Analyse économique et simulation prospective dans la planification de la ville sobre en carbone : Application à Grenoble du modèle TRANUS+

Mathieu Saujot

▶ **To cite this version:**

Mathieu Saujot. Analyse économique et simulation prospective dans la planification de la ville sobre en carbone : Application à Grenoble du modèle TRANUS+. Economies et finances. Ecole Nationale Supérieure des Mines de Paris, 2013. Français. NNT : 2013ENMP0080 . pastel-00982385

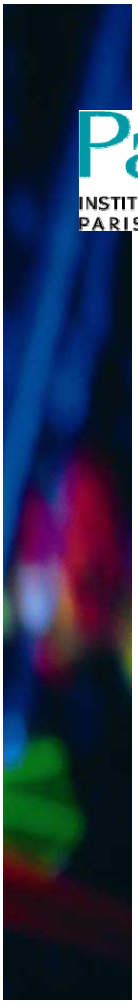
HAL Id: pastel-00982385

https://pastel.hal.science/pastel-00982385

Submitted on 23 Apr 2014

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



ParisTech
INSTITUT DES SCIENCES ET TECHNOLOGIES
PARIS INSTITUTE OF TECHNOLOGY

MINES ParisTech

École doctorale n° 396 : Economie, Organisation, Société

Doctorat ParisTech

T H È S E

pour obtenir le grade de docteur délivré par

l'École nationale supérieure des mines de Paris

Spécialité " Economie et Finance "

présentée et soutenue publiquement par

Mathieu SAUJOT

le 7 novembre 2013

Analyse économique et simulation prospective dans la planification de la ville sobre en carbone. Application à Grenoble du modèle *TRANUS*+.

Directeur de thèse : **Pierre-Noël GIRAUD**

Jury

M. Yves CROZET, Professeur, Laboratoire d'économie des transports, Université Lyon II	Rapporteur
M Franck LECOCQ, Directeur de recherche, Directeur du Cired	Rapporteur
M Michel COLOMBIER, Directeur scientifique, Iddri	Examinateur
M Benoit LEFEVRE, Senior Associate, World Ressource Institute	Examinateur
M Jean-Pierre ORFEUIL, Professeur, Institut d'urbanisme de Paris - Université Paris XII	Examinateur
M Pierre-Noël GIRAUD, Professeur, Mines Paristech	Directeur de thèse

T H E S E

MINES ParisTech
CERNA
60 Boulevard Saint Michel 75272 Paris Cedex 06

Avant-propos

Cette thèse a bénéficié du soutien financier de l'Ademe, par une bourse doctorale, de l'Agence National de la Recherche, dans le cadre du projet AETIC, et de l'Iddri (Institut du Développement Durable et des Relations Internationales) et a été réalisée à l'Iddri, sous la direction de P-N.Giraud, et au laboratoire Cerna de MinesParistech, dans l'école doctorale Économie, organisations, société (ED EOS). Ce travail s'inscrit dans le projet AETIC, coordonné par P.Criqui (Edden), qui s'intéresse à l'analyse économique des politiques climatiques locales. Il s'inscrit aussi dans les travaux du programme Fabrique Urbaine de l'Iddri, dirigé par B.Lefèvre, qui a co-encadré la thèse à l'Iddri.

Remerciements

Je voudrais tout d'abord vivement remercier les membres pour avoir accepté de participer à mon jury et pour leur lecture attentive de mes travaux. Je tiens à remercier Pierre-Noël pour avoir accepté de diriger cette thèse, pour son pilotage subtil et son aide précieuse à certains moments critiques. Un grand merci à Benoit pour m'avoir fait confiance pour ce projet de thèse et pour l'avoir co-encadré, pour m'avoir laissé une grande autonomie et m'avoir poussé à certains moments importants de la thèse, le tout avec une omniprésente bonne humeur dans le travail quotidien ! Je retiendrais aussi la patience de Vincent Renard pour m'aider à construire ma compréhension de la fabrique urbaine lors de nombreuses et passionnantes discussions, merci !

L'Iddri tient une place bien particulière dans ce travail de thèse, je tiens vraiment à remercier toute l'équipe pour m'avoir offert des conditions idéales, que ce soit d'un point de vue intellectuel, professionnel ou amical, et pour la confiance apportée à mon travail. Ce fût vraiment un plaisir quotidien de participer à la vie de l'institution !

Un grand merci aux grenoblois, Philippe et Patrick, pour le travail commun lors du projet AETIC, Elise et Emmanuel pour m'avoir accueilli à l'Inria lors de mes séjours à Grenoble ainsi qu'à Tomas de la Barra pour m'avoir suivi tout au long de mon travail sur TRANUS, et pour m'avoir accueilli chez lui à Caracas pour finir le travail de modélisation.

La thèse est une sacré aventure ! Il faut bien l'avouer et se risquer à la métaphore : elle emprunte beaucoup aux expériences du rallye-raid ! On se perd bien souvent, à la recherche de repères et trompé par quelques mirages, on profite de beaux couchers de soleil mais souvent on tourne en rond, on est balloté sur les bosses, on s'ensable, on fatigue, mais au final on tient bon et on avance, et je voudrais remercier ceux qui ont été, durant cette longue et parfois aride aventure, mes oasis.
Mes parents, mes frères, chez qui de nombreuses fois et surtout à la fin, j'ai pu refaire mes réserves d'eau. Mes amis et la bande du Selvaggio en particulier (Etienne, Valou, Guillaume, Julie, Julie,

Vanessa, John…), dotés d'un solide sens de l'orientation, ils ont su me remettre sur les bons rails et m'assurer lors des ascensions… La team du désert, en particulier Anthony et Ahmed, qui, lors du foot dominical, m'ont toujours donné envie de continuer à aller de l'avant. Mes collocs successifs, en particulier Alice et Nico, thésards eux aussi, avec qui nous avons pu partager de nombreux et chaleureux bivouacs. Florent, compagnon au long cours, toujours présent à l'autre bout du téléphone. Anne et Laure pour la super bande son de cette aventure. Jamie, pour la joie quotidienne d'être à ses côtés.

À mon père

Résumé

La planification urbaine stratégique en France se voit chargée de manière croissante des questions environnementale et climatique. Mais est-elle réellement capable d'infléchir les dynamiques d'étalement ainsi que de représenter un cadre efficace pour la réduction des émissions des transports ? Et que peuvent apporter l'analyse économique et la simulation prospective à la démarche de planification ? Pour répondre à ces questions nous avons replacé notre analyse de l'apport des outils économiques à la planification urbaine dans la perspective d'ensemble de réforme politique et administrative du contexte français. Cela a pris la forme d'une analyse critique de la pratique actuelle de la planification, des évolutions à l'œuvre et des conditions d'une meilleure intégration de l'analyse économique dans la démarche et les méthodes de planification. Nous avons construit et utilisé sur le cas de Grenoble, des outils d'analyse économique permettant de traiter la question des politiques climatiques locales dans la planification, d'une manière prospective et systémique. Il s'agit de la 1ère application du modèle de simulation urbanisme-transport TRANUS en France, et de son utilisation dans le cadre d'une méthodologie économique pour produire des courbes de coût d'abattement intégrant le caractère systémique de la ville pour le secteur des transports. Le modèle et la méthodologie économique qui lui est adossée constituent ce que nous appelons l'outil TRANUS+. Nous avons également réinterrogé plusieurs points à partir du cadre de la planification urbaine : la question du choix des outils de modélisation ainsi que celle des modalités du calcul économique, la question de la vulnérabilité énergétique liée à la mobilité, celle enfin du déploiement des véhicules électriques. Cela nous permet d'avoir une vision d'ensemble des apports de la planification et des voies pour la renforcer.

Summary

Strategic spatial planning in France is currently given a rising importance for environmental and climate issues. Is this tool really able to reduce urban sprawl and produce an efficient framework for reducing transport emissions? What are the potential contributions of economic analysis and prospective modelling to planning? To answer these questions, we developed a study on the contributions of economic tools to planning into the broader context of political and administrative reforms in France. We then produced a critical analysis of current planning practices and attempted to define the conditions for a better integration of economic analysis into planning processes and methods. For our case study on the Grenoble urban area, we built and applied a series of economic tools able to inform decision-making on local climate policies in the framework of urban planning. In addition to being the first implementation of the integrated transport - land-use model TRANUS in France, this study further links the TRANUS model to an original economic methodology to obtain a tool we call TRANUS+. This tool is able to take into account the systemic nature of cities and then help to define better transport policies, notably by producing marginal abatement cost curves useful at the urban level. To have a more complete view of urban planning and the way in which it can be improved, we investigated several issues from a planning perspective: the choice of modelling tool and the role of cost-benefit analysis, energy poverty in the transport sector and electric vehicle deployment.

Analyse économique et simulation prospective dans la planification de la ville sobre en carbone. Application à Grenoble du modèle TRANUS +.

Sommaire simplifié

Chapitre 1 Le besoin de planification, une illustration par le véhicule électrique

Chapitre 2 Pourquoi fait-on de la planification ?

Chapitre 3 Le manque d'analyse économique dans la planification par les SCOT

Chapitre 4 La région urbaine de Grenoble : des mécanismes urbains à la prospective

Chapitre 5 TRANUS pour planifier la ville bas - carbone

Chapitre 6 Le calcul des coûts d'abattement

Chapitre 7 Résultats de notre analyse économiques des politiques climatiques locales urbanisme – transport

Chapitre 8 La vulnérabilité énergétique liée à la mobilité : le rôle de l'analyse économique et de la planification

Chapitre 9 Comment renforcer la place de l'analyse économique pour mieux planifier la ville durable ?

Sommaire détaillé

Introduction 22

Chapitre 1 Le besoin de planification, une illustration par le véhicule électrique. 34

1. INTRODUCTION ET CADRE DE NOTRE QUESTIONNEMENT. 34
2. LE DEPLOIEMENT DE L'ELECTRO-MOBILITE DANS UNE VILLE EN MOUVEMENT : UN EFFET SYSTEMIQUE DE LONG TERME A PRENDRE EN COMPTE. 36
3. UN BESOIN DE COORDINATION ENTRE POLITIQUES LOCALES DE MOBILITE ET POLITIQUES INDUSTRIELLES NATIONALES. 38
4. SE PARTAGER L'ESPACE URBAIN ET CONSTRUIRE LA VILLE DURABLE : UN BESOIN DE PLANIFICATION. 41
   - *4.1 Une question d'aménagement.* *41*
     - 4.1.1 Le partage de la voirie. 41
     - 4.1.2 Quelle stratégie pour les places de stationnement ? 42
     - 4.1.3 La planification des infrastructures de recharge. 43
   - *4.2 Les transports pour « construire » la ville durable.* *45*
     - 4.2.1 Le transport pour construire l'intercommunalité. 45
     - 4.2.2 Le transport pour construire l'espace urbain. 46
   - *4.3 Les incitations et l'articulation entre territoires.* *47*
     - 4.3.1 Quels signaux proposer aux habitants des agglomérations ? 47
     - 4.3.2 Les questions à l'échelle des aires urbaines. 47
     - 4.3.3 Quelle articulation entre territoires ? 48
     - 4.3.4 La coordination avec les acteurs privés. 50
5. UN BESOIN D'ANALYSE ECONOMIQUE POUR LA PLANIFICATION : COMMENT TROUVER LES CONDITIONS ECONOMIQUES D'UNE TRANSITION VERS UN MODELE DE MOBILITE DURABLE ? 51
   - *5.1 Le besoin d'une vision de long terme pour garantir les équilibres financiers.* *52*
   - *5.2 Penser le financement de la mobilité d'une manière globale.* *54*
   - *5.3 Réduire les externalités : mais à quel coût ?* *57*
     - 5.3.1 Les coûts des batteries et les hypothèses sur nos véhicules. 57
     - 5.3.2 Niveau d'émissions. 60
     - 5.3.3 Coût d'abattement brut. 61
   - *5.4 Les politiques de mobilité questionnées par leur contenu en emplois.* *63*
     - 5.4.1 Croissance verte et emplois. 63
     - 5.4.2 La question des niveaux de qualification. 65
     - 5.4.3 Délocalisation, exportation et balance commerciale. 65
6. CONCLUSION. 66

Chapitre 2 Pourquoi fait-on de la planification ? 68

1. DEFINITION DE LA PLANIFICATION URBAINE. 68
   - *1.1 Les origines.* *68*
   - *1.2 Pourquoi a-t-on besoin de planification ? La cohabitation du plan et du marché.* *69*

1.3 La prospective. ... *74*
1.3.1 Penser le futur : la prospective ... 74
1.3.2 Qu'est ce que la prospective ? ... 75
1.3.3 Le rôle de la prospective ... 76
1.3.4 Prospective et planification ... 76
1.4 Les méthodes de la planification : une place centrale pour l'économie. ... *77*
1.5 Notre définition de la planification. ... *79*
2. LA PLANIFICATION ET LE PLAN : QUELQUES EVOLUTIONS HISTORIQUES. ... 82
2.1 Le master plan. ... *82*
2.2 L'après guerre français : une période particulière pour l'urbanisme et la planification. ... *83*
2.3 L'affaiblissement du plan et de la planification. ... *84*
2.3.1 Le rejet progressif du plan. ... 84
2.3.2 Affaiblissement de la planification traditionnelle en France ... 84
2.4 Les évolutions récentes en Europe. ... *86*
2.4.1 La planification stratégique et l'urbanisme de projet ... 86
2.4.2 Le développement durable à la relance de la planification. ... 88
3. CONTEXTE JURIDIQUE ET INSTITUTIONNEL DE LA PLANIFICATION DE LA LOI SRU ... 89
3.1 Le contexte français. ... *89*
3.2 La loi Solidarité et Renouvellement urbain (SRU) de 2000. ... *90*
3.3 Le SCOT. ... *91*
3.4 Le Plan Local d'Urbanisme. ... *94*
3.5 Les Plans Climat Energie Territoriaux. ... *95*
3.6 Le besoin de cohérence. ... *96*
3.7 La prospective dans ce nouveau contexte. ... *96*
3.8 Perspective générale. ... *97*
3.9 Cette nouvelle planification est-elle efficace ? ... *97*
4. CONCLUSION. ... 98

Chapitre 3 Le manque d'analyse économique dans la planification par les SCOT ... 100

1. L'EFFICACITE DE LA PLANIFICATION EN QUESTION. ... 101
1.1 Capacité à agir sur un périmètre adapté. ... *101*
1.1.1 Le choix du périmètre. ... 101
1.1.2 PLU et SCOT dans le périurbain. ... 102
1.2 Capacité à porter une stratégie. ... *103*
1.2.1 Nature de la stratégie. ... 103
1.2.2 Le défi d'une stratégie sur le temps long. ... 103
1.3 Structure institutionnelle : la nécessaire faiblesse de la gouvernance des SCOT. ... *104*
1.4 Capacité à traduire cette stratégie dans les faits : la difficile prescription. ... *106*
1.4.1 La réforme du Grenelle : plus de précision pour plus de prescription. ... 106
1.4.2 Quel est véritablement l'objet principal de la planification ? Un processus au-delà du texte. ... 108
1.5 Capacité à articuler transport et urbanisme. ... *109*

1.6 La difficulté à problématiser la ville durable et gérer les conflits. ... *110*
1.7 Des explications à trouver du côté du droit de l'urbanisme. ... *111*
1.7.1 Clarté et simplicité. ... 111
1.7.2 Philosophie des outils de politique publique. ... 112
2. LA FAIBLE PLACE DE L'ECONOMIE. ... 113
2.1 Capacité à connaître et maitriser les logiques économiques à l'œuvre. ... *113*
2.2 Une logique d'ensemble a-économique. ... *113*
2.3 Quelle maitrise des mécanismes de fabrique de la ville ? ... *115*
2.3.1 Les mécanismes en jeu. ... 115
2.3.2 La question foncière. ... 117
2.4 Les coûts de l'urbanisation : une comptabilisation impossible en l'état actuel des connaissances, un indice fort de l'absence de pilotage économique territorial. ... *119*
2.4.1 Un état des lieux des connaissances. ... 119
2.4.2 Deux exemples d'analyse des coûts des équipements publics et des dépenses communales. ... 121
2.4.3 Les effets de seuil. ... 123
2.4.4 Quelques enseignements. ... 123
2.4.5 Les coûts de la centralité. ... 124
2.4.6 La question des systèmes de solidarité. ... 125
3. COMMENT EXPLIQUER LE MANQUE D'ANALYSE ECONOMIQUE ? ... 126
3.1 Une planification en reconstruction. ... *126*
3.2 Le métier d'urbaniste. ... *127*
3.3 Les agences d'urbanisme. ... *129*
4. ANALYSE DES DOCUMENTS DU SCOT DE GRENOBLE. ... 131
5. CONCLUSIONS ET FORMULATION D'UN CAHIER DES CHARGES POUR L'ANALYSE ECONOMIQUE. ... 134

Chapitre 4 La région urbaine de Grenoble : des mécanismes urbains à la prospective. ... 136

1. PRESENTATION DU TERRITOIRE D'ETUDE. ... 136
1.1 Une ville scientifique. ... *136*
1.2 Un lieu d'urbanisme. ... *138*
1.3 L'espace géographique. ... *139*
1.4 La ville des tramways, les caractéristiques de la mobilité sur le territoire. ... *141*
1.4.1 Les partages modaux sur le territoire ... 141
1.4.2 Les émissions du transport sur le territoire ... 143
1.4.3 Situation financière : Grenoble dans le contexte français. ... 143
2. LES DYNAMIQUES DES AIRES URBAINES FRANÇAISES. ... 145
2.1 Les tendances passées. ... *145*
2.2 Les mécanismes de l'étalement urbain et les politiques publiques. ... *148*
2.2.1 Potentiel foncier. ... 148
2.2.2 Mobilité facilitée. ... 149
2.2.3 Les aspirations des ménages. ... 149
2.2.4 Des politiques d'aménagement et de logement. ... 150

2.2.5 Le contexte institutionnel post-décentralisation et les politiques habitats. 151
2.2.6 Une centrifugation sociale ? 152
2.3 L'économie de la densification. *153*
2.4 Remettre la question foncière au cœur de la planification. *155*
2.5 Les débats autour de l'étalement urbain. *158*
3. LES SCENARIOS. 159
3.1 Quelle méthodologie de prospective ? *159*
3.2 Contexte énergétique. *162*
3.3 Projections pour la démographie et l'économie locale. *163*
3.3.1 Démographie. 163
3.3.2 Emplois. 164
3.3.3 Répartition spatiale de ces croissances. 164
3.4 Les visions de nos trois scénarios. *166*

Chapitre 5 TRANUS pour planifier la ville bas-carbone 174

1. FORME URBAINE, ENERGIE ET EMISSIONS CO_2 : QUEL ETAT DES SAVOIRS ET QUEL OUTIL POUR PLANIFIER LA VILLE BAS-CARBONE ? 175
1.1 La recherche des déterminants clés des consommations énergétiques du transport. *175*
1.2 Une entrée par la densité insuffisante. *176*
1.3 L'intérêt de la simulation. *178*
1.4 Un débat qui questionne la légitimité de la planification. *179*
2. LES OUTILS ECONOMIQUES D'ANALYSE DES POLITIQUES CLIMATIQUES : RENFORCER LA DIMENSION URBAINE. 181
2.1 Davantage travailler à l'échelle de la ville. *181*
2.2 Les « Marginal Abattement Cost Curves » et leurs limites. *184*
3. CAHIER DES CHARGES DE L'OUTIL RECHERCHE. 187
4. L'APPORT DES MODELES TRANSPORT-USAGE DES SOLS. 189
4.1 Les origines de leur développement. *190*
4.2 Les bases théoriques des LUTI. *192*
4.3 Les différents types de modèles. *194*
5. MODELE STRATEGIQUE OU PROGRAMMATIQUE, MODELE SIMPLE OU MODELE COMPLEXE ? 196
5.1 Des modèles complexes. *197*
5.1.1 Une logique de sophistication. 197
5.1.2 Les limites des données et des hypothèses. 198
5.1.3 Recherche de complexité et de neutralité. 198
5.1.4 La difficulté à comparer les modèles : une prime à la complexité ? 199
5.2 Des modèles plus simples. *200*
5.3 Quelle définition de la complexité ? Quel niveau d'opérationnalité ? *202*
5.4 Pourquoi fait-on des modèles ? Comment les utilise-t-on ? *205*
5.4.1 La complexité : une nécessité mais un risque d'effet boite noire. 206
5.4.2 La demande de toujours plus de complexité. 206
5.4.3 L'importance de l'implication des parties prenantes. 207

5.4.4 Au delà de la complexité, quel usage pour quelle planification ? 207
5.5 Choix du modèle, spécification du cahier des charges. *209*
6. TRANUS : UN OUTIL AU SERVICE DE LA PLANIFICATION. 211
6.1 Présentation générale de TRANUS. *211*
6.2 Les entrées et les sorties de TRANUS. *214*
6.3 Spécification de l'application. *215*
6.3.1 Caractérisation de l'usage des sols. 215
6.3.2 Un seul étage pour représenter la consommation du sol. 216
6.3.3 Les différentes composantes des dynamiques simulées par TRANUS. 217
6.4 Le modèle appliqué à Grenoble. *219*
6.4.1 La structure spatiale du modèle. 219
6.4.2 Les secteurs modélisés. 221
6.4.3 Présentation des éléments chiffrés de nos scénarios de préférence. 223
6.5 Méthode de construction des scénarios quantitatifs. *226*
6.5.1 La construction de logements. 226
6.5.2 La distribution des emplois. 228
6.6 Représentation du transport. *230*
7. CALIBRER TRANUS. 233
7.1 La procédure de calibration. *234*
7.2 La procédure en pratique. *237*
7.3 Pourquoi est-ce aussi difficile de calibrer TRANUS ? *239*
7.4 Les méthodes de validation. *240*
8. CONCLUSION. 242

Chapitre 6 Le calcul des coûts d'abattement. 244

1. LE BESOIN DE CALCUL ECONOMIQUE. 244
2. LES BILANS SOCIAUX ECONOMIQUES. 246
2.1 Le principe de monétarisation des externalités. *246*
2.2 Présentation des valeurs retenues. *248*
3. LES COUTS COMPLETS DU PEAGE URBAIN. 255
4. ESTIMER LES ECONOMIES ISSUES DU TRANSFERT MODAL. 257
5. LA HIERARCHISATION DES MESURES, LE PLANIFICATEUR ET LA FORME DES COURBES DE COUTS. 259
5.1 Calcul économique et taux d'actualisation : choix public, choix des ménages. *259*
5.1.1 Taux d'actualisation. 259
5.1.2 Actualisation des tonnes de CO_2 et valeur tutélaire. 262
5.2 Les difficultés méthodologiques : concilier scénarios, mesures systémiques et courbes de coûts marginaux. *265*
5.2.1 Concilier mesures incrémentales et systémiques. 265
5.2.2 Comment construire la courbe ? Quels critères pour choisir des programmes d'actions ? 266
6. SCENARIOS URBAINS ET MESURES DE TRANSPORT. 268
6.1 Replacer l'analyse économique dans un cadre plus large. *270*
6.2 Les transports pour construire l'espace physique et politique de la ville. *271*

7. DESCRIPTION DES SEQUENCES DE MESURES. 272
7.1 Discussion et cadrage avec ASIF. *280*

Chapitre 7 Résultats de notre analyse économique des politiques climatiques locales 282

1. LES TRAJECTOIRES D'EMISSIONS : A QUELLES CONDITIONS PEUT-ON ATTEINDRE LE FACTEUR 4 DANS LE DOMAINE DU TRANSPORT URBAIN ? 282
1.1 Rappel du contexte et présentation des trajectoires : le facteur 4 est difficile à atteindre quel que soit le scénario. *282*
1.2 Le facteur 4 dans le secteur du transport : analyse de nos hypothèses et comparaison avec d'autres travaux. *284*
1.3 Analyse des impacts possibles d'éléments non simulés. *288*
2. EVOLUTION DES FORMES URBAINES. 289
2.1 Analyse des différences entre formes urbaines : résultats généraux en termes d'émissions et de mobilité. *290*
2.2 Hausse du coût complet de la voiture et relocalisation: analyse de la sensibilité de la simulation à la hausse des prix de l'énergie. *293*
3. LES BILANS SOCIO-ECONOMIQUES DES MESURES POUR DIFFERENTS PERIMETRES DE COUTS. 295
3.1 Bilan socio-économique des mesures testées. *296*
3.2 Comparaison avec les évaluations socio-économiques d'autres projets de tramway. *298*
3.3 Comparaison des coûts entre trajectoires urbaines : un avantage des formes compactes à relativiser. *301*
4. LES COUTS D'ABATTEMENT : HIERARCHIES DES COUTS ET IMPACTS SUR LE FONCTIONNEMENT URBAIN. 308
4.1 La séquence du scénario « Concentration urbaine sur l'agglomération ». *308*
4.1.1 Un ensemble de coûts pour chaque mesure : quels enseignements en tirer ? 308
4.1.2 Les résultats clés de chaque mesure de réduction. 312
4.2 La séquence du scénario « Renforcement des pôles urbains ». *316*
4.3 La séquence du scénario « Expansion urbaine ». *319*
4.4 Partage des coûts entre les ménages. *322*
5. CONCLUSIONS ET ENSEIGNEMENTS GENERAUX. 324
5.1 L'ampleur du défi du facteur 4 dans le domaine du transport urbain et les apports respectifs des différents outils testés. *325*
5.2 Quelles stratégies coût-efficaces ? *327*
5.3 TRANUS est pertinent pour mener ce type d'analyse mais son application doit être optimisée. *331*
5.3.1 TRANUS pour l'analyse des politiques climatiques. 331
5.3.2 Notre application du modèle. 333

Chapitre 8 La vulnérabilité énergétique liée à la mobilité dans la fabrique urbaine : le rôle de l'analyse économique et de la planification 336

1. DEFINITION, MISE EN EVIDENCE ET DIAGNOSTIC. 337
1.1 De la vulnérabilité à la précarité. *338*
1.2 Quel profil de ménage ? *340*
1.3 Prospective de la vulnérabilité. *341*
2. LA FABRIQUE URBAINE GENERATRICE DE VULNERABILITE. 342
2.1 La double vulnérabilité des accédants : coût du logement et de la mobilité. *342*
2.2 La planification pour réduire la vulnérabilité dans un contexte de transition énergétique. *345*
3. LE DISPOSITIF DES FRAIS REELS : QUEL IMPACT SUR LA FABRIQUE URBAINE ET LA VULNERABILITE ? 346
3.1 Description de la mesure *347*
3.2 Une mesure en contradiction avec les politiques environnementales de la France. *348*
3.3 Les frais réels dans le cadre plus large de la politique fiscale. *349*
3.4 Une évaluation économique des frais réels : un dispositif régressif et statique. *350*
3.4.1 Les frais réels pour soutenir les ménages vulnérables ? 351
3.5 Comment pourrait-on réformer les frais réels et mieux les articuler à la planification territoriale ? 354
4. CONCLUSION. 357

Chapitre 9 Comment renforcer la place de l'analyse économique pour mieux planifier la ville durable ? 360

1. LES LIMITES DU CALCUL ECONOMIQUE DANS LE CHAMP DU TRANSPORT URBAIN. 360
1.1 Une certaine inadéquation avec les questions urbaines actuelles. *361*
1.1.1 La domination du temps est-elle légitime ? 361
1.1.2 Analyse de la performance d'un réseau ou analyse de l'accessibilité d'un territoire ? 362
1.1.3 Quelle est sa capacité à traiter les questions d'acceptabilité et d'équité ? 362
1.1.4 L'infrastructure de transport comme outil d'urbanisme : mais quelle traduction dans le calcul économique ? 363
1.2 Le paradoxe de la transparence. *365*
1.3 Un rôle probablement limité du calcul économique pour la décision dans le cas des projets de tramway *366*
1.4 Que dire de notre propre travail d'analyse et de ses limitations ? *367*
2. DE LA CONNAISSANCE A LA DECISION POLITIQUE. 369
3. TROUVER LA JUSTE PLACE DU CALCUL ECONOMIQUE DANS LES PROCESSUS COLLECTIFS. 371
3.1 Les défis spécifiques de l'évaluation économique. *371*
3.2 La nécessaire réorientation des logiques administratives. *372*
3.3 Une pluralité d'ordres de justification pour les questions de développement durable. *373*
3.4 Incertitudes et pluralité des ordres : l'importance du cadre de la planification *375*
3.5 Spécifier l'usage visé pour le calcul économique. *377*
3.6 Les évolutions post - grenelle du calcul économique. *378*
3.7 Sous-conclusion 1. 2. et 3. ..... *379*
4. QUELLE OPPORTUNITE POUR L'UTILISATION DE LA MODELISATION URBANISME-TRANSPORT DANS LA PLANIFICATION A GRENOBLE ? 380

4.1 Une longue tradition de modélisation à Grenoble. ... *381*
4.2 La pertinence du modèle TRANUS pour la région urbaine aujourd'hui. ... *382*
4.3 Bilan de l'utilisation de notre travail. ... *383*
4.4 Les facteurs institutionnels de la modélisation urbaine. ... *384*
4.5 Les perspectives d'évolution. ... *385*
5. L'ANALYSE ECONOMIQUE DANS LA PLANIFICATION TERRITORIALE. ... 387
5.1 Les compétences humaines ... *388*
5.2 Le rôle des services déconcentrés de l'Etat. ... *390*
5.3 Renforcer le lieu de concertation et l'obligation de justification. ... *391*
5.4 Une incitation à la péréquation ... *392*
5.5 La planification dans le processus de décentralisation. ... *393*
5.5.1 L'importance de la gouvernance ... 393
5.5.2 Les enseignements du projet de loi « Acte III » de la décentralisation. ... 394

Conclusions générales et perspectives. ... 400

Annexes ... 429

1. LA STRUCTURE THEORIQUE DE TRANUS. ... 429
2. CALCUL DU COUT DES VEHICULES THERMIQUES ET ELECTRIQUES. ... 436
3. CALAGE DU TRANSPORT. ... 438
4. DONNEES UTILISEES POUR LA MODELISATION ET TRAITEMENT DES DONNEES. ... 442
4.1 Logement. ... *442*
4.2 Population. ... *442*
4.3 Réseau Transport. ... *443*
4.4 Prix foncier. ... *443*
4.5 Emissions du transport. ... *444*
4.6 Emploi. ... *445*
4.7 Surface des activités économiques. ... *445*
4.8 Coûts des déplacements. ... *446*
5. DISCUSSION ET DESCRIPTION DETAILLEE DES MESURES TESTEES. ... 447
5.1 Description détaillée des solutions techniques ... *447*
5.1.1 Les Bus à Haut Niveau de Service ... 447
5.1.2 Les Transports par câble. ... 449
5.1.3 Covoiturage. ... 451
5.1.4 Péage urbain. ... 453
5.1.5 Les véhicules électriques et hybrides rechargeables. ... 460
6. FRAIS REELS : GAIN SIMULE PAR DECILE DE REVENU POUR 4 MENAGES TYPES. ... 461
7. PROJET CITIES : ENQUETE SUR L'USAGE DES MODELES DE TRANSPORT-OCCUPATION DES SOLS. ... 462

Liste des Figures

FIGURE 1 : PART DES DEPLACEMENTS EN VOITURE (CONDUCTEUR OU PASSAGER) SELON LE TYPE D'HABITAT (%). 49
FIGURE 2 : LES COUTS DES SYSTEMES BHNS ET TRAMWAY 54
FIGURE 3 : COUT D'ABATTEMENT BRUT DES VEVHR 62
FIGURE 4 : LES PRATIQUES DE L'URBANISME ET DE LA PLANIFICATION 79
FIGURE 5 : PLAN PROST POUR L'ILE DE FRANCE, 1934 (EN ROUGE LES AXES ROUTIERS PROJETES) 82
FIGURE 6 : URBANISME PLANIFIE ET URBANISME DE PROJET 88
FIGURE 7 : SCHEMATISATION DES DIFFERENTS OUTILS DE PLANIFICATION 95
FIGURE 8 : LA COMPLEXITE CONTEMPORAINE DE LA PLANIFICATION 96
FIGURE 9 : SCHEMATISATION DE L'ORGANISATION SPATIALE DES DIFFERENTS DOCUMENTS DE PLANIFICATION SUR LE CAS GRENOBLOIS. 97
FIGURE 10 : LES DIX SCOT DE LA REGION URBAINE DE LYON 102
FIGURE 11 : VARIATION DE LA PRESSION FISCALE ET EVOLUTION DEMOGRAPHIQUE 122
FIGURE 12 : METIER D'URBANISTE EXERCE APRES LE CYCLE D'URBANISME SUIVANT L'ORIGINE DISCIPLINAIRE 128
FIGURE 13 : ORIGINE DISCIPLINAIRE EN ENTREE DU CYCLE D'URBANISME ENTRE 1969 ET 2002 128
FIGURE 14 : LE TRIO PRESQU'ILE, CAMPUS SCIENTIFIQUE ET TECHNOPOLE 137
FIGURE 15 : LES SECTEURS DU SCOT GRENOBLOIS 139
FIGURE 16 : LE SILLON ALPIN 140
FIGURE 17 : OFFRE EN KILOMETRE PAR HABITANT DU PTU 141
FIGURE 18 : MOBILITES ET PARTS MODALES DANS LA GRANDE REGION GRENOBLOISE, EN NOMBRE DE DEPLACEMENTS 142
FIGURE 19 : PARTS MODALES DANS LES DIFFERENTS SECTEURS, SOURCE : (SMTC, 2010B) 142
FIGURE 20 : CROISSANCE DES ESPACES PERIURBAINS DEPUIS LES ANNEES 60 146
FIGURE 21 : LES GRANDES AIRES URBAINES EN FORTE CROISSANCE 146
FIGURE 22 : TYPOLOGIE DU TERRITOIRE DE LA REGION URBAINE GRENOBLOISE 148
FIGURE 23 : EVOLUTION DEMOGRAPHIQUE DANS L'AGGLOMERATION ENTRE 1999 ET 2006 152
FIGURE 24 : L'EVOLUTION DES PRIX DE REVIENT PAR LOGEMENT SUIVANT LE TYPE, (TOUTES CHOSES EGALES PAR AILLEURS) 154
FIGURE 25 : COURBES D'ISOPRIX DE REVIENT PAR LOGEMENT, DETERMINATION DE LA DENSITE PERMETTANT D'OFFRIR LE MEILLEUR PRIX AU PROPRIETAIRE FONCIER. 154
FIGURE 26 : LES DIFFERENTS TYPES DE PROSPECTIVE 160
FIGURE 27 : DIFFERENTES PROJECTIONS DE PENETRATIONS DES VEVHR 163
FIGURE 28 : PRIX REEL DES CARBURANTS 163
FIGURE 29 : TENDANCE DES REPARTITIONS DE LA CROISSANCE SUR LE TERRITOIRE DU SCOT 164
FIGURE 30 : DECALAGE EMPLOI-POPULATION AU SEIN DU SCOT 165
FIGURE 31 : EVOLUTION DE LA POPULATION 165
FIGURE 32 : LES TROIS GRANDS SCENARIOS URBAINS 172
FIGURE 33 : SCHEMATISATION D'UNE MACC 184
FIGURE 34 : LA MACCS DE MCKINSEY POUR LE TRANSPORT A LONDRES 186

FIGURE 35 : LA METHODE ASIF 188
FIGURE 36 : BOUCLE DE RETROACTION TRANSPORT/URBANISATION 191
FIGURE 37 : LE « FAMILY TREE DE TRANUS » 192
FIGURE 38 : CLASSIFICATION DES LUTI, (DEYMIER ET NICOLAS, 2005 A PARTIR DE SIMMOND ET BATES, 1999)194
FIGURE 39 : LA LOGIQUE DE LA COMPLEXIFICATION ET SES LIMITES 198
FIGURE 40 : LA LOGIQUE DE LA SIMPLIFICATION ET SES LIMITES 201
FIGURE 41 : UNE REPRESENTATION DE LA COMPLEXITE 203
FIGURE 42 : LES DIFFERENTS USAGES D'UNE MODELISATION URBANISME-TRANSPORT 208
FIGURE 43 : DIAGRAMME REGROUPANT NIVEAU DE COMPLEXITE DES MODELES ET TYPES D'USAGES 210
FIGURE 44 : STRUCTURE DU MODELE TRANUS. 212
FIGURE 45 : MODELISATION DYNAMIQUE ET INTERACTION TRANSPORT - USAGE DES SOLS 213
FIGURE 46 : A GAUCHE LE TERRITOIRE DU SCOT, A DROITE LA ZONE D'ETUDE AVEC TRANUS AVEC LA DENSITE EMPLOIS PLUS MENAGES POUR L'ANNEE DE BASE. 221
FIGURE 47 : DENSITES COMMERCIALES DANS LES SECTEURS DU SCOT DE LA REGION GRENOBLOISE 222
FIGURE 48 : CARTE DE LA REGION URBAINE GRENOBLOISE ET TYPOLOGIE 224
FIGURE 49 : CROISSANCE ANNUELLE MOYENNE DES MENAGES ENTRE 2010 ET 2030 DANS NOS TROIS SCENARIOS 224
FIGURE 50 : CARTE DE DENSITE, AGGLOMERATION, MAILLAGE UTILISE DANS TRANUS 225
FIGURE 51 : CARTE DE DENSITE, REGION URBAINE, MAILLAGE UTILISE DANS TRANUS 225
FIGURE 52 : NOMBRE DE MENAGES SUPPLEMENTAIRES EN 2030 POUR LES TROIS SCENARIOS 227
FIGURE 53 : REPARTITION DES NOUVEAUX EMPLOIS DANS LES TROIS SCENARIOS 228
FIGURE 54 : REPARTITION DES NOUVEAUX COMMERCES DANS NOS TROIS SCENARIOS 229
FIGURE 55 : PARTAGE DE LA CROISSANCE DES EMPLOIS INDUSTRIELS, TERTIAIRES ET R&D 229
FIGURE 56 : NOMBRE D'EMPLOIS DANS LES GRANDES SURFACES COMMERCIALES DANS NOS TROIS SCENARIOS . 230
FIGURE 57 : REPRESENTATION DU RESEAU ROUTIER DE LA REGION URBAINE DANS L'INTERFACE TRANUS 231
FIGURE 58 : REPRESENTATION DU RESEAU DE TRANSPORT DE L'AGGLOMERATION DANS TRANUS, A GAUCHE LES LIGNES DE TRAMWAY, A DROITE LE RESEAU DE VOIRIE AVEC EPAISSEUR PROPORTIONNELLE A LA CAPACITE 231
FIGURE 59 : DEPENSES DE CONSOMMATION ET CONTRIBUTIONS DES BIENS MANUFACTURES ET DES SERVICES A LA CONSOMMATION 251
FIGURE 60 : CONSOMMATION PAR TETE ENTRE 2000 ET 2011 252
FIGURE 61 : EMISSIONS DE CO_2 SUIVANT LA VITESSE POUR LES VEHICULES THERMIQUES 255
FIGURE 62 : L'INTRODUCTION DU PEAGE ET LA PERTE DE SURPLUS 256
FIGURE 63 : SCHEMATISATION D'UNE MACCS 266
FIGURE 64 : INTERACTION TRANSPORT USAGE DES SOLS 269
FIGURE 65 : LE RESEAU DE TRAMWAY A L'ANNEE DE BASE ET EN 2030 AVEC LES EXTENSIONS (LIGNE E CONSTRUITE DANS LE SCENARIO DE REFERENCE) 272
FIGURE 66 : LE PERIMETRE DU PEAGE URBAIN TESTE 274
FIGURE 67 : COMPARAISON DES TRAJECTOIRES D'EMISSIONS SIMULEES AVEC TRANUS SUIVANT LA FORME URBAINE, PERIMETRE DE L'AGGLOMERATION 283

FIGURE 68 : COMPARAISON DES TRAJECTOIRES D'EMISSIONS SIMULEES AVEC TRANUS SUIVANT LA FORME URBAINE, PERIMETRE DU SCOT (CIBLE ACTEUR 4 – CARRE BLEU) 283
FIGURE 69 : LE POIDS DES DIFFERENTES ACTIONS DANS LE PROJET VILLE POST CARBONE A MULHOUSE..... 285
FIGURE 70 : REDUCTION D'EMISSIONS DANS LE SCENARIO LE PLUS AMBITIEUX 287
FIGURE 71 : LES COUTS GLOBAUX EN 2030 SUIVANT LES PERIMETRES DE COUTS 302
FIGURE 72 : NIVEAUX D'EMISSIONS SUIVANT LA FORME URBAINE 304
FIGURE 73 : COURBE DE COUTS D'ABATTEMENT SCENARIO CU (COUTS ECONOMIQUES, PERIMETRE DE L'AGGLOMERATION, TA 4%)..... 308
FIGURE 74 : COURBE DE COUTS D'ABATTEMENT SCENARIO CU (PASSAGE A UN TAUX D'ACTUALISATION DE 20% POUR LES MENAGES) 309
FIGURE 75 : COURBE DE COUTS D'ABATTEMENT SCENARIO CU (RETOUR A UN TA DE 4% ET AJOUT DES EXTERNALITES)..... 309
FIGURE 76 : COURBE DE COUTS D'ABATTEMENT SCENARIO CU (AJOUT DU TEMPS, EN PLUS DES EXTERNALITES) 310
FIGURE 77 : COURBE DE COUTS D'ABATTEMENT SCENARIO CU (VALEUR TEMPS D'ATTENTE = VAL TPS DEPLACEMENT)..... 310
FIGURE 78 : COUTS D'ABATTEMENT BRUT DES VEVHR 321
FIGURE 79 : REDUCTIONS DES EMISSIONS POUR L'EXTENSION DE TRAMWAY, SCENARIO 2 ET 3 321
FIGURE 80 : EVOLUTION PAR QUARTILE DE REVENU SUITE A LA MISE EN PLACE DU PEAGE URBAIN. L'EVOLUTION DU TEMPS SE COMPREND PAR DEPLACEMENT. 322
FIGURE 81 : IMPACT DE L'EXTENSION DES TRAMWAYS SUIVANT LES QUARTILES 323
FIGURE 82 : EVOLUTIONS PAR QUARTILE AVEC LE PEAGE URBAIN ET L'EXTENSION DES TRAMWAYS 324
FIGURE 83 : EVOLUTION DU COUT COMPLET PAR DEPLACEMENT RAMENE AU REVENU JOURNALIER 324
FIGURE 84 : REDUCTIONS DES EMISSIONS SUIVANT LES TYPES D'OUTILS 326
FIGURE 85 : VALEUR TUTELAIRE DU CARBONE DANS LE RAPPORT QUINET 328
FIGURE 86 : COURBES DE CMR GLOBALE EN 2030 (SCENARIO CONCENTRATION URBAINE - TAUX D'ACTUALISATION = 4%) 330
FIGURE 87 : LA COURBE DE COUT D'ABATTEMENT DANS LE DOMAINE DU BATIMENT (TA 4% ET 20%)..... 331
FIGURE 88 : COEFFICIENT BUDGETAIRE DU CARBURANT SUIVANT LE DECILE DU MENAGE 338
FIGURE 89 : DEPENSES CUMULEES DES MENAGES RAPPORTEES A LEURS REVENUS..... 339
FIGURE 90: CARTE DE GAUCHE : PRIX DES LOTS BATIS DANS LE DEPARTEMENT DU RHONE ; CARTE DE DROITE : REPARTITION DES MENAGES VULNERABLES AU SEIN DU PERIMETRE DE L'EMD LYON 2006..... 339
FIGURE 91 : EVOLUTION DE L'EFFORT ENERGETIQUE DES MENAGES 340
FIGURE 92 : DISTANCE MOYENNE ENTRE LE DOMICILE ET LE TRAVAIL SELON LE TYPE URBAIN DU DOMICILE DE RESIDENCE 344
FIGURE 93 : UNE SCHEMATISATION DES POLITIQUES DE TRANSITION..... 346
FIGURE 94 : GAIN ANNUEL MOYEN PAR MENAGE DECLARANT LES FRAIS REELS, PAR DECILE DE NIVEAU DE VIE. 351
FIGURE 95 : PART DES MENAGES CONSACRANT AUJOURD'HUI PLUS DE 35% DE LEUR BUDGET AUX LOGEMENTS ET DEPLACEMENTS (Y COMPRIS CHARGE). 356
FIGURE 96 : L'UTILISATION PARTENARIALE DE LA MODELISATION A GRENOBLE..... 381
FIGURE 97 : LES MATRICES AU CŒUR DE TRANUS, MODELISTICA. 429

FIGURE 98 : LES DIFFERENTES ETAPES DU MODULE DE TRANSPORT, MODELISTICA 433
FIGURE 99 : MODELISATION DYNAMIQUE ET INTERACTION TRANSPORT - USAGE DES SOLS 435
FIGURE 100 : CALAGE DU MODELE : PARTAGE DE LA FREQUENTATION ENTRE TC 438
FIGURE 101 : CALAGE DU MODELE : COMPARAISON DU NOMBRE DE DEPLACEMENTS PAR MODE AVEC L'EMD .. 438
FIGURE 102 : CALAGE DU MODELE : COMPARAISON DE LA FREQUENTATION DES PRINCIPALES LIGNES DE TC 439
FIGURE 103 : CALAGE DU MODELE : COMPARAISON DES RESULTATS DE VITESSE DES TC 439
FIGURE 104 : CALAGE DU MODELE : COMPARAISON DES RESULTATS DE TRAFIC 439
FIGURE 105 : CALAGE DU MODELE : COMPARAISON DES VITESSES ROUTIERES 440
FIGURE 106 : CALAGE DU MODELE : COMPARAISON DES MATRICES ORIGINES DESTINATION POUR LES FLUX EN PROVENANCE DE L'AGGLOMERATION 440
FIGURE 107 : CALAGE DU MODELE : COMPARAISON DES MATRICES ORIGINES, DESTINATION DE L'AGGLOMERATION 441
FIGURE 108 : CALAGE DU MODELE : COMPARAISON DES MATRICES ORIGINE-DESTINATION ENTRE SECTEURS HORS AGGLOMERATION 441
FIGURE 109*: CAPACITE MAXIMALE DES MATERIELS ROULANTS* 447
FIGURE 110 : TRANSPORTS PAR CABLES AERIENS EN MILIEU URBAIN ET PERIURBAIN : QUEL DOMAINE DE PERTINENCE EN FRANCE ? 449
FIGURE 111 : TRANSPORTS PAR CABLES AERIENS EN MILIEU URBAIN ET PERIURBAIN : QUEL DOMAINE DE PERTINENCE EN FRANCE ? 450
FIGURE 112 : LES DEPASSEMENTS DE POLLUTIONS, EN BLEU LES VALEURS MOYENNES, EN JAUNE LES POINTES. . 455
FIGURE 113 : NOTRE PERIMETRE DE 24KM² POUR LE PEAGE URBAIN (GOOGLE EARTH) 457

Liste des Tableaux

TABLEAU 1 : LES DIFFERENTES FORMES DE PEAGE URBAIN 42
TABLEAU 2 : NOMBRE DE VOITURES POSSEDEES SUIVANT LE LIEU D'HABITATION 49
TABLEAU 3 : LES COUTS AU KILOMETRE DES DIFFERENTES OFFRES DE TRANSPORT 59
TABLEAU 4 : RECAPITULATIF DE NOS HYPOTHESES D'EMISSIONS DE CO_2 PAR KILOMETRE ET COMPARAISONS 61
TABLEAU 5 : SITUATION FINANCIERE DU SYSTEME DE TRANSPORT EN COMMUN 144
TABLEAU 6 : BILAN DU FONCIER DANS LA REGION URBAINE GRENOBLOISE 149
TABLEAU 7 : EVOLUTION DE LA MOBILITE LOCALE DEPUIS 1982 149
TABLEAU 8 : LES QUESTIONNEMENTS A LA BASE DE L'EXERCICE DE SIMULATION 162
TABLEAU 9 : CONSTRUCTION DE LOGEMENT ENTRE 1999 ET 2006 166
TABLEAU 10 : LES TYPES DE POLITIQUES POUVANT ETRE TESTEES AVEC TRANUS 213
TABLEAU 11 : LES ENTREES ET LES SORTIES DE TRANUS 214
TABLEAU 12 : L'USAGE DU SOL, CHOIX PRIVE ET CHOIX PUBLIC 215
TABLEAU 13 : LES SECTEURS DE POPULATION DANS LA SIMULATION 221
TABLEAU 14 : DESCRIPTION DES SECTEURS D'EMPLOIS. 223
TABLEAU 15 DESCRIPTION DES TYPES DE SURFACES OFFERTES. 223
TABLEAU 16 : CROISSANCE ANNUELLE DES MENAGES, SCENARIO EXPANSION URBAINE 226
TABLEAU 17 : LES DIFFERENTES CATEGORIES DE DEPLACEMENT 231

TABLEAU 18 : LES OPERATEURS SIMULES 232
TABLEAU 19 : BILAN DES EMISSIONS 233
TABLEAU 20 : LES DIFFERENTS TYPES DE COUTS 248
TABLEAU 21 : LES VALEURS CHOISIES POUR LA POLLUTION ET LE BRUIT 249
TABLEAU 22 : LES VALEURS DU TEMPS RETENUES 250
TABLEAU 23 : LES DIFFERENTS COUTS AU KILOMETRE 253
TABLEAU 24 : EVOLUTION DU COUT D'EXPLOITATION KILOMETRIQUE DES TRANSPORTS EN COMMUN 253
TABLEAU 25 : TARIF DES TRANSPORTS EN COMMUN 254
TABLEAU 26 : EMISSIONS DES TRANSPORTS EN COMMUN 255
TABLEAU 27 : LES 3 SEQUENCES DE MESURES 272
TABLEAU 28 : CADRAGE DES MESURES AVEC ASIF 281
TABLEAU 29 : DIFFERENCES D'EMISSIONS ENTRE FORMES URBAINES ET ENTRE SCENARIOS DE REFERENCES ET SCENARIOS INCLUANT LES 5 MESURES MISES EN PLACE 290
TABLEAU 30 : CARACTERISTIQUES DE LA MOBILITE LOCALE, RESULTAT DES SIMULATIONS POUR LES 3 SCENARIOS 292
TABLEAU 31 : PARTAGE MODAL, RESULTAT DE LA SIMULATION 293
TABLEAU 32 : BILAN ACTUALISE DES COUTS DE LA MISE EN PLACE DES 5 MESURES 296
TABLEAU 33 : BILAN ACTUALISE DES COUTS DE LA MISE EN PLACE DES 4 MESURES 298
TABLEAU 34 : RESULTATS DE LA SIMULATION POUR LES COUTS DU LOGEMENT 302
TABLEAU 35 : REDUCTION DES EMISSIONS PAR MESURE, SCENARIO CU 312
TABLEAU 36 : COUTS A LA TONNE POUR LE SCENARIO CONCENTRATION URBAINE 312
TABLEAU 37 : REDUCTION DES EMISSIONS PAR MESURE, SCENARIO RENFORCEMENT MULTIPOLAIRE 316
TABLEAU 38 : COUTS A LA TONNE POUR LE SCENARIO RENFORCEMENT MULTIPOLAIRE 316
TABLEAU 39 : REDUCTION DES EMISSIONS POUR LE SCENARIO EXPANSION URBAINE 319
TABLEAU 40 : COUTS A LA TONNE POUR LE SCENARIO EXPANSION URBAINE 320
TABLEAU 41 : QUALITES ET DEFAUTS DE TRANUS 334
TABLEAU 43 : LES DIFFERENTS ROLES DE LA MODELISATION ET DU CALCUL ECONOMIQUE 378
TABLEAU 44 : CALCUL DES COUTS KILOMETRIQUES DES VEHICULES INDIVIDUELS 437
TABLEAU 45 : GAIN SIMULE PAR DECILE DE REVENU AVEC LA DECLARATION DES FRAIS AU REEL 461
TABLEAU 46 : ESTIMATION DU COUT GLOBAL DU REMBOURSEMENT DES FRAIS KILOMETRIQUES 461

Liste des encadrés

ENCADRE 1 : RECHERCHE BIBLIOGRAPHIQUE SUR LE VEHICULE ELECTRIQUE 37
ENCADRE 2 : VEHICULES ELECTRIQUES, HYBRIDES ET HYBRIDES RECHARGEABLES 40
ENCADRE 3 : DROIT DE PROPRIETE ET UTILITE PUBLIQUE 73
ENCADRE 4 : ARTICLE L121-1 DU CODE DE L'URBANISME 92
ENCADRE 5 : EXEMPLE DE CONTENU DES SCOT 94
ENCADRE 6 : UN POINT SUR LES SCOT 107
ENCADRE 7 : LES CONCEPTIONS ET ORGANISATIONS JURIDIQUES DU DROIT DE PROPRIETE 114
ENCADRE 8 : LE ZONAGE EN AIRES URBAINES DE 2010 DE L'INSEE. 147

ENCADRE 9 : CAPTATION DES PLUS VALUES 167
ENCADRE 10 : DESCRIPTION DU CONTRAT D'AXE 169

Introduction

« Regarder un atome le change, regarder un homme le transforme, regarder l'avenir le bouleverse. »
G. Berger (1959, L'attitude prospective)

La ville est aujourd'hui notre lieu de vie dominant ; pour le dire simplement, nous sommes désormais presque tous urbains. L'impératif climatique se comprend donc avant tout comme un besoin de réorienter les modes de développement et de fonctionnement urbains vers plus de durabilité. Cet impératif s'inscrit dans un contexte où de nombreuses politiques publiques sont déjà à l'œuvre pour faire face aux différentes problématiques urbaines : politique de logement pour surmonter les crises récurrentes d'offre ; politique de la ville pour réinsérer des quartiers dégradés ; politique de mobilité pour réduire les externalités du mode automobile ; réorganisation institutionnelle pour assurer de meilleurs modes de gouvernance... C'est bien à partir de ces différentes dimensions que peuvent se comprendre les opportunités et les défis des politiques climatiques, qui, si elles se veulent massives dans leur résultats, doivent imprégner l'ensemble des champs de l'action publique. Cette évolution qui voit le fait urbain s'imposer doit s'accompagner d'un basculement de regard car, de manière croissante, c'est l'urbain qui devient explicatif de nos sociétés. La dimension spatiale devient de plus en plus déterminante dans nos modes de vie, nos modes de consommations, mais aussi dans les logiques de répartition des richesses et de ségrégation sociale. Cela incite à davantage partir de la ville pour analyser les problématiques contemporaines, à mieux savoir adopter sa perspective. Cela est valable pour les politiques climatiques : si le niveau national a logiquement été le premier à motiver de nombreux travaux de recherche, l'importance croissante des villes invite aujourd'hui à mieux comprendre leur dimension locale et urbaine. Enfin, la situation climatique rend urgents les changements à mettre en œuvre pour réduire nos impacts en termes d'émissions et limiter les risques climatiques. Mais faire évoluer la ville, en particulier ses infrastructures de peuplement et de mobilité, prend du temps. La structure urbaine est d'une grande stabilité, et l'orienter dans une direction donnée nécessite une grande continuité dans les politiques mises en œuvre. Cela nécessite conjointement de savoir gérer le court terme et les besoins immédiats des populations, tout en préparant le temps long. Faire face à ces défis nécessite d'aller au-delà du fonctionnement des marchés dans un cadre politique de court et moyen termes. Il s'agit d'organiser une réponse collective permettant de fixer un cap de long terme, et construire cette réponse implique de disposer d'outils et de méthodes adaptés. Prospective et planification sont ainsi convoquées pour préparer cette stratégie d'un développement urbain durable et pour jouer leur rôle de réducteur d'incertitudes. Ils prennent une place particulière dans les politiques climatiques.

Cette thèse part de ces constats et en dégage un projet : s'interroger sur les moyens de rendre la ville plus sobre en carbone sur le long terme en privilégiant une vision d'ensemble des processus à l'œuvre, en ayant le souci constant de réintégrer la question climatique dans les mécanismes concrets de fabrique de la ville. Notre travail se conçoit dans une perspective de recherche-action dans le contexte français et dans une volonté d'intégration disciplinaire, autour de l'analyse économique.

Problématique et démarche

Ces constats nous ont conduits à nous intéresser à la planification urbaine stratégique et à la prospective. En effet, fondées sur une vision intégratrice des problématiques et centrées sur l'analyse du futur, ces deux approches correspondent par nature aux questions posées par le développement urbain durable. Elles apparaissent comme des alliés naturels de la recherche d'une transition vers des modes plus soutenables. La planification urbaine, que se soit au niveau communal avec le Plan Local d'Urbanisme ou à un niveau plus large et plus stratégique avec le Schéma de COhérence Territoriale (SCOT), se voit ainsi de manière croissante chargée des questions environnementales et climatiques en France. Le SCOT en particulier apparaît comme l'outil de territorialisation des objectifs du développement durable, dont les lois Grenelle ont été l'expression la plus massive ; il apparait aussi comme un outil de mise en cohérence des différentes politiques publiques.

Toutefois, il est clair que la question climatique représente un redoutable défi pour une planification stratégique (SCOT) à l'état de renouveau depuis le début des années 2000 en France mais aussi en Europe. Ce défi est double : 1) trouver les méthodes permettant de produire une stratégie pertinente et pouvant être mise en place sur le territoire ; 2) trouver, ou reconstruire, une gouvernance capable de porter cette méthode et de mettre en place cette stratégie, en coordonnant différents champs des politiques publiques. A nos yeux, l'analyse économique est particulièrement utile pour relever ce premier défi. Elle l'est d'autant plus que l'analyse des fondements de la planification et de sa pratique actuelle nous montre qu'existe un certain déficit de contenu économique dans la planification, réduisant ainsi son efficacité à construire la ville durable. Ce déficit fait écho à un relatif manque de travail de recherche dans le champ économique sur la question de la planification urbaine. Il s'agit, dans ce travail, de caractériser et de contribuer à combler ces déficits. De plus, la prospective, vigie de la planification, pose elle aussi des difficultés de méthodes (outils de modélisation en particulier) et d'analyse, à la réduction desquelles il s'agit de contribuer dans le champ urbain.

Parmi les nombreuses questions dont la planification a la charge, il est clair que la nécessaire maîtrise des émissions de gaz à effet de serre (GES) du transport représente un défi particulier. En effet, les tendances actuelles de la mobilité locale ne sont pas cohérentes avec une trajectoire qui nous permettrait d'atteindre les objectifs français de réduction des émissions. Le secteur routier, qui représentait 34.5% des émissions françaises en 2009[1], a vu ses émissions augmenter de 9% entre 1990 et 2009 (Ministère de l'Ecologie et Caisse des dépôts, 2012). Les mêmes tendances peuvent être identifiées au niveau du SCOT grenoblois, avec une augmentation de 10% entre 1990 et 2006 pour les émissions du transport (EP SCOT, 2012c). Si l'on regarde uniquement la mobilité locale des voyageurs, la hausse est encore plus conséquente :+17% entre 1994 et 2008 au niveau national (Longuar et Nicolas, 2010). Par ailleurs, les questions de pollutions locales sont toujours d'actualité et les solutions à mettre en place ne sont clairement pas encore identifiées (l'exemple des Zones d'Action Prioritaire pour l'Air[2] en a été l'illustration). De plus, la question de la mobilité est

[1] Hors utilisation des terres, leur changement et la forêt (UTCF)

[2] Zone d'Action Prioritaire pour l'Air: ce dispositif a été mis en place en 2010 afin d'identifier les stratégies permettant de réduire les niveaux de pollution dans de nombreuses agglomérations françaises qui dépassent les

particulièrement complexe : elle est intrinsèquement liée aux dynamiques urbaines ; elle s'analyse de manière multi-échelles dans un contexte multi-acteurs (agglomération, département et région, Etat) ; elle est socialement et politiquement très sensible (hausse du prix du carburant, mise en place d'un péage urbain…). Enfin, il est clair que les innovations technologiques ne constituent pas une solution suffisante pour résoudre l'ensemble de ces difficultés et assurer une mobilité durable. Ne nous faisant parcourir qu'une partie du chemin, elles doivent donc prendre part à des stratégies et combinaisons d'actions, aux côtés de la planification urbaine et des instruments économiques, dans un paradigme de la mobilité renouvelé à l'aune du développement durable (Banister, 2008 ; 2011).

Dans son travail de simulation et ses principaux développements quantitatifs, notre thèse se centrera donc sur cette question des émissions de GES du transport urbain. Pour relever ce défi, l'analyse économique nous apparaît en effet centrale afin d'évaluer l'efficacité des différentes solutions ainsi que pour analyser leur faisabilité et leur acceptabilité. L'apport de l'analyse économique ne va pas pour autant sans difficulté et nécessite une réflexion sur les conditions d'intégration des outils qu'elle propose dans le cadre de la planification. Cela constituera une des dimensions de notre travail sur le calcul économique et la modélisation.

Notre problématique de départ sera donc : **quel peut-être l'apport de la planification pour construire une ville durable et bas carbone en France ? Quel rôle peut jouer l'analyse économique pour renforcer cet apport, en particulier dans une optique prospective ?**

Pour répondre à cette problématique, notre thèse cherchera à construire une compréhension pluridisciplinaire de ces questions, qui servira de base aux choix d'outils d'analyse économique, en particulier le modèle de simulation TRANUS. L'utilisation de ces outils permettra d'illustrer l'apport possible de l'analyse économique pour la planification territoriale dans le contexte français.
Dans la partie 1, nous allons analyser un cas concret, celui de l'émergence de la voiture électrique, ainsi que la littérature théorique et historique pour caractériser la nature de la planification et de la prospective et de leurs contributions à la fabrique de la ville. Ensuite nous analyserons la pratique actuelle à partir de la littérature et d'entretiens, afin de caractériser la planification portée par les SCOT et d'évaluer l'intensité de leur apport pour construire la ville durable. Nous caractériserons aussi le manque de contenu économique qu'il s'agit de contribuer à combler et donc le rôle que devrait jouer l'analyse économique dans la planification.

Dans la partie 2, nous allons justifier, présenter et construire les outils d'analyse économique utiles pour instruire la planification, en particulier le modèle de simulation prospective TRANUS et la méthode de construction des courbes de coûts d'abattement. Notre travail se concentrera alors sur les politiques climatiques et la dimension urbanisme-transport de la planification sur le territoire du SCOT grenoblois.

---

seuils fixés par l'Europe (Ademe, Faisabilité des zones d'actions prioritaires pour l'air, 2010). Ce dispositif a été arrêté fin 2012 sur un constat d'échec du dispositif (voir http://www.developpement-durable.gouv.fr/Creation-d-un-comite.html, page visitée le 24/06/2013)

Dans la partie 3, nous analysons les résultats de notre analyse économique des politiques climatiques ainsi que sa méthodologie, et détaillons ainsi les apports d'une telle approche économique pour la planification. Nous nous livrons également à une analyse économique de la question de la vulnérabilité énergétique et du dispositif fiscal des *frais réels*. Enfin, nous concluons sur les conditions d'un renforcement du contenu économique dans la planification en revenant sur la question de l'usage possible du calcul économique et de la modélisation, à la fois de manière théorique et de manière concrète à partir de l'utilisation des praticiens dans le contexte français.

Les apports de la thèse

Le principal apport de la thèse est d'avoir construit et utilisé, sur un cas concret – Grenoble –, des outils d'analyse économique permettant de traiter la question des politiques climatiques locales dans la planification, d'une manière prospective et systémique. Il s'agit de la 1ère application du modèle de simulation urbanisme-transport TRANUS en France, et de son utilisation dans le cadre d'une méthodologie économique pour produire des courbes de coût d'abattement intégrant le caractère systémique de la ville pour le secteur des transports. C'est bien à cette condition que l'analyse économique sous forme de MACCs (Marginal Abatement Cost Curves) peut être utile aux politiques climatiques locales dans le cadre de la planification. Le modèle et la méthodologie économique qui lui est adossée constituent ce que nous appelons l'outil TRANUS+.

Un second apport de la thèse est d'avoir réinterrogé un certain nombre de questions à partir du cadre de la planification urbaine : la question du choix des outils de modélisation ainsi que celle des modalités du calcul économique, la question de la vulnérabilité énergétique liée à la mobilité, celle enfin du déploiement des véhicules électriques. Cela nous permet de construire une vision d'ensemble des apports possibles de la planification et des moyens de les renforcer.

Enfin, nous avons tenté de replacer notre analyse de l'apport des outils économiques à la planification urbaine dans la perspective d'ensemble de réforme politique et administrative du contexte français. Cela a pris la forme d'une analyse critique de la pratique actuelle de la planification, des évolutions à l'œuvre et des conditions d'une meilleure intégration de l'analyse économique dans la démarche et les méthodes de planification.

Description détaillée du plan de thèse

Dans la **partie 1**, nous posons les bases de notre travail, en analysant pourquoi la planification urbaine est nécessaire et comment elle se pratique. Nous décrivons l'attitude prospective et son articulation avec la planification et nous analysons la littérature traitant des outils récents de la planification territoriale en France. Nous montrons qu'aujourd'hui l'apport de la planification pour agir sur le devenir des villes est limité et qu'une place plus grande devrait être faite à l'analyse économique.

Dans le chapitre 1, *à partir de l'analyse de l'émergence de la voiture électrique et en la replaçant dans la fabrique de la ville, nous montrons de manière concrète le besoin d'une planification urbaine stratégique.*

En verdissant la voiture particulière, synonyme d'externalités environnementales négatives, la technologie électrique repose la question des stratégies de mobilité visant à inciter à l'usage des transports en communs et à réduire la place de la voiture dans les zones denses. De plus, aux politiques de transport en commun sont associées des politiques intercommunales et d'urbanisme qui se trouvent questionnées à leur tour. Cela soulève enfin la question de l'articulation entre les territoires périurbains, où la voiture est largement dominante et où les caractéristiques sont favorables à un équipement en véhicule électrique, et les territoires denses, où la place de la voiture est questionnée et l'équipement en véhicule électrique peut être moins aisé (recharge à domicile plus difficile, davantage de ménages mono-motorisés valorisant l'autonomie d'un véhicule thermique). Le besoin de coordination autour d'une vision stratégique commune se comprend aussi entre l'échelon local, où la question de la mobilité prime, avec un intérêt particulier pour les transports en commun, et l'échelon national, où la politique industrielle et le secteur automobile jouent un rôle important. Les acteurs privés ont aussi un rôle essentiel à jouer à la fois en tant que constructeurs mais aussi en tant que fournisseurs de nouveaux services de mobilité pouvant tirer parti de ces nouvelles technologies et devraient être associés à la réflexion prospective. L'ensemble de ces questions montre le besoin d'une planification urbaine stratégique, comme outil de cohérence spatiale et intersectorielle dans un contexte multi-acteurs, et comme instrument d'allocation de l'espace public entre les différentes formes de mobilité. Cet instrument de coordination collective en prospective est nécessaire afin de réduire les incertitudes et les inefficacités. Enfin la dimension économique devrait y tenir une place centrale : cela comprend les questions de financement de la mobilité et de la concurrence qui peut exister entre modes, les problématiques d'équité soulevées par les dispositifs de régulation ou d'incitation, les enjeux d'efficacité enfin pour l'atteinte des objectifs assignés.

Le chapitre 2 *définit l'objet et la justification de la planification urbaine, et revient sur la méthode de prospective. Il décrit quelques développements historiques marquants de la planification ainsi que les outils introduits par la Loi SRU (2000). Ce chapitre constitue la base théorique à partir de laquelle nous analyserons les instruments actuels de planification dans le chapitre suivant.*

La planification est un instrument de l'urbanisme moderne qui vise à assurer une plus grande maîtrise des dynamiques d'urbanisation dans une situation de coexistence avec les marchés. Elle a pris

différentes formes depuis le début du 20ème siècle, en passant par la période spécifique de l'après guerre, jusqu'au renouveau des années 2000 qui va nous intéresser dans ce travail et dont nous décrirons la dynamique ainsi que les outils. C'est un savoir pratique et stratégique pour maitriser le devenir des villes et mettre en cohérence les évolutions de ses différents composants. Elle apparait à la fois comme une autre forme d'allocation des ressources que le marché et comme un réducteur d'incertitudes.

Nous retenons une définition de la planification comme action stratégique, articulée à la prospective et portée par les acteurs publics, intégrant une dimension régulatrice de l'espace, et capable de traduire ces orientations dans les outils d'aménagement et de régulation des acteurs privés. Cette forme d'action publique, centrée sur les aspects stratégiques et spatiaux, se justifie par les principaux résultats de l'économie classique, identifiant cinq tâches pour surmonter les défaillances de marché (information délivrées au marché, provision de bien publics, maîtrise des externalités, résolution des dilemmes de prisonnier, redistribution), (Klosterman, 1985). Elle se justifie aussi par la nature particulière du foncier, qui «n'est pas un bien économique comme un autre » et du fonctionnement des marchés fonciers (Comby et Renard, 1996). La théorie économique apporte ainsi des éléments robustes pour la justification de la planification, son évaluation et ses méthodes devraient ainsi davantage reposer sur les outils de l'économie, afin de renforcer sa légitimité et son efficacité (Moore, 1978 ; Webber, 1969). A partir de Berger (1956), nous définissons la prospective comme la démarche d'imagination de l'avenir souhaitable, qui vise à formaliser l'étude d'un futur qui s'est souvent soustrait à une démarche rigoureuse d'analyse. Elle est la vigie de la planification, éclairant les différents chemins de l'avenir dans lesquels celle-ci se concrétisera et produira ses effets. Si la prospective sert à penser le futur, la planification sert à le produire, à l'orienter. Dans le contexte multi-acteur contemporain la prospective sert aussi à produire une vision partagée et à servir de support à la discussion.

Le chapitre 3 *montre les limites et les faiblesses de la planification stratégique actuelle (SCOT) et met en particulier en évidence le déficit de contenu économique.*

De nombreuses critiques issues de différentes disciplines (économie, urbanisme, droit, géographie) laissent à penser que la planification est aujourd'hui peu efficace. Dans le contexte institutionnel de la décentralisation des pouvoirs d'urbanisme, la capacité à définir et appliquer une stratégie ambitieuse et contraignante sur un périmètre adapté est limitée. De plus le droit de l'urbanisme est très complexe et inadapté aux capacités de nombreuses petites collectivités publiques. L'intégration récente d'objectifs environnementaux rend plus difficile encore son application. Il est de plus confiné à une conception étroite de l'action publique, la planification « exhorte, réprimande ou interdit, mais jamais elle ne propose, ne contracte ni ne négocie » (Demouveaux, 2000).

Dans le même temps, nous pouvons remarquer le caractère a-économique de la planification. Il y a une carence dans la prise en compte des logiques fiscales et financières, certains dispositifs ont un impact considérable sur le développement urbain de part leur caractère incitatif mais leurs effets ne sont généralement pas évalués et pas accordés aux objectifs des politiques d'urbanisme (Renard, 2006a). Les règles de densification édictées par les urbanistes se heurtent à la logique économique des acteurs qui produisent la ville, (Castel et Jardinier, 2011), ce qui tend à montrer que ces logiques

économiques sont souvent ignorées des planificateurs. Mal connectée à la logique du marché et de ses acteurs, la planification est donc souvent impuissante à orienter le développement urbain et l'on remarque une relative absence de préoccupation économique dans les documents de planification (manque de hiérarchisation des objectifs et des actions à mettre en place, manque d'évaluation des impacts attendus). La planification apparait comme déconnectée du modèle économique de la ville.
Plusieurs raisons peuvent être identifiées. D'une part nous sommes dans une période de reconstruction de la planification, dans laquelle l'analyse économique n'apparait pas comme le savoir prioritaire à mobiliser pour la planification. La pédagogie sur le développement durable et la nécessité de construire un dialogue entre collectivités sont jugées plus fondamentales. D'autre part les deux branches de l'urbanisme que sont l'aménagement, qui est en prise avec les mécanismes de marché, et la planification communiquent trop peu. Enfin le registre juridique est aujourd'hui prédominant dans la pratique de la planification, conséquence d'une vision administrative de l'action publique dans le domaine de l'urbanisme et de l'organisation concrète de sa production (nature des acteurs en jeu). L'ensemble de ces constats nous conduit à identifier les conditions permettant d'assurer un plus grand rôle de l'analyse économique dans la planification. Cela constituera un cahier des charges pour la suite de la thèse.

Dans la **partie 2** nous présentons notre cas d'étude Grenoble. Nous justifions ensuite et présentons les outils utilisés pour mesurer l'impact des politiques climatiques locales appliquées au transport.

Dans le chapitre 4*, nous présentons notre terrain d'étude, Grenoble, nous analysons les dynamiques urbaines et les mécanismes d'étalement urbain, enfin nous présentons différents scénarios urbains qui seront les supports de la simulation prospective.*
Le territoire de la région urbaine grenobloise nous apparait particulièrement intéressant pour traiter notre problématique du fait du caractère ambitieux de son SCOT, du dynamisme de sa politique de transport, mais aussi du fait des problématiques de pollution et de financement des transports en commun qui s'y posent. Ce territoire se caractérise aussi par un étalement urbain important ainsi que des hausses lourdes des prix fonciers et immobiliers durant la dernière décennie. Par ailleurs, l'agglomération grenobloise est pionnière en termes de mise en place de Plan Climat et les collectivités locales y sont aussi très actives en termes de modélisation du transport.
Nous décrivons donc ce terrritoire, et ses principales caractéristiques en termes géographiques et historiques. Nous identifions les principales problématiques de la mobilité sur ce territoire, y compris les questions financières associées, en replaçant Grenoble parmi les territoires français comparables. Nous analysons ensuite les dynamiques d'extension urbaine qui ont lieu en France et sur ce territoire depuis plus de 30 ans et leurs déterminants clés, avec un intérêt particulier pour les mécanismes économiques. Ainsi cette analyse complète notre propos du chapitre 3, en décrivant les dynamiques que la planification peine aujourd'hui à maitriser et les mécanismes sur lesquels il faudrait agir. C'est bien à partir de cette analyse des dynamiques urbaines et ainsi que celle de l'efficacité de la planification que nous construisons les différents scénarios de développement urbain qui constituent la toile de fond de notre analyse des politiques climatiques locales (concentration urbaine sur l'agglomération, renforcement multipolaire, expansion urbaine), et que nous explicitons les

hypothèses sur lesquels ils reposent. Enfin nous précisons la place de ces scénarios dans la méthodologie d'analyse économique des politiques climatiques construite dans les chapitres suivants.

Dans le chapitre 5, *nous choisissons TRANUS, l'outil qui sert de support à l'analyse des politiques climatiques locales, nous replaçons l'apport de la simulation dans l'exercice de planification et décrivons les modalités concrètes de son application à notre territoire d'étude.*

Trois constats nous incitent à utiliser un modèle urbanisme-transport pour réaliser notre analyse des politiques climatiques locales. Le premier est que ces modèles ont historiquement été créés pour informer la planification urbaine à partir des théories économiques. Le second est que cette approche permet d'apporter des éléments pertinents et pragmatiques quant au lien entre forme urbaine et consommation d'énergie et ainsi d'informer la planification sur cette question centrale, source d'importants débats dans la littérature. Le troisième est que l'analyse de la question climatique à l'échelle des villes nécessite de développer les outils d'analyse adéquats. Par exemple, les modèles utilisés pour évaluer la valeur tutélaire du carbone ne représentent pas bien la dimension spatiale alors que celle-ci est essentielle. On observe aussi que l'analyse des politiques climatiques repose de manière fréquente sur les MACCs (Marginal Abatment Cost Curves), des outils pratiques et utiles d'analyse économique mais qui ne sont pour le moment pas bien adaptés à la question urbaine et ses aspects systémiques. Les modèles urbanisme-transport permettent de satisfaire à ces exigences et de surmonter les limites identifiées. Nous décrivons ces modèles, leurs bases théoriques ainsi que les différentes familles existantes. Le choix de notre modèle et du type de simulation est réalisé à travers une analyse du lien entre le niveau de complexité de l'outil, l'usage visé et le niveau d'opérationnalité souhaité. En effet, notre objectif étant de comprendre comment l'analyse économique peut être utile à la planification, la question de l'interface entre la simulation et les processus de décision est particulièrement importante. Pour cette analyse, nous revenons sur la nature de la planification et de la prospective, tel que définie dans la partie 1. Cela nous conduit jusqu'au choix du modèle TRANUS et nous permet de bien cadrer l'usage et le rôle des outils de simulation dans notre travail. Nous décrivons ensuite la structure du modèle et le détail de son application à Grenoble, en portant un intérêt particulier aux questions de calibration et de validation.

Dans le ***chapitre 6****, nous élaborons la méthodologie de calcul économique qui sera adossée au modèle TRANUS.*

Nous expliquons tout d'abord les fondements des bilans socio-économiques, en particulier dans le domaine du transport. Nous détaillons ensuite les hypothèses de calcul que nous avons prises dans notre travail (valorisation des externalités, valeur du temps…) ainsi que les éléments clés du calcul (taux d'actualisation, nature des coûts, évaluation des économies issues du report modal..). Nous construisons la méthodologie permettant de calculer des coûts d'abattement des émissions dans le domaine des transports. Pour cela nous repartons des limites des MACCs identifiées dans le chapitre précédent et ajustons la méthode standard afin de prendre en compte de la dimension systémique de la ville. Pour chaque scénario, décrivant une trajectoire urbaine particulière, nous construisons une séquence de mesures cohérentes entre elles et avec le développement urbain, à laquelle une MACCs sera associée. C'est à cette condition que l'analyse économique peut être utile dans le cadre de la

planification urbaine. Enfin, nous expliquons ces séquences de mesures (bus à haut niveau de service, péage urbain, tramway, véhicule électrique et hybride rechargeable, covoiturage) que nous testons avec TRANUS dans les différents scénarios (les mesures sont décrites en détail en annexe).

Dans la **partie 3**, nous présentons, analysons et commentons les résultats de la simulation prospective et de l'analyse économique. Nous nous livrons également à une analyse de la question de la vulnérabilité énergétique. Enfin nous concluons sur les conditions d'un renforcement du contenu économique dans la planification.

*Dans le **chapitre 7**, nous analysons les résultats de la simulation avec TRANUS et du calcul économique.*

Nos simulations pour les émissions du transport urbain sur la période 2010-2030 montrent qu'il est nécessaire d'actionner fortement l'ensemble des leviers disponibles pour espérer suivre le rythme de réduction inscrit dans la Loi Grenelle (-3% par an sur la période 1990-2050). L'augmentation des émissions sur la période 1990-2010 sur le périmètre du SCOT implique de plus qu'atteindre le facteur 4 dans le domaine du transport urbain nécessitera de faire davantage que suivre ce rythme moyen. Le prolongement de nos trajectoires permet un facteur de réduction de 2.5 seulement en moyenne sur nos trois scénarios. Notre travail visait également à apporter une contribution au débat sur le lien entre forme urbaine et émissions. Nos calculs montrent qu'agir sur les formes urbaines pour obtenir une plus grande compacité permet de tenir le rythme de réduction et améliore aussi fortement les bilans socio-économiques. Toutefois à l'horizon de notre étude et avec les hypothèses démographiques du territoire, l'impact des formes urbaines en termes d'émissions apparait relativement limité, surtout si on le confronte au caractère volontariste de nos hypothèses de développement, et donc à l'ampleur des changements nécessaires pour la réalisation de ce scénario, et aux attentes généralement formulées à l'égard de ce levier. Nous retenons que l'urgence climatique et le besoin de disposer du plus grand nombre de leviers possibles afin d'atteindre le facteur 4 incitent à privilégier les développements compacts et à valoriser les potentiels bien desservis et proches des zones d'emplois, en intégrant politique d'urbanisme et politique de transport. Dans le même temps, au vu des incertitudes sur les coûts en termes d'urbanisation de telles politiques et de son apport relativement limité aux réductions, la densification ne devrait pas être automatiquement l'objectif central de la planification urbaine à partir d'un argument climatique. Par ailleurs, au-delà des résultats globaux en termes de consommations d'énergie du territoire suivant les différentes formes urbaines, nous considérons qu'il est nécessaire d'examiner de manière complémentaire les impacts micro pour les ménages suivant leurs choix de localisation, afin d'identifier une possible vulnérabilité énergétique liée à la mobilité, ce qui nous conduit au chapitre 8.

L'analyse des bilans socio-économiques et des courbes de coûts d'abattement révèle un coût élevé des différentes options de réduction par rapport aux valeurs que l'on donne généralement au carbone (Valeur Quinet) et aux coûts d'abattement dans le domaine du bâtiment (à l'exclusion du covoiturage, qui apparait comme une solution très efficace). Les bilans socio-économiques font apparaitre des mesures non profitables pour la collectivité : cela questionne par exemple la pertinence du développement des transports en commun, en particulier du fait de gains de temps limités. L'analyse

d'autres bilans socio-économiques de projet de tramway nous permet de comparer nos résultats ainsi que de révéler certaines limites de ces travaux. Cela nous incitera à revenir sur la méthodologie de calcul économique pour les transports urbains dans le chapitre 9.

Par ailleurs, nos calculs révèlent que le choix de valorisation du temps d'attente modifie considérablement les résultats : le choix d'une valorisation équivalente entre temps d'attente et temps de déplacement (et non double comme recommandée pour représenter l'inconfort de l'attente) améliore largement le bilan des solutions de transport en commun et de péage urbain. De même, considérer un taux d'actualisation plus élevé que le taux public renchérit l'option véhicule électrique et diminue fortement les coûts des options de transport en commun. Enfin, la prise en compte de la pollution locale a un impact significatif de réduction des coûts d'abattement de toutes les options. En présentant les résultats des différents périmètres de coût et en réalisant quelques analyses de sensibilité, et ce pour chacune de nos séquences de mesures, notre travail permet d'analyser en profondeur les alternatives des stratégies climatiques locale. En analysant précisément les impacts de chaque mesure, nous montrons que les outils développés permettent de réinterroger le fonctionnement de la ville et ainsi de jouer un rôle utile à la planification. Enfin nous revenons sur notre exercice de modélisation et nous expliquons en quoi TRANUS est bien pertinent pour mener ce type d'analyse mais pourquoi son application doit être optimisée pour le rendre plus opérationnel et plus robuste.

*Le **chapitre 8** montre que la question de la vulnérabilité énergétique liée à la mobilité devrait être traitée dans le cadre de la planification et qu'un dispositif de déduction fiscale comme les frais réels devrait être réformé.*

Nous avons vu dans le chapitre 2 que le rôle de la planification est bien d'éviter un fonctionnement de la ville qui exclut certaines populations ayant mal anticipées les conséquences de leur choix de localisation. Dans le chapitre 5 nous avons expliqué les mécanismes d'étalement et les risques de centrifugation sociale. D'autre part l'analyse à un niveau macro du chapitre 7, révélant des différences relativement modestes en termes d'émissions entre des formes urbaines denses ou plus étalées, nous a incité à regarder au niveau plus micro des ménages, un niveau où ces différences de stratégie d'aménagement du territoire pourraient s'avérer plus importantes. Se posent donc des questions concrètes : les dynamiques urbaines impliquent-elles des situations où des ménages installés dans le périurbain lointain supportent des coûts énergétiques très importants et potentiellement problématiques vis-à-vis des évolutions futures de prix du carburant ? Ces ménages n'auraient-ils pas bien prévu les dépenses énergétiques auxquels ils allaient devoir faire face et/ou se sont trouvés contraints par les marchés fonciers et immobiliers ? Y-a-t-il des dispositifs financiers ou fiscaux ayant une influence sur ces logiques, en termes d'incitation ou de réduction d'une vulnérabilité à la hausse des prix de l'énergie ? Comment adapter la planification territoriale pour mieux prendre en compte cette problématique, en particulier quel pourrait être le rôle de l'analyse économique ? Afin de répondre à ces questions, nous définissons cette notion de vulnérabilité liée à la mobilité, nous en faisons un diagnostic sur quelques cas français et nous montrons que cette question représente un enjeu essentiel et que traiter cet enjeu implique de se placer dans le cadre du fonctionnement des systèmes urbains et de la planification. Cela nous conduit à analyser un de ces dispositifs fiscaux, qui,

comme identifiés dans le chapitre 3, n'est pas articulé à la planification alors qu'il joue un rôle dans la fabrique urbaine. Il s'agit des « frais réels » cette disposition fiscale permettant de déduire de son revenu imposable ses frais de déplacement, représentant ainsi une forme de subvention. Nous verrons que ce dispositif n'est pas satisfaisant, à la fois d'un point de vue environnemental, du point de vue de la progressivité de l'impôt et du point de vue de sa capacité à traiter la question de la vulnérabilité énergétique. Nous explorons des pistes de réforme de ce dispositif et de politiques pouvant être mises en place dans le cadre de la planification.

*Dans le **chapitre 9**, nous décrivons les évolutions possibles qui permettraient de renforcer la place de l'analyse économique dans la planification territoriale.*

Nous nous intéressons dans une première partie au calcul économique. A partir d'une lecture théorique et des débats nombreux autour de son utilisation dans le transport (limitation méthodologique, manipulation, justification à posteriori des projets, inadaptation aux problématiques actuelles…), il apparait clair que le calcul économique est déconsidéré et que son usage dans la décision ne va pas de soi. Dès lors, le défi d'identifier les conditions permettant d'améliorer cette utilisation apparait particulièrement important à relever. Les difficultés sont à la fois techniques, et nous expliquerons comment l'usage d'un modèle comme TRANUS permet d'en surmonter une partie, elles sont aussi théoriques et nécessitent de revenir sur la logique de base de cet instrument dans le cadre de la planification. Il s'agit alors de construire un cadre dans la planification permettant de surmonter le caractère nécessairement incertain du calcul économique, de co-construire des préférences collectives elles-aussi incertaines ainsi que de passer de la sphère économique à la sphère politique. Dans ce cadre, le calcul économique pourrait jouer dans la planification le rôle que joue le prix sur un marché, c'est à dire un outil de coordination entre acteurs. Nous expliquerons aussi que des efforts devraient être réalisés par ceux qui produisent les évaluations économiques pour favoriser leur intégration dans les processus politiques, dans une logique d'aller-retour entre l'outil et les demandes des utilisateurs finaux.

Une seconde partie concerne la modélisation urbanisme transport et la façon dont les collectivités locales pourraient s'en saisir. Nous décrivons le cadre dans lequel la modélisation urbanisme-transport que nous avons développé durant cette thèse pourrait être transférée à des collectivités comme celles de la région urbaine grenobloise. Nous analysons les évolutions à l'œuvre et les perspectives, y compris institutionnelles, pouvant faciliter le déploiement des modèles urbanisme transport. Nous mettons en avant la nécessité de mieux comprendre les besoins des utilisateurs finaux et décrivons la façon dont cela pourrait être réalisé. De même que pour le calcul économique, la logique est que l'objectif d'être pris en compte dans les processus collectif de décision nécessite de modifier l'outil d'analyse et les méthodes mises en place.

Une troisième partie concerne plus directement la planification territoriale et la façon dont elle pourrait évoluer afin de faire une plus grande place à l'analyse économique. Une première évolution pourrait concerner les compétences techniques des collectivités et viserait à favoriser les échanges entre les équipes de planificateurs et les acteurs privés ainsi que les équipes davantage tournées vers l'opérationnel. Les services de l'Etat pourraient renforcer leur rôle de conseil et d'accompagnement et non se cantonner au strict contrôle de légalité. Mettre en avant l'obligation de justification dans les

documents de planification pourrait constituer un levier particulièrement important : d'une part cela peut contribuer à réduire le nombre d'orientations et de prescriptions, avec un recentrage sur les dimensions qui ont réellement été approfondies ; d'autre part ce travail est favorable à davantage d'analyse économique. Cela constitue une logique autre que celle du Grenelle II, centrée sur la précision et la complétude des prescriptions, dans une logique purement réglementaire. Cette logique serait de plus probablement plus conforme à l'idée de planification stratégique. Des incitations à la solidarité financière pourraient aussi être mises en place, que ce soit par l'Etat ou par les financeurs locaux (région, département). Il s'agit de disposer d'outils permettant de compenser les gagnants et les perdants de la planification, et favorisant ainsi des calculs de coût global, à la place d'une logique de calculs marginaux par chacun des acteurs. Enfin nous replaçons la question de la planification et en particulier de sa gouvernance dans le contexte des réformes de la décentralisation, avec le projet de loi discuté depuis l'automne 2012. Nous identifierons quelques dynamiques positives pour la planification et montrerons plus largement la grande difficulté qu'éprouve l'Etat à réformer la gouvernance territoriale, condition d'une planification plus efficace.

Chapitre 1 Le besoin de planification, une illustration par le véhicule électrique.

Ce chapitre illustre le besoin d'une planification urbaine stratégique en analysant l'émergence de la voiture électrique et en la replaçant dans la fabrique de la ville. Avant de la préciser dans le chapitre suivant, nous retenons dans ce chapitre la définition de la planification donnée en introduction. La planification stratégique se conçoit comme un savoir pratique pour agir sur la ville, c'est une action stratégique, articulée à la prospective et portée par les acteurs publics, intégrant une dimension régulatrice de l'espace, et capable de traduire ses orientations dans les outils d'aménagement et de régulation des acteurs privés. C'est un instrument de coordination collective en prospective.

1. Introduction et cadre de notre questionnement.

L'objectif de ce chapitre est de se poser concrètement la question du besoin de planification pour la ville durable à partir de l'exemple du déploiement des véhicules électriques. Il peut pourtant sembler paradoxal de choisir le cas du véhicule électrique pour aborder la question de la planification. Au contraire l'intuition première est même plutôt que ces nouvelles technologies vont nous permettre de tout changer, c'est-à-dire, dans le domaine qui nous concerne, le problème des externalités environnementales issus des moteurs thermiques, en nous permettant de ne rien changer, c'est-à-dire les modes de vie individuels et les fonctionnements des systèmes urbains. La planification urbaine, pour sa part, cherche à penser en prospective le changement des villes et à formuler des stratégies d'aménagement et d'allocation du sol urbain, en particulier à travers des documents d'urbanisme. Le déploiement des véhicules électriques et hybrides rechargeables (VEVHR) en remplacement de véhicules thermiques ne pose donc pas à priori de question spécifique à la planification spatiale. La relative absence d'analyse de cette question dans la littérature se confirme par la recherche bibliographique présentée ci-dessous (**Encadré 1**). Pourtant, plusieurs arguments incitent à ne pas faire l'économie d'une telle réflexion. D'une part il est clair que les innovations technologiques ne sont pas une solution suffisante pour la mobilité durable. Ne nous faisant parcourir qu'une partie du chemin, elles doivent donc prendre part à des stratégies et combinaisons d'actions, aux côtés de la planification urbaine et des instruments économiques, dans un paradigme de la mobilité renouvelé à l'aune du développement durable (Banister, 2008 ; 2011). D'autre part, elles s'inscrivent de fait dans des villes en mouvement, qui réinterrogent sans cesse leur avenir et elles font partie de cette réinterrogation.

Dans ce chapitre, nous allons montrer que le déploiement des VEVHR pose de réelles questions de planification urbaine et fournit ainsi un exemple particulièrement intéressant pour comprendre le besoin d'une planification stratégique et pour introduire ce travail de thèse. Nous partons de l'idée qu'en verdissant la voiture particulière, synonyme d'externalités environnementales, la technologie électrique (y compris hybride rechargeable) repose la question des stratégies de mobilité visant à inciter à l'usage des transports en communs et à réduire la place de la voiture dans les zones denses.

De plus, il est clair qu'aux politiques de transport en commun sont associées des politiques intercommunales et d'urbanisme qui se trouvent questionnées à leur tour. Est aussi soulevée la question de l'articulation entre les territoires périurbains, où la voiture est largement dominante et où les caractéristiques sont favorables à un équipement en VEVHR (recharge à domicile, deux voitures par ménages), et les territoires denses, où la place de la voiture est questionnée et l'équipement en VE est moins aisé (recharge à domicile plus difficile, davantage de ménages mono-motorisés valorisant l'autonomie d'un véhicule thermique). Par ailleurs nous verrons que le besoin de coordination autour d'une vision stratégique commune se comprend aussi entre l'échelon local, où la question de la mobilité durable prime avec un intérêt particulier pour les transports en commun, et l'échelon national, où la politique industrielle à l'égard de l'industrie automobile joue un rôle. Enfin la coordination doit aussi se construire avec les acteurs privés qui ont un rôle à jouer à la fois en tant que constructeurs mais aussi en tant que fournisseurs de nouveaux services de mobilité pouvant tirer parti de ces nouvelles technologies. L'ensemble de ces questions dessine les enjeux de la planification urbaine contemporaine, où la dimension multi-acteurs publics et privés est particulièrement importante.

Cette réflexion doit s'inscrire dans le courant d'analyse des systèmes sociotechniques. L'automobile représente bien un tel système, composé d'une configuration entre des intérêts politiques, des déterminants économiques, des valeurs culturelles, des infrastructures physiques et des capacités technologiques (Cohen, 2012). Cet assemblage permet une stabilité au système, avec une adéquation entre ses différents composants. On peut noter que des dynamiques sont actuellement à l'œuvre. S'ils ne peuvent annoncer surement une transition sociotechnique du fait d'effets puissants de lock-in, des éléments comme les déclarations fréquentes de « guerre » contre la voiture, les signes de changement dans la mobilité avec un relatif déclin dans la possession et l'usage d'automobile et l'attachement moindre des jeunes générations sont toutefois des « *indications of emergent instability in the contemporary surface transport system* » (Cohen, 2012). Le besoin de la planification stratégique se comprend dans la perspective de porter un nouveau modèle de mobilité locale, une transition du système sociotechnique, qui ne soit pas dans la continuité du modèle actuel de possession individuelle et où les véhicules électriques ne viendraient pas uniquement remplacer des véhicules thermiques. Nous suivons en cela les enseignements de la prospective, qui incite à ne pas considérer l'avenir comme la simple projection du présent. La littérature sociotechnique, pour analyser les possibilités d'une transition, considère largement le cadre théorique développé par Geels (Geels, 2002 ; 2004) et qui distingue trois niveaux. Un niveau micro : la « niche » est le lieu des innovations radicales, car elle est protégée des processus de sélection du marché « normal ». Un niveau méso : les régimes sociotechniques sont des alignements stables d'un certain nombre d'éléments (régulation, infrastructures, pratiques, réseaux, technologie) formant une grammaire. Un niveau macro : le paysage sociotechnique exogène représente les tendances structurelles profondes et l'environnement institutionnel. La transition se conçoit alors comme un ensemble de réalignements progressifs des éléments du régime et du paysage permettant à l'innovation de se déployer (Geels, 2004), « *a structural change in societal system that is the result of a co-evolution of economic, cultural, technological, ecological and institutional developments at different scale levels* » (Loorbach, 2009).

Elle se lit comme un phénomène d'apprentissage où des évènements et des opportunités viennent se greffer à un mouvement d'innovation jusqu'à sa stabilisation dans un régime. Par ailleurs, l'existence de tensions et de problèmes au niveau du régime sociotechnique facilite la sélection de niches et leur incorporation dans le régime. Dans ce phénomène de transition, le rôle de la planification se comprend comme un pont entre ces différents niveaux, axé sur les questions spatiales et stratégiques.

2. Le déploiement de l'électro-mobilité dans une ville en mouvement : un effet systémique de long terme à prendre en compte.

La nécessité de l'articulation entre les politiques de transports collectifs et le changement à la marge de la flotte automobile, c'est-à-dire le remplacement progressif des véhicules thermiques par des véhicules électriques ou hybrides rechargeables, sans changement ni d'usage ni de la mobilité en général, n'apparait pas directement. En effet ce renouvellement peut parfaitement s'inscrire dans le modèle dominant actuel, il n'en serait que le prolongement, passant par un « verdissement » de l'automobile. Le scenario d'électrification des voitures s'inscrit facilement « *into a conventional engineering-led approach to urban transport planning* » observent Driscoll, et al. (2012), et non dans le paradigme de mobilité durable tel que formalisé par Banister (2008). Les auteurs observent que « *Far from representing a break from the existing path dependencies [..], "The Future Is Electric" storyline may mainly serve to reinforce the dominant rationality-governing mobility planning* » (Driscoll, et al, 2012).

On peut en effet imaginer sans difficulté l'arrivée à la marge de véhicules dit bas carbone sur les routes des agglomérations dans les prochaines années, en même temps que le prolongement des politiques de transports collectifs. De cette façon on diminue les émissions sous deux angles simultanément (on favorise le mode le plus efficace énergétiquement, les transports en commun, et on améliore l'efficacité – en tout cas en énergie finale – des voitures). C'est une façon naturelle de penser la situation. Mais c'est en imaginant la massification de ce déploiement à moyen et long terme que l'on fait ressortir une possible contradiction ou un possible paradoxe, comme le note aussi un travail du Certu (Clément-Werny, 2010). En effet la seule stratégie de déploiement de masse à moyen-long terme de VEVHR par simple renouvellement de la flotte, si tant est qu'elle soit effectivement réalisable, impliquerait implicitement la reconduction du modèle actuel de mobilité urbaine et la place de la voiture qui y est réservée, modèle qu'il s'agit justement aujourd'hui de questionner et de renouveler pour tout un ensemble de raisons économiques, sociales, territoriales et environnementales (Conseil d'Analyse Stratégique, 2010). La nécessité d'articulation provient simplement de l'idée que demain n'a aucune raison d'être comme aujourd'hui, et qu'il faut choisir et préparer les changements futurs.

On peut à ce stade faire une analogie avec le secteur électrique. Aujourd'hui le développement à la marge des énergies renouvelables ne pose pas de problème particulier car il s'insère dans le modèle

dominant. Mais si ce développement se massifie jusqu'à atteindre une part significative de la production alors des difficultés apparaissent, d'ordre structurel (forme du réseau de transport et distribution, articulation entre l'intermittence des nouvelles sources et moyens de production de base ayant un impact sur leur fonctionnement technique et, in fine, leur performance économique) et se pose alors la question de la stratégie générale à adopter à long terme. Si on ne voit pas forcément à court terme la nécessité de réfléchir plus en avant à l'articulation entre ces deux types de production, à long terme la réflexion sur le modèle global de production paraît indispensable.
De même, le déploiement significatif des véhicules bas carbone interroge la pertinence de la stratégie globale en termes d'efficacité économique du système mais aussi en termes de forme de réseau. Les problèmes structurels qui peuvent se poser s'ils ne sont pas anticipés, touchent à la forme et au partage du réseau de voirie pour les différentes formes de mobilité, à l'efficacité économique entre des offres qui peuvent se concurrencer mais aussi à l'impact sur la forme du territoire. Le caractère systémique de la ville implique qu'il faille aller au delà d'un scénario d'économie de l'énergie avec simple substitution de technologie pour les véhicules particuliers. Les villes ne sont pas des objets inertes, terrains de jeux impassibles des nouvelles technologies de transport, comme elles pourraient être représentées dans des travaux énergétiques à un niveau macro. Le déploiement des VE se fait dans des villes en mouvement. Il est donc nécessaire de s'intéresser à la question du déploiement des nouveaux véhicules propres et des nouvelles mobilités en prenant davantage le point de vue de la ville. La question de la cohérence de long terme pose une question de planification urbaine.

Cet aspect semble assez peu traité dans la littérature. En effet la littérature s'intéressant à la ville et à la planification ne s'intéresse guère au véhicule électrique alors que la littérature s'intéressant à l'énergie et aux politiques climatiques traite principalement cette question sous l'angle des interactions avec le réseau électrique et des impacts sur celui-ci, de l'efficacité coût et de l'analyse de cycle de vie. Les revues traitant spécifiquement du transport s'intéressent elles aussi beaucoup à la question énergétique, de même qu'à l'analyse du comportement des ménages, futurs acheteurs. La littérature sociotechnique s'intéresse toutefois en partie à cette question en l'abordant à travers une transition de la mobilité, mais ne traite pas directement de planification urbaine (voir par exemple (Nykvist et Whitmarsh, 2008) et (Tunominen et Ahlqvist, 2010)). Des travaux de consultants, en particulier dans le contexte chinois, s'intéressent aussi à cette question du lien entre développement urbain et potentiel de déploiement dans une perspective de prévision de marché automobile (OEEC, 2011 ; McKinsey, 2010 ; Deloitte, 2011). Ce chapitre se veut donc comme une contribution à cette réflexion.

Encadré 1 : recherche bibliographique sur le véhicule électrique

Mot clé testé : Electric vehicle dans l'abstract - **Objectif :** trouver des articles traitant de la question du déploiement des VE dans le cadre de la mobilité locale et des politiques urbaines, avec une perspective de planification et non une perspective technologique et énergétique – *Cette bibliographie est donc non exhaustive car d'autres articles pourraient traiter cette question sans néanmoins être référencés de cette manière.*

Environment and planning (A, B, C, D) : une dizaine d'article, traitant principalement de questions industrielles.

Urban Studies : aucun article avec Electric vehicle dans l'abstract

SAGE (ensemble des revues Urban studies) : 4 articles traitant principalement du développement industriel, ou du rechargement.

Taylor&Francis (ensemble des revues Urban studies et Geography) : 20 articles mais 2 seulement traitant de l'articulation entre mobilité électrique et modèles actuels de mobilité, (les autres traitant principalement des questions de réseaux énergétiques-recharge/enquête ménage/développement de la technologie/efficacité environnementale de la technologie)

JSTOR (revues de géographie et de transport) : 2 articles mais ne traitant pas cette question (abattement et modèle d'utilisation).

Science Direct : social sciences et environmental sciences

> Transportation research A, B, C, D et Transport Policy : 100 articles dont environ 1/5 s'intéressant à la question à partir de modèle/scénario énergétique globaux ou de la recharge : il s'agit de s'intéresser à l'impact et au condition de déploiement à partie de la question énergétique ; 2/5 s'intéressant à la perception des ménages, les caractéristiques des possibles acheteurs, les retours d'expériences… ; 2/5 s'intéressant aux analyses des coûts, des cycles de vie, de l'efficacité énergétique des véhicules. 1 seul article se pose la question la question du déploiement dans le cadre de la mobilité locale, y compris transport en commun.

> Energy Policy : une centaine d'article, on retrouve les mêmes thèmes, avec une prédilection sur la question des impacts sur les marchés/réseaux énergétiques et des potentiels en termes de réductions des émissions/consommations énergétique.

3. Un besoin de coordination entre politiques locales de mobilité et politiques industrielles nationales.

Dans les agglomérations françaises, la réflexion sur la ville de demain et la mobilité urbaine s'inscrit dans la lignée des politiques des dix dernières années qui ont agit en faveur d'une augmentation de l'usage des transports en commun et des modes doux et d'une stabilisation voire d'une baisse de l'usage de la voiture. Les Plan de déplacements urbains[3], institués par la loi LOTI (1982), et renforcés par les lois Laure (1996) et Solidarité Renouvellement Urbain (SRU) (2000) ont d'ailleurs explicitement pour rôle d'assurer, entre autres, « la diminution du trafic automobile » et le « développement des transports collectifs » sur leur périmètre. Les objectifs poursuivis sont de diminuer les externalités négatives provenant des voitures en milieu urbain (bruit, congestion, espace consommé), de requalifier les zones urbaines denses (Faivre d'Arcier, 2008), et ce d'autant plus que le phénomène d'étalement urbain s'est souvent doublé d'une perte d'attractivité des centres urbains, de réduire les impacts environnementaux de la mobilité urbaine (polluants locaux et gaz à effet de serre) et de réaffirmer la fonction sociale du transport en commun (Faivre d'Arcier, 2008). Cette vision de la mobilité va de pair avec des principes d'urbanisme (loi SRU) favorisant la reconstruction de la ville sur elle-même et le renouvellement urbain. Cette ambition de développer les transports en commun a été renforcée par le Grenelle avec l'objectif de construire 1500 kilomètres supplémentaires de transport en commun en site propre en 15 ans, objectif très ambitieux qui ne sera probablement pas atteint

[3] Obligatoire pour les Périmètres de transport urbains des agglomérations de plus de 100000 habitants

(Réseau Action Climat, 2010 et Certu, 2010a)[4] en partie du fait des contraintes financières (Certu, 2010b) mais qui est néanmoins soutenu par les investissements de l'Etat (800M€ entre 2009 et 2011)[5].

Dans le même temps, l'Etat a aussi des objectifs ambitieux concernant le développement des véhicules électriques et hybrides rechargeables avec un objectif annoncé de 2 millions de véhicules électriques et hybrides rechargeables sur les routes françaises en 2020 (Plan national du 1er octobre 2009) et près d'un milliard d'euros de soutien pour la recherche et la production par des prêts bonifiés et des subventions (Michaud, 2010). Le plan national prévoit aussi l'acquisition par l'Etat et les grandes entreprises privées de 100 000 véhicules électriques d'ici à 2015, et le maintien jusqu'en 2012 du super bonus (5000 euros) pour l'achat d'un véhicule émettant moins de 60g de CO_2/km. L'Etat a aussi signé une charte tripartite avec les constructeurs et les collectivités locales avec comme engagements : pour les constructeurs à commercialiser 60 000 véhicules en 2011-2012 sur le marché français, pour les collectivités à « mettre en œuvre le déploiement d'infrastructure de recharge publique dès 2011, si les conditions techniques et réglementaires suffisantes sont réunies », pour l'Etat à préciser les modalités de soutien au travers du Grand emprunt, recueillir et partager les connaissances en matière de modèles économiques, rassembler toutes les informations pertinentes dans un livre vert et pour les constructeurs à commercialiser les véhicules nécessaires. Le livret vert a été publié en avril 2011, il rappelle l'importance du déploiement des VEVHR pour les politiques de réductions des émissions de gaz à effet de serre et vise à servir de guide pour les collectivités locales pour la mise en place des infrastructures de recharge dans les espaces publics, qui est de leur responsabilité. Il contient un volet technique présentant les différentes technologies pour la recharge et les recommandations de l'Etat, et un volet économique et juridique, s'intéressant aux modèles économiques disponibles et aux conditions de leur mise en place. Le livre vert a bien un aspect planification, mais il ne concerne que l'organisation du déploiement des infrastructures de recharge. Il mentionne toutefois, dans les conditions à satisfaire pour obtenir le soutien financier de l'Etat, le besoin de cohérence avec « les autres enjeux de mobilité et d'aménagement à l'échelle de la ville ou de l'agglomération (transports en commun, auto-partage ou libre-service, parkings mutualisés...) ». Le Plan Automobile (Ministère du redressement productif et ministère du travail, 2012), présenté par les ministres A.Montebourg et M.Sapin, confirme ces orientations (en particulier le Bonus) et poursuit la démarche de l'Etat. Ce plan est clairement dans le registre de la politique industrielle (comme la nature des deux ministères le laissait présager), la question de la mobilité, en particulier urbaine, n'est pas vraiment associée à la réflexion stratégique.

[4] Pour des chiffres sur le développement des TCSP entre 1990 et 2015 voir (Certu, 2010a, p15).

[5] http://www.side.developpement-durable.gouv.fr/userfiles/Memento_des_maires_v_integrale-1.pdf, visité la dernière fois le 22/06/2013

Encadré 2 : véhicules électriques, hybrides et hybrides rechargeables

Les **véhicules hybrides** (type Toyota Prius) fonctionnent uniquement avec l'énergie issue du carburant, le moteur électrique n'est là que pour lisser l'utilisation dans les situations où il est plus pertinent que le moteur thermique. Nous les rangeons donc dans la catégorie des véhicules thermiques dans notre travail.

Désignés ci-après par VEVHR. Les véhicules électriques fonctionnement uniquement à partir de l'énergie accumulée dans leurs batteries. Les véhicules hybrides rechargeables (type Toyota Prius III) combinent un moteur électrique et une petite batterie (1.3 kWh), avec un moteur thermique et un réservoir d'essence. Pour les trajets quotidiens courts (20 km), la batterie peut suffire, en cas de déplacements plus longs ou d'accélérations plus importantes le moteur thermique intervient pour recharger la batterie ou assister le moteur électrique. Le véhicule est donc adaptable aux diverses besoins de l'automobiliste. Le surcoût provient principalement de la technologie à mettre en œuvre pour gérer les deux modes de propulsion et de l'optimisation du moteur thermique et du poids.

Les véhicules à extension d'autonomie, type Opel Ampera ou Chevrolet Volt, ont une autonomie plus grande en électrique (40-60 km) ce qui implique un poids plus important des batteries (environ 16 kWh et 200 kg) et donc un coût plus élevé. Au-delà, un petit moteur électrique intervient pour recharger la batterie. On les appelle donc « à extension d'autonomie » car ils sont davantage présentés comme des voitures purement électriques que les hybrides rechargeables, avec le petit moteur thermique en plus pour recharger. Dans le cas de ces deux modèles, en cas de fortes accélérations le moteur thermique est utilisé directement pour la propulsion. L'enjeu pour ces types de véhicules est de pouvoir reposer sur un moteur thermique parfaitement optimisé pour l'usage de recharge de batterie qui en sera fait. Dans ces conditions, des grandes performances peuvent être atteintes. Le surcoût est lié au coût de la batterie, mais aussi à la gestion de l'énergie et des modes de propulsion.

Le soutien de cette filière vise à la fois des objectifs de politique climatique et des objectifs de politique industrielle dans un contexte où le secteur automobile a été fortement touché par la crise. La mobilité locale n'est pas de la compétence de l'Etat mais de celle des collectivités locales. Il est clair qu'existe une tentation de mettre en avant la question industrielle, au détriment de la question de la mobilité. Cela est aussi valable en Europe, où Driscoll, et al. (2012) observent que certains pays ont souhaité donner un haut niveau de priorité à la politique de soutien à la filière des véhicules électriques (dont la France), trop en comparaison des autres options de mobilité durable pour d'autres pays qui s'y sont opposés. La focalisation sur la technologie représente le risque de se détourner des autres problématiques à traiter (Driscoll, et al., 2012).

Par conséquent il peut exister une friction entre les injonctions nationales, via les lois SRU, Laure et Loti, à réduire le trafic automobile et développer les transports collectifs et l'objectif actuel de développer une industrie de pointe qui vendrait en masse des véhicules bas carbone sans trop se soucier des politiques de mobilité locale. Pour illustration de ces frictions, la tribune écrite par E.Quiquet, élu vert de Lille-Métropole en charge de la mobilité, (Quiquet, 2012), titrée «le Plan Montebourg pour produire plus de voiture est dépassé », est emblématique. Dans cette tribune, il confronte politiques locales en faveur des transports en commun, changement des mobilités et stratégies industrielles. Pour cet élu, il est logique que les ventes de voitures plafonnent ou se réduisent en France : les politiques locales visent à réduire la place de la voiture et des changements sociologiques sont à l'œuvre, relativisant pour les populations jeunes l'importance d'investir dans une voiture. Il replace ainsi la voiture dans un schéma d'ensemble de la mobilité locale, comme un outil

pouvant reposer sur d'autres mécanismes d'utilisation (autopartage, covoiturage). Cela constitue selon lui un autre type de modèle économique et industriel qui serait favorable à la France, non principalement basé sur la consommation en masse de nouveaux véhicules, comme cela semble être le cas dans la stratégie du Plan Automobile. Nous avons pu vérifier que ce besoin de coordination entre le modèle de mobilité urbaine tel qu'il est tenté d'être mis en place depuis 10 ans par les collectivités locales et la volonté de déploiement des véhicules électriques provenant du pouvoir national, est clairement ressentie par certains techniciens de collectivités locales[6]. Au final, ces quelques éléments illustrent l'importance d'un instrument permettant de coordonner les directions prises par l'Etat et par les collectivités locales dans le champ de la mobilité durable.

4. Se partager l'espace urbain et construire la ville durable : un besoin de planification.

4.1 Une question d'aménagement.

4.1.1 Le partage de la voirie.

La ville est un lieu de concentration de populations et d'activités, elle se définit donc par une certaine rareté de l'espace. Il existe en particulier une concurrence entre les différents modes de transport pour l'usage de la voirie. Or ce qu'on observe dans les dernières tendances, c'est que dans les zones denses, les logiques d'aménagement ont une tendance à libérer de la place sur la voirie pour les modes doux (pistes cyclables, trottoirs plus larges) et les transports en commun. Cela rentre en contradiction avec la nécessité de conserver de la voirie pour un flux identique ou supérieur de véhicules et pour des zones de recharge. La place physique de la voiture n'est pas forcément conservée dans tous les projets de réaménagement de voirie. L'investissement dans les tramways ou les bus à haut niveau de service (BHNS)[7], en particulier lorsqu'il se réalise sur des axes structurants, prive la voiture d'un espace important pour l'efficacité du réseau. La question du déploiement des VEVHR se pose donc dans un contexte où l'on réduit progressivement la place de la voiture en ville, à la fois pour réduire les externalités que celle-ci génère mais aussi pour améliorer l'efficacité du réseau de transport en commun. Il s'agit donc de se poser la question en prospective de la place des différents modes.

Le partage de la voirie peut par exemple être réalisé par l'intermédiaire d'un outil économique comme le péage urbain. Ce péage peut prendre différentes formes (nous le détaillerons dans le chapitre 6), représentant diverses stratégies de partage de l'espace urbain et d'incitation pour les ménages. Dans la perspective de sa mise en place, un choix stratégique se poserait, révélateur de la place que l'on souhaiterait laisser aux véhicules thermiques et électriques. Le péage est une bonne illustration d'un

[6] Entretiens de l'auteur avec des acteurs des agglomérations de Rennes et Grenoble, qui font parties des villes pilotes pour les infrastructures de recharge.
[7] Ligne de bus disposant d'infrastructures (sites propres, stations adaptés, priorité aux feux) permettant d'améliorer sa performance.

dispositif dont la mise en place nécessiterait l'existence d'une stratégie claire et partagée sur la place de l'électro-mobilité en ville.

Les Péages urbains	Résidents + Entrants	Entrants
Payant pour toutes les voitures	Zone	Cordon
Payant uniquement pour les voitures thermiques	Incitation à l'équipement en VE de l'ensemble de la population	Incitation surtout pour les habitants du périurbain

Tableau 1 : les différentes formes de péage urbain

La gestion du partage de la voirie sur le long terme par la planification est donc essentielle : il s'agit de construire une continuité dans les choix publics afin de ne pas défaire l'aménagement réalisé quelques années auparavant mais aussi pour produire une stratégie d'incitation efficace pour les populations.

4.1.2 Quelle stratégie pour les places de stationnement ?

Cette question de l'aménagement de la voirie interagit fortement avec la problématique du stationnement. On sait que le niveau d'accès à des places de stationnement agit fortement sur les choix modaux et donc sur les formes de mobilité urbaine (Certu, 2009) (Rennes et Orfeuil, 1998). Par ailleurs, le stationnement sur voirie peut participer à une stratégie d'incitation à l'équipement en véhicule électrique, soit en leur donnant un tarif préférentiel, soit en leur réservant des places. Cette problématique du stationnement a été mise en avant par la loi SRU qui a renforcé et précisé le contenu du PDU sur ce thème, en lien avec ses objectifs généraux de réduire le trafic automobile et de favoriser les modes doux et les transports en commun. Cela donne aussi la capacité de mettre des normes plafonds pour le stationnement privé dans les quartiers bien desservis (Certu, 2003). Ainsi pour l'opération d'aménagement d'un nouveau quartier dans une agglomération, se pose la question de la quantité de places de parkings à proposer.

- On peut prévoir moins d'une place par appartement (comme pour les immeubles anciens n'ayant pas de parking) dans le cas où l'on veut favoriser les transports en commun et les modes doux, où le quartier est bien relié au reste de l'agglomération et où l'on souhaite libérer de l'espace pour des zones collectives type square rendant ainsi plus agréable et plus acceptable une certaine densité de population.
- On peut aussi prévoir de manière plus traditionnelle une place ou plus par appartement, car cela reste plus facile et plus vendeur pour les promoteurs et les futurs résidents.
- On pourra aussi considérer l'hypothèse d'équipement en véhicule propre, équipement qui justifiera cet aménagement vis-à-vis des objectifs de développement durable. Pourtant il restera une incertitude sur la réalisation effective chez les ménages de cet équipement, d'autant plus si on considère une capacité financière hétérogène des ménages.
- On pourra enfin prévoir la mutualisation des places de stationnement, (entre offres privés mais aussi en complémentarité avec l'offre publique), c'est-à-dire la limitation de l'offre de places en

créant des parkings répondant aux besoins complémentaires de plusieurs projets. Cela permettrait d'optimiser les coûts, de faire des gains d'espace, mais aussi de limiter l'usage de la voiture (Certu, 2010d) et de faciliter l'auto-partage.

Il se pose aussi des questions de stationnement pour les parkings des grandes surfaces : ceux-ci sont à la fois remis en cause par une évolution vers des magasins de proximité et par l'emprise foncière importante qu'elles représentent dans des zones bien desservies (Legrelle et Douce, 2013), et désirés pour leur potentiel d'espace de recharge avec par exemple le partenariat entre Renault et Leclerc[8].

On voit que le choix entre ces différentes options dépendra de la vision globale de la mobilité de l'agglomération, et de l'équilibre à trouver entre transport collectif et voiture électrique (et suivant l'usage de celle-ci). Ces choix sont très structurants pour l'avenir, les places de parking, d'autant plus quand elles sont souterraines, étant coûteuses et difficilement mutables. D'où la nécessité d'une stratégie permettant d'arbitrer entre ces différences options de manière cohérente dans la ville.

4.1.3 La planification des infrastructures de recharge.

La mise en place des infrastructures de recharge, ce nouveau type de station-service, pose des questions complexes aux collectivités locales, qui se sont vu confier cette compétence. Il s'agit de comprendre comment organiser la distribution spatiale et l'intensité des recharges : quels lieux pour quelle vitesse de recharge et quelle quantité de stations ? Le travail mené dans le livre vert (Nègre, 2011) pose des questions de prospective de déploiement des VE sur le territoire et sur les modes d'utilisation de ces véhicules et habitudes de recharge. Trois niveaux de recharge se dégagent et répondent à des besoins différents, une recharge rapide (42kVA, continu et alternatif) qui permet de recharger 80% d'une batterie de 25kWh en 25 min pour des frais d'établissement complet (raccordement, génie civil, matériel) d'environ 55k€ selon le livre vert (Nègre, 2011) ; une recharge accélérée (22kVA et 3kVA) pour une recharge en 1 heure et un coût de 8k€ ; enfin une recharge lente (3kVA) qui permet de recharger en 8-10 heures pour un coût de 5k€. La forte croissance des coûts avec la puissance incite à privilégier ces dernières (Nègre, 2011). Les recharges puissantes doivent être d'appoint, davantage là pour rassurer l'utilisateur potentiel que pour une utilisation régulière. Quant aux recharges lentes, elles sont destinées à ceux qui utilisent un stationnement public la nuit pour leur véhicule. La demande pour un rechargement quotidien sur l'espace public est bien l'élément clé de la planification publique car pour les ménages disposant d'un stationnement privé (environ 70% selon l'enquête Enquête Nationale Transport Déplacements, CGDD, 2011b), la mise en place de l'infrastructure leur revient. Il s'agit donc d'identifier les lieux où ce besoin sur le domaine public existera.

Se pose ensuite des questions de montage pour la mise en place de cette infrastructure et du modèle économique. Le livre vert présente ainsi un certain nombre de solutions économico-juridiques pour les collectivités, suivant les cas. Par exemple la mise en place de ces infrastructures pourra se faire par l'intermédiaire des délégations de service public existantes pour les zones de stationnement public gérées par un concessionnaire ; par l'intermédiaires de PPP pour des stationnements publics ou

[8] http://www.renault-ze.com/fr-fr/partenariat-leclerc-3362.html page visitée la dernière fois le 23/06/2013

privés ; par l'intermédiaire d'une Société Publique Locale enfin, pouvant regrouper plusieurs collectivités et traitant l'ensemble de la chaine (financement, développement, propriété) (Nègre, 2011). Enfin il y a une interaction avec le réseau électrique à considérer. Il faut s'assurer que les besoins des stations de recharge soient cohérents avec les possibilités du réseau de distribution. Les recharges rapides demandent des puissances considérables qu'il s'agit de savoir gérer. La perspective de mise en place de smart grids nécessite un travail particulier sur une innovation posant d'importantes difficultés techniques et de coordination entre acteurs.

Au final, le rapport Nègre considère que pour une agglomération de 500 000 habitants (hypothèse de 3300 véhicules rechargeables), devront être déployées en 2015 environ 660 bornes de recharge sur la voirie et les parkings publics qui seront utilisés en recharge principale par les utilisateurs. En termes de recharge secondaire, 170 recharges normales, 70 bornes de recharges accélérées (22kVA) et 10 bornes de recharges rapides sont prévus. Concernant le coût à faire peser sur l'utilisateur d'une recharge sur l'espace public, le rapport Nègre considère qu'on ne peut pas lui faire supporter le coût complet, cela fragiliserait la dynamique d'émergence du véhicule électrique. Il s'agit donc de faire en sorte que le coût de la recharge normale (3kVA) soit le même que celui effectué en stationnement privé (environ 30c€ pour 1 heure). Glachant, Thibault et Faucheux (2011) contestent la rationalité économique de ces choix. D'une part, étant donné que la recharge sur le domaine public coûte 10 fois plus cher que celle sur le domaine privé, il ne faudrait pas déployer de charges lentes sur la voirie. Les potentiels utilisateurs, c'est-à-dire ceux ne disposant pas de stationnement privé, ne pourront ainsi pas s'équiper de véhicules rechargeables, mais ils sont peu nombreux (20% des ménages pour l'agglomération considérée par le livre vert, 30% au niveau national). Par ailleurs, Glachant, et al. (2011) considèrent qu'il est nécessaire de faire supporter le coût complet aux utilisateurs, afin de leur envoyer les signaux corrects sur les coûts supportés par la collectivité (en particulier avec une gradation suivant le niveau de puissance). Ces auteurs soulignent qu'il existe d'autres outils d'incitation à l'équipement en véhicule rechargeable, comme la subvention à l'achat. Plus largement, leur travail met en avant une méthode d'analyse économique pour dimensionner l'offre de recharge accélérée et rapide, en particulier en évaluant le consentement à payer des ménages pour ce service (qui n'est pour le moment pas connu). Vu le coût des recharges accélérées et rapides, il faut en limiter fortement le nombre, ainsi seules les bornes ayant un coût inférieur à l'utilité retirée par les ménages devront être installées (Glachant, et al., 2011). Pour mener à bien cette analyse, il faut pouvoir reposer sur une prospective suffisamment précise des futurs ménages équipés.

L'organisation de ce monopole naturel qu'est la recharge publique pose donc des questions de planification à plusieurs égards. Il ne s'agissait pas ici d'apporter des solutions mais bien de souligner les défis d'une action publique dans ce domaine. Celle-ci nécessite de structurer une réflexion spatiale sur le déploiement, de moyen et long terme en lien avec la diffusion des véhicules rechargeables, en y associant différents acteurs privés en charge de la mise en place et la gestion des bornes de recharges, ainsi que de la fourniture d'électricité. Cette réflexion devrait être structurée autour d'une stratégie de mobilité. Celle-ci permettrait de définir les zones de stationnement vouées à évoluer et qui ne pourraient pas recevoir de bornes, plus largement de quartiers évoluant vers une place réduite des voitures du fait d'investissements dans les transports en commun. Elle permettrait aussi de se fixer des objectifs de déploiement des véhicules rechargeables permettant ainsi d'arbitrer sur le point

identifié par Glachant, et al., (2011) : vise-t-on l'équipement des ménages ne disposant pas de stationnement privé ? Ces différents points sont à analyser de manière différenciée suivant la stratégie possible de régulation de la circulation automobile : si des restrictions venaient toucher les utilisateurs de véhicules thermiques, alors des questions d'équité pourraient être soulevées concernant la disponibilité de recharges principales pour les ménages n'ayant pas de stationnement privé. Enfin, la stratégie à l'œuvre dans la définition du nombre de place de stationnement privé dans les nouveaux projets d'urbanisme prend un sens particulier à partir de cette discussion et devrait y être associée.

4.2 Les transports pour « construire » la ville durable.

4.2.1 Le transport pour construire l'intercommunalité.

Les liens entre les collectivités locales et les politiques de transport en commun ne se limitent pas à une incitation législative via les PDU. Les politiques de transport, et les mises en place de transport en site propre (TCSP) en particulier, ont été des « faiseurs d'intercommunalité » (Wiel, 2009). La construction de la conscience du territoire commun de l'intercommunalité est passée par les projets emblématiques de TCSP, leur réussite a été la marque d'une transition vers un pouvoir local partagé à l'échelle plus large de l'intercommunalité. Symboliquement, les politiques de transport collectifs seraient constitutives du pouvoir de l'intercommunalité, un point central de la coopération intercommunale dans son ensemble. Novarina explique par exemple dans le cas de Grenoble la place importante qu'a eu l'exercice de sa responsabilité pour les politiques de transport dans l'effort d'affirmation du pouvoir politique émergent de la Métro face aux autres interlocuteurs politiques locaux, départementaux ou nationaux (Novarina, 2011). Pflieger, et al. (2009) ajoutent que le tramway a constitué un outil de négociation entre le centre de l'agglomération et sa périphérie. D'un point de vue fiscal, il faut aussi considérer le fait que le versement transport constitue une incitation à la collaboration locale (existence d'un taux croissant[9] avec la taille de l'intercommunalité). Enfin, à travers les tarifs des transports en commun, c'est aussi un des premiers leviers d'action sociale à la disposition de l'agglomération, composante qui reste très importante dans l'esprit des élus[10]. Ce lien entre intercommunalité et transport collectif est d'autant plus fort qu'aujourd'hui l'autorité organisatrice des transports[11] n'est plus seulement un « gestionnaire de trafic », il est aussi de plus en plus un organe intégrateur des questions de mobilité au sens large et d'urbanisme (Gallez et Menerault, 2005).

[9] Le versement transport est une taxe payée par les entreprises présentes sur le périmètre des transports urbains pour financer les transports en commun, voir les articles L2333-64 du code des collectivités : http://www.legifrance.gouv.fr/affichCode.do?idSectionTA=LEGISCTA000006181011&cidTexte=LEGITEXT000006070633&dateTexte=vig

[10] Sondage réalisé dans l'étude du Let, (Faivre d'arcier, 2008)

[11] L'autorité organisatrice des transports est soit une collectivité publique, un groupement de collectivités ou un établissement public, compétent, directement ou par délégation, pour l'institution et l'organisation d'un service public de transport terrestre régulier de personnes à vocation non touristique.

4.2.2 Le transport pour construire l'espace urbain.

La loi SRU a mis l'accent sur le renouvellement urbain, or les politiques de requalification de quartiers dégradés passent souvent par un investissement par les transports en commun, cela a été le cas à Grenoble dès les années 80 (Pflieger, et al., 2009). A Grenoble toujours, le lancement des ZAC de St Martin d'Hères, sur des zones un peu déconnectées du reste de la ville, s'est fait en coordination avec la mise en place de la ligne D de tramway. L'infrastructure de transport peut ainsi être un outil de structuration urbaine permettant de réinsérer des quartiers ou des morceaux de ville dans l'agglomération en apportant accessibilité mais aussi dynamisme pour la mise en place de projets de développement urbain par exemple à partir de friches industrielles.

Les exemples de contrats d'axes sont révélateurs de cet usage du transport en commun pour construire la ville[12]. Les contrats d'axes sont des outils de co-construction d'une politique d'aménagement autour d'un nouveau TCSP visant à « mettre en cohérence opérationnelle » les différents acteurs impliqués (communes, AOTU, agglomération, Agence d'urbanisme) ainsi que les documents d'urbanisme et d'organisation des transports, afin de faciliter l'articulation transport-usage des sols. Ils doivent favoriser l'émergence de projets urbains qui soient cohérents avec les différents documents d'urbanisme et qui permettent, par une assurance de fréquentation, de soulager les contraintes financières de développement d'infrastructures de transport en commun. Le contrat d'axe démontre le changement de perception sur le développement des infrastructures de transport, qui n'est plus simplement une réponse à la demande de mobilité mais une partie d'un projet urbain plus large, et qui de cette manière, oriente et stimule la demande de mobilité. Il démontre aussi que l'autorité organisatrice des transports souhaite réellement intégrer une composante d'urbanisme à son activité, et elle le fait au sein des contrats d'axe par un travail d'acculturation de ses équipes. Enfin, le contrat d'axe a permis de faire comprendre à des communes qui se considéraient comme des « petites communes de campagne » (Blais et Maur, 2011) qu'elles étaient en fait « urbaines » du fait de leur proximité de Grenoble et de l'arrivée du tramway.

Les transports collectifs sont donc profondément enchâssés dans les politiques de développement durable touchant à la mobilité et à l'urbanisme. C'est un domaine dans lequel l'intercommunalité peut agir, et se construire une légitimité politique. Le transport collectif est aussi pensé comme un outil permettant de construire ou reconstruire la ville. Or il est clair que la voiture individuelle n'est pas ou plus pensée de cette façon. Il semble que sa contribution à la fabrication de la ville de demain reste à écrire et que les villes ont à se réapproprier les usages de la voiture dans son projet urbain.

L'ensemble des liens entre pratiques locales et transport public forme un paradigme de pensée structurant (Orfeuil et Massot, 2007)[13] quant à la pratique des collectivités locales, dans lequel ne s'intègre pas forcément facilement le déploiement de véhicules bas carbone. Ainsi une contradiction claire est ressentie par certains techniciens de collectivités locales entre le modèle de mobilité urbaine tel qu'il est tenté d'être mis en place depuis 10 ans par les collectivités locales et la volonté de

[12] Voir (Certu, 2010c), (Blais et Maür, 2011) (Jourdan, 2010)

[13] « ville compacte, ville à portée de main, reconstruction de la ville sur elle-même,[…] place aux modes doux et partage de la voirie, cohérence entre urbanisme et transport (public) font aujourd'hui partie d'une culture commune, non seulement en France mais dans la plupart des pays européens »

déploiement des véhicules électriques provenant du pouvoir national. Ces tensions dans l'exercice locale d'intégration de cette nouvelle injonction nationale est symptomatique des frictions entre ces deux visions comme la tribune citée précédemment en est une illustration. Cela confirme la nécessité d'un travail d'articulation entre les deux cadres de pensée, l'un national et de politique industrielle, l'autre local davantage centré sur la mobilité et les politiques transport-urbanisme. **C'est un enjeu pour la planification stratégique et la prospective.**

4.3 Les incitations et l'articulation entre territoires.

4.3.1 Quels signaux proposer aux habitants des agglomérations ?

Le déploiement des nouvelles technologies dans l'automobile passe par un certain nombre d'incitations. On peut en identifier à l'échelle nationale, avec le bonus-malus et les subventions à l'achat. Mais elles existent aussi au niveau local : nous avons déjà identifié le fait que le stationnement ou un péage urbain peuvent constituer un autre type d'incitation à l'échelle urbaine. Il y a aussi un ensemble plus diffus, lié à la vision que l'on se fait de l'avenir de la ville, qui incorpore un ensemble de signaux et joue un rôle d'incitation ou de désincitation. Se pose alors la question de la cohérence des d'ensemble. C'est le rôle de la planification que de gérer cette cohérence, de réduire les incertitudes, afin que l'ensemble des choix s'oriente dans une même direction.

Dans les agglomérations nous pouvons nous interroger sur la compatibilité entre le système d'incitation nécessaire pour atteindre un objectif de baisse de l'usage de la voiture et du taux de motorisation et de hausse de l'usage des autres modes, et celui nécessaire pour atteindre l'objectif de déploiement des VEVHR par un investissement privé. En effet, si l'on souhaite inciter les ménages à s'équiper de VEVHR, ce qui implique un effort financier de leur part, il serait nécessaire d'activer un ensemble de régulations en faveur des voitures particulières (partage de la voirie, péage, stationnement…) et de signaux sur le fait que cette stratégie sera tenue dans la durée par la collectivité. On éliminerait ainsi d'entrée une stratégie de réduction de la place de la voiture dans la ville et un report massif sur les transports en commun. Si au contraire l'on souhaite développer fortement les modes alternatifs, il faudrait les favoriser dans le partage de l'espace et donner des signaux clairs sur la poursuite de cette politique. Ce contexte de réduction progressive de la place de la voiture dans leur cadre de vie rendrait hypothétique un choix d'investissement d'un grand nombre de ménages dans un véhicule onéreux à l'achat. Si l'on suit ce raisonnement, il semble délicat de trouver un jeu d'incitations permettant conjointement d'orienter largement les ménages vers les transports en commun et vers l'équipement en nouvelles technologies automobile. Cela incite à penser que les nouvelles technologies prendraient leur sens dans le cadre de nouveaux systèmes de mobilité, renouvelant un système aujourd'hui basé sur la possession de sa voiture et proposant une autre forme d'articulation avec les transports en commun.

4.3.2 Les questions à l'échelle des aires urbaines.

Mais la question du déploiement des VEVHR ne se limite bien évidemment pas à l'agglomération et s'inscrit plus largement à l'échelle des aires urbaines, c'est-à-dire incluant des zones périurbaines voire rurales. Et à cette échelle se pose la question de l'étalement urbain, qu'il faut éviter ; et de la

dynamique de hausse des kilomètres parcourus, qu'il faudrait inverser ; de la dépendance de la voiture, qu'il faudrait limiter. Le Schéma de cohérence territoriale (SCOT) de Grenoble propose par exemple un ensemble de préconisations et mesures allant dans la direction d'une baisse de la mobilité en véhicules particuliers : réduction des vitesses sur autoroutes, rééquilibrage de l'offre de commerce entre territoires centraux et périphériques, limitation de l'offre commerciale type Hyper ou Supermarché en périphérie des zones denses, renforcement des pôles urbains. Toutes ces mesures favorisent un fonctionnement de proximité et donc une place moins importante de la voiture individuelle. Comme dans d'autres territoires, la volonté de limiter l'étalement urbain est très présente, du fait de son impact environnemental en termes d'émissions, mais pas seulement. Ce sont aussi des enjeux d'aménagement du territoire (gestion des zones naturelles et agricoles) et d'accessibilité aux différents services qui sont mis en avant. **Or si les véhicules bas carbone semblent résoudre la question des polluants, ils laissent entières les autres questions, dont la planification territoriale a la charge**. Pour le dire autrement « l'électrification ne résoudra pas seule les problèmes liés à l'étalement urbain et à la dépendance automobile » (Clément-Werny, 2010). Elle pourrait même renforcer les questions d'exclusion. En effet des populations seront probablement exclues de l'électrification du fait de l'investissement important que cela représente. Et cela posera des problèmes d'équité si des mesures incitatives sont mises en place pour les VEVHR, que ce soit par les places de stationnement, un péage urbain ou des voies spéciales sur l'autoroute. On peut aussi redouter le fait que le déploiement de véhicules ayant un coût d'usage plus modéré puisse favoriser un étalement encore plus lointain. Aujourd'hui le coût d'usage modéré apparait comme un des arguments principaux pour l'adoption de ces véhicules (ce qui incite aussi le livre Vert à ne pas vouloir répercuter le coût réel des rechargements sur voie publiques). En effet le passage d'un carburant fossile très taxé à une électricité plus faiblement taxée conduit à un coût d'utilisation plus faible (environ 0.03€/km pour un véhicule électrique, contre environ 0.08€ pour un véhicule thermique si l'on ne compte que le carburant)[14]. Or tant la théorie que les expériences passées indiquent que la réduction du coût complet de l'usage de la voiture (coût monétaire par amélioration de l'efficacité des voitures ou coût temporel par augmentation des vitesses) est un des facteurs favorisant à l'étalement urbain. Cela pourrait donc avoir pour effet de long terme de favoriser des choix de localisation contraire à la logique des stratégies urbaines poursuivies aujourd'hui. L'effet rebond en termes d'utilisation est une des raisons incitant à interroger le déploiement véhicule électrique sous une perspective de *planning*, c'est-à-dire en considérant les autres composantes de la ville, ainsi que les incertitudes (en particulier technologiques) (Wee, Maat et De Bont, 2012).

4.3.3 Quelle articulation entre territoires ?

Aujourd'hui la mobilité est surtout planifiée à l'échelle des agglomérations, qui est le périmètre des PDU. Le SCOT vise à produire une cohérence à l'échelle de l'aire urbaine en proposant une stratégie articulant transport et urbanisme, et les PDU doivent être compatibles avec ce document. La question de l'articulation entre territoires périurbains et zones denses d'un point de vue de la mobilité est importante mais elle n'est pas aisée dans la structure institutionnelle actuelle et constitue un défi pour

[14] Calculs de l'auteur.

les SCOT. Par exemple les réflexions récentes sur les péages urbains ont relancé les discussions sur le caractère équitable d'une taxation de ménages du périurbain dépendants de la voiture afin de réduire les pollutions dans la ville centre, montrant la difficulté à trouver une solution acceptable.

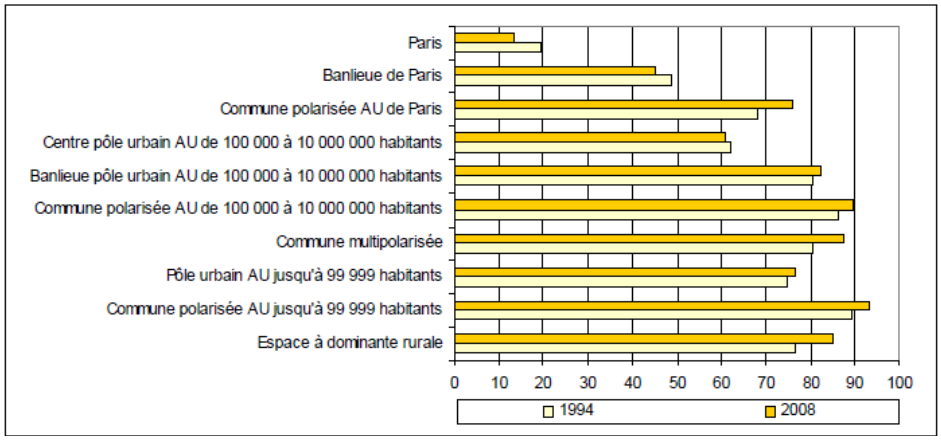
Dans le périurbain, la voiture est largement dominante en termes de déplacements (voir **Figure 1**) et les caractéristiques sont favorables à un équipement en VE et VHR : possibilité de recharge à domicile, deux voitures par ménage et donc possibilité de s'équiper d'une voiture électrique et de conserver l'autre pour des distances plus grandes. Dans les territoires denses, la place de la voiture est questionnée et l'équipement en VE est moins aisé : la recharge à domicile[15] est plus difficile du fait soit de l'absence d'une place de stationnement, soit d'une situation de parking en copropriété (où la mise en place de l'équipement pose davantage de difficultés), il y a aussi davantage de ménages mono-motorisés (voir **Tableau 2**), qui valorisent l'autonomie d'un véhicule thermique.

Tableau 2 : nombre de voitures possédées suivant le lieu d'habitation

EMD 2010, région grenobloise	Véhicules possédés pour 100 habitants
Grenoble	42
Reste agglomération	54
Région urbaine hors agglomération	61

Source : (SMTC, 2010a)

Figure 1 : Part des déplacements en voiture (conducteur ou passager) selon le type d'habitat (%).



La couronne périurbaine est représentée par les communes polarisée AU, où l'on atteint 90% des déplacements en voiture (hors IDF). Source : CGDD, 2010, p94

On peut penser qu'un système d'incitations peut favoriser les transports en commun et les nouvelles offres de mobilité dans les zones denses, tout en incitant à l'équipement en VEVHR dans le périurbain. Toutefois, une grande part des déplacements en voiture d'une région urbaine ont pour

[15] « disposer d'une prise de courant à proximité d'une de ses places de parking au domicile ou pouvoir en installer conditionne l'acquisition d'un véhicule électrique. D'après l'ENTD, 63 % des ménages disposant de place(s) de parking, couvert ou non, en ont une. C'est le cas de 82 % des ménages habitant une maison mais de 21 % de ceux vivant en appartement. » (Cgdd, 2011b)

origine et/ou destination la zone centrale[16] : la question de l'automobile se pose fortement dans les zones centrales et le périurbain n'est pas autonome des zones denses, il faut donc penser l'interface. Une possibilité est d'utiliser des parkings relais situés en périphérie des zones denses et à l'entrée du réseau de transports en commun, ce qui peut par ailleurs constituer un accompagnement à un péage urbain. Mais là encore les incitations peuvent sembler peu compatibles : pourquoi investir dans une voiture onéreuse pour faire la moitié du chemin avec ? Il est plus rationnel économiquement pour le ménage de parcourir beaucoup de kilomètres avec un véhicule ayant un avantage à l'usage comme les VEVHR. L'usage des parkings relais devra donc être fortement incité et il ne faut pas négliger leur coût pour la collectivité (emprise foncière, gardiennage). Au final la réflexion sur l'articulation entre les territoires dépendra des fonctionnalités réciproques des territoires (quels besoins de déplacements pour l'emploi, les achats… entre ces deux grandes zones ?). Cela montre une fois de plus **la nécessité d'inscrire la réflexion sur les nouvelles technologies de l'automobile dans le fonctionnement des territoires.**

4.3.4 La coordination avec les acteurs privés.

La planification doit être un réducteur d'incertitudes pour les ménages comme pour les acteurs privés qui investissent dans les systèmes de mobilité locale. La mise en place de nouveaux systèmes de mobilité associant l'offre de transport en commun avec des systèmes intégrés d'autopartage, de location et de covoiturage, nécessite une coordination entre les autorités organisatrices et des acteurs privés, que ce soit des constructeurs qui développent une activité de service de mobilité, des acteurs organisant la recharge ou ceux porteurs de nouveaux services[17]. En effet l'exemple de Renault montre que c'est bien un écosystème qu'il s'agit de recréer autour du véhicule électrique (incluant collectivité, promoteur immobilier, service de batterie, acteurs de la distribution…). Concrètement un certain nombre d'expérimentations (Strasbourg, Grenoble, Ile de France…) vise déjà à réunir les collectivités locales et les acteurs privés à travers le test de nouveaux véhicules mis à disposition de ménages. Mais ces expérimentations posent toutefois question : donner des VE à des ménages nous apprend des choses sur la conduite, sur la charge au domicile et la gestion de l'autonomie, mais cela reste uniquement dans un modèle de possession et on n'apprend probablement que très peu sur de nouvelles formes de mobilités. Il serait donc nécessaire d'imaginer d'autres formes d'expérimentations. Les questions de gestion intelligente de la recharge de flotte sur le lieu de travail posent aussi de redoutable difficultés de coordination entre acteurs (constructeurs, entreprise, gestionnaire du réseau électrique, collectivité) au-delà des difficultés techniques (Aulagnier, 2012). Ainsi alors que le concept de smart grid est déjà largement popularisé, sa mise en œuvre pratique est encore à construire. De plus, de nombreux acteurs s'intéressent aujourd'hui à la ville, avec des offres de gestion intégrées et intelligente (IBM[18], Cisco, Siemens…), reposant largement sur la maitrise des

[16] Dans la région urbaine de Grenoble, la moitié des déplacements en voiture conducteur, a pour origine et/ou destination l'agglomération.
[17] Ces points et en particulier la question des écosystèmes d'acteurs nécessaires au renouvellement du modèle, ont été abordés lors d'une séance du Club Ville de l'Iddri (29 juin 2012), avec la présentation de T.Orsini, responsable du développement du véhicule électrique de Renault.
[18] Voir par exemple le partenariat entre Montpellier et IBM : http://www.lagazettedescommunes.com/156780/l%E2%80%99agglomeration-de-montpellier-et-ibm-experimentent-la-cite-intelligente/

données, ce qui soulève de nouvelles questions. En effet l'opérateur de données doit pouvoir avoir accès aux données d'un grand nombre d'autres acteurs privés. L'enjeu de la coordination multi-acteur publics et privés devient donc essentiel (Tuominen et Ahlqvist, 2010) et la planification, en tant que moyen de coordonner tous les acteurs autour d'un projet commun a un rôle important à jouer pour faciliter les expérimentations devant permettre de formaliser une stratégie commune.

Conclusion.

Dans les **sous-parties 2, 3 et 4** précédentes, plusieurs enjeux pour la planification urbaine ont été mis en évidence. Il apparait nécessaire d'articuler une vision nationale et industrielle du développement du véhicule électrique et une vision dans laquelle il s'agit d'abord d'un enjeu urbain et de mobilité. Nous avons également mis en évidence le besoin d'une vision globale de long terme portée par la collectivité locale. Cette vision globale doit permettre de faire des choix d'aménagement cohérents pour le futur de la ville ; de conduire à la mise en place d'un jeu d'incitations et de régulations permettant aux différents d'acteurs de s'adapter et d'évoluer efficacement ; de permettre le travail avec les acteurs privés pour mettre au point de nouvelles solutions de mobilité. Il est clair que la cohérence doit aussi être recherchée et construite entre les zones denses et les zones périurbaines. Ce questionnement sur la manière dont on peut conduire une transition vers la mobilité durable pose aussi et plus largement la question de la légitimité des différents acteurs publics – État ou autorités locales – et privés à orienter la fabrique urbaine. En tout état de cause, il est certain que les réflexions sur la voiture de demain ne peuvent pas être séparées de celles sur la ville de demain.

Nous allons dans cette dernière sous-partie montrer que l'analyse économique est nécessaire pour instruire ces questions de planification, afin d'examiner les efficacités relatives des différentes options (réduction CO_2, budget ménage, emplois…) et afin de repenser le financement local de la mobilité.

5. Un besoin d'analyse économique pour la planification : comment trouver les conditions économiques d'une transition vers un modèle de mobilité durable ?

L'objectif de cette sous-partie est de mettre en avant les éléments d'analyse économique qui peuvent être utile à la planification pour le traitement de cette question. Se pose en effet la question de l'efficacité économique pour réduire les nuisances environnementales ainsi que des questions d'emplois, souvent mise en avant du fait de l'importance de la filière automobile en France et de la crise économique. En analysant les modèles économiques locaux de la mobilité, nous verrons aussi que l'argument financier constitue un argument de plus plaidant en faveur d'une planification urbaine porteuse d'une vision globale de long terme. Nous nous interrogerons enfin sur les conditions d'une transition vers un nouveau modèle de mobilité, en examinant les masses (monétaires) en présence.

5.1 Le besoin d'une vision de long terme pour garantir les équilibres financiers.

Les transports représentent une part significative des dépenses nationales avec 18% du PIB en 2010 (351Md€), dont la moitié dépensée par les ménages (171Md€) (CGDD, 2012). Au niveau local aussi on peut mesurer le poids important du transport. Ainsi le SMTC, l'autorité organisatrice du transport en commun, a un budget d'environ 150M€ (dont 30M€ provenant de l'agglomération)[19], ce qui est conséquent comparé 350M€ du budget de l'agglomération de Grenoble en 2013 (recettes réelles de fonctionnement)[20].

En France, la participation des usagers aux charges d'exploitation est relativement faible et se situe entre 25 et 50% pour les grandes agglomérations (Certu, 2010a), le reste étant financé par le Versement Transport et les collectivités locales[21]. Cette participation des usagers dans les charges a diminué entre 1998 et 2007 pour les réseaux de plus de 300 000 habitants, passant de 50% à 40% (Union des Transports Publics, 2009). La différence entre les charges d'exploitation et la somme des ressources (versement transport et de la participation des usagers) est relativement faible : entre 30% et 0% des charges d'exploitation dans les grandes agglomérations dotées de TCSP. Or cette marge est un des déterminants de la capacité à continuer les investissements.

Si les tendances de la dernière décennie se poursuivent, le constat général de Faivre d'Arcier (2008) et de la Cour des Comptes (2005) sur les marges de financements des grands réseaux de transport[22] est donc qu'elles sont et seront fortement limitées du fait :

- de cette faible marge entre charges d'exploitation et ressources annuelles (versement transport, recettes billetterie),
- de la limite atteinte par le versement transport,
- du rendement décroissant des futurs investissements (les axes principaux sont déjà dotés),
- de la hausse des coûts sur la dernière décennie, car les investissements dans les TCSP ont été élevé, impliquant un niveau des charges financières du même ordre de grandeur que les charges d'exploitation dans les grands réseaux, car les transports publics sont des activités intensives en main d'œuvre, et car les progrès en productivité ont été faibles voire négatifs (km/agent en baisse).
- d'une faible augmentation des tarifs : mission sociale importante pour les transports en commun symbolisée par des tarifs bas ; développement des abonnements (en euros constant 2007, la recette par voyage est passée de 0,6 euros à 0,5 euros entre 1998 et 2007 dans les grands réseaux),

[19] http://www.smtc-grenoble.org/finances, page visitée la dernière fois le 23/06/2013
[20] http://www.lametro.fr/246-budget-metro.htm, page visitée la dernière fois le 23/06/2013
[21] Le versement transport est une taxe payée par les entreprises de plus de 9 employés affectée au financement des dépenses d'investissement et de fonctionnement des transports publics.
[22] Réseaux de plus de 250 000 hab, on peut ajouter que les réseaux plus petits (entre 100 000 et 300 000 hab, 50 000-100 000 et moins de 50 000) ont tous vu leur fréquentation baisser entre 1998 et 2007, avec une baisse de la tarification et une légère hausse du coût par km offert, aggravant ainsi les déficits (UTP, 2009).

- d'une fréquentation qui augmente grâce aux efforts fait sur les réseaux mais moins vite que les dépenses (entre 1998 et 2007, pour les réseaux de plus de 300 000 habitants, la fréquentation a augmenté de 21% contre 27% pour les dépenses[23]),

Si l'on se place dans une situation de développement des transports en commun, comme prévu par les textes législatifs visant à promouvoir une mobilité durable, le constat de la Cour des Comptes amène à s'interroger sur les ressources supplémentaires qui pourraient être trouvées. En effet elle considère que « la stratégie visant à conquérir une clientèle prise sur les autres modes de déplacement, en créant ou en allongeant des lignes de TCSP, conduit à accepter, au moins dans un premier temps, une baisse de la rentabilité marginale de l'offre nouvelle pour satisfaire les objectifs du rééquilibrage modal. [..] Dès lors, le risque existe que la politique d'extension de l'offre conduise à un déséquilibre financier accru du réseau de transports si les charges qui en découlent ne sont pas couvertes par des ressources supplémentaires, qu'elles proviennent des usagers ou d'autres contributeurs bénéficiant des progrès apportés par les nouvelles lignes. [..] Les retombées financières attendues d'une relance de la fréquentation des transports en commun qui serait générée par les TCSP sont loin d'être assurées. » (Cour des Comptes, 2005). On observe enfin que l'augmentation de l'offre de transport en commun n'a pas toujours été suffisante pour faire augmenter significativement l'usage des transports collectifs : puisqu'elle est en concurrence avec l'usage de la voiture particulière, il faut aussi, et de manière complémentaire, dissuader cet usage (Faivre d'Arcier, 2008).

Parmi les solutions envisageables pour rompre ces tendances, il y a l'augmentation de la tarification. Aujourd'hui, comme on l'a vu précédemment, les usagers ne paient pas le vrai coût du service mais seulement une faible proportion. On a aussi observé que la forte amélioration des réseaux durant les années 2000 ne s'est pas accompagnée d'une hausse des tarifs, le coût du transport public repose de manière croissante sur le contribuable et non sur l'usager (Cour des comptes, 2005). L'idée d'augmentation de la tarification est à la fois une des conditions pour un retour à l'équilibre des finances du transport urbain mais aussi plus largement l'occasion de redéfinir ce que les populations sont prêtes à payer pour tel ou tel niveau d'offre de transport en commun. Il s'agit de reconnecter l'évolution de l'offre avec l'évolution de la participation des ménages, dans la perspective d'un projet de mobilité partagé. Une autre solution passe par un travail de rationalisation de l'offre sur les lignes les plus structurantes et les plus rentables, ce qui pourrait impliquer une hausse de la vitesse et de la productivité par la mise en place de Bus à haut niveau de service (BHNS) au lieu des bus classiques. En s'appuyant sur une vision de long terme du réseau de transport urbain et de l'agglomération, le BHNS peut constituer un outil particulièrement performant pour le système de transport (Certu, 2009b). Toutefois, sa mise en place peut se faire au détriment de la place de la voiture du fait des sites propres et de la priorité aux intersections. La mise en place d'un péage urbain peut aussi répondre à cette problématique financière, avec la possibilité d'utiliser les recettes pour financer la mobilité (exemple d'Oslo ou de Londres). Cette solution n'est toutefois pas neutre vis-à-vis de la place de la voiture électrique et thermique. L'affectation du produit des amendes sur le stationnement à l'Autorité Organisatrice des Transports Urbains (AOTU) avec des politiques de stationnement plus

[23] (UTP, 2009) d'après données Certu-Annuaires statistique. Transport collectifs urbains.

strictes et plus génératrices de revenu est aussi une solution envisageable. On pourrait là aussi par ce moyen pénaliser l'usage de la voiture pour générer des recettes.

L'ensemble de ces éléments invite à repenser le partage financier entre les différentes offres de transport sur le territoire local, de la manière la plus large possible, afin de trouver de nouvelles ressources. On observe bien que la réflexion sur la structuration de l'offre invite à repenser l'avenir de la voiture et le partage de la voirie. Ces actions sur le transport ne peuvent pas être pensées sans revenir à l'aménagement urbain plus généralement et à la nature des projets urbains, car les transports font la ville autant que la ville structure l'offre de transport. L'exemple du contrat d'axe, cité plus haut, en est la parfaite illustration. **Les politiques d'aménagement et d'urbanisme de même que les politiques de régulation et d'offre de transport sont en fait des leviers pour assurer l'équilibre économique des réseaux de transport urbain autant qu'ils sont nécessaires pour « faire » ou « refaire » la ville**. Si la première partie a montré le besoin de planification afin de concilier les visions, cette partie montre le besoin d'une stratégie financière du fait d'une tension en termes de financement. Cela nécessite de la même façon la formulation d'un projet global de long terme. Il est nécessaire de trouver un modèle économique cohérent, qui romprait les tendances de la dernière décennie, autant que de trouver une vision globale de la mobilité à long terme structurante pour le système urbain et les acteurs économiques de la mobilité.

La planification devrait aussi être attentive aux effets distributifs des politiques de transport. Les discussions avec l'agglomération de Grenoble montrent que le fait que les investissements dans les bornes de recharge pour VE sont destinées majoritairement à des populations plutôt aisées, en tout cas dans un premier temps, pose des questions concernant l'aspect redistributif de l'argent public.

5.2 Penser le financement de la mobilité d'une manière globale.

Nous proposons ici un raisonnement simplificateur pour mieux comprendre les sommes en jeu et la façon dont elles pourraient être réorientées. L'objectif n'est pas ici d'identifier des solutions mais plutôt d'illustrer la manière dont la question pourrait être pensée dans le cadre d'une planification stratégique. Nous prendrons l'exemple de l'agglomération de Grenoble. Avec 400 000 habitants dans le périmètre de transport urbain, la participation globale des usagers aux charges d'exploitation des transports urbains s'élève à environ 27 millions d'euro par an. Le total des charges d'exploitation du réseau de transport est de 105 millions euros par an (Budget 2008 du SMTC). A cela s'ajoute les coûts divers d'investissement. Le versement transport et les collectivités locales financent le différentiel. La **figure 2** présente des exemples de coûts d'investissement dans les TC.

Figure 2 : Les coûts des systèmes BHNS et Tramway

Système	BHNS	Tramway (sur fer ou sur pneus)
Coût d'un véhicule (valeur 2007 HT)	300 k€ à 900 k€	1,5 à 3 M€
Coût d'investissement d'une 1re ligne de TCSP - partie « transport » hors véhicules (valeur 2013 HT)	2 à 10 M€/km de site propre	13 à 22 M€/km de site propre
Durée de vie des matériels	15-30 ans	30-40 ans
Coûts d'exploitation d'une 1re ligne TCSP (valeur 2008 HT)	3,5 à 5 €/km	5 à 7 €/km

Source : (CERTU, 2009b)

En 2010, dans l'agglomération, 50 000 ménages ne possédaient pas de voiture, 94 000 possédaient une voiture, et 47 000 ménages possédaient deux voitures ou plus. Cela fait un total d'environ 198 000 voitures (SMTC, 2010a). Une première approximation du coût total pour les ménages associés à la possession (achat, frais financier) et à l'exploitation (assurance, entretien, parking, carburant…) de leur flotte automobile s'appuiera sur les chiffres de l'Automobile Club et de son étude annuelle sur le budget de l'automobiliste (l'étude 2009 considère 4 types d'automobilistes représentatifs, un petit rouleur Clio essence, un moyen rouleur 308 diesel, un petit budget occasion et un gros rouleur 607 diesel). Nous prendrons en première approximation une moyenne pondérée de ces coûts annuels (comprenant l'investissement et les charges d'emprunt, la maintenance, l'assurance, le carburant, la revente…) suivant la distribution des puissances sur l'agglomération : 6 700 euros par voiture par an.

Cela représente un budget annuel global d'environ **1.34 milliards d'euros** (dont 27% de taxes) pour l'ensemble des ménages de l'agglomération, c'est-à-dire plus de 6 fois plus que le budget global des transports en commun. Cela s'explique[24] en partie par le fait que 50% des déplacements ayant pour origine l'agglomération sont effectués en voiture contre 15% pour les transports en commun urbains. La connaissance de ces ordres de grandeur permet de se poser plus concrètement la question d'un possible transfert entre le budget annuel des voitures et des transports en commun et celle du renouvellement progressif en véhicule électrique. Sur le territoire de l'agglomération, il y a environ 0.5 voiture par habitant (calcul à partir de l'Enquête Ménage Déplacement[25] 2010, en comparaison dans le Grand Lyon il y a 0.47 voitures par habitant), avec une différence entre Grenoble (0.42) et le reste de l'agglomération (0.54) du fait de la différence de tissu urbain et d'offre de transport. Si une politique de mobilité visait à faire passer le taux de motorisation de l'agglomération de 0.5 à 0.44 (25 000 voitures en moins), sur quel potentiel financier en termes de budget des ménages transférable pourrait-elle compter pour augmenter l'offre et ainsi pallier au besoin de posséder une voiture ? Cela représente **environ 170 millions d'euros par an**[26], ce qui dépasse le budget annuel des transports en commun, si toutefois cette somme (composé de dépenses très diverses il faut le rappeler) était transférable : cela est-il suffisant et réaliste en termes de mobilité ? Qu'est ce que cela impliquerait en termes de demande de transports en commun supplémentaire ? Dans quelle mesure le développement des transports en commun permettrait-il de remplacer la voiture ? Nous verrons avec les résultats de la modélisation (Chapitre 7) que le report modal de mesures comme la mise en place de BHNS et d'un péage de zone est très important et de l'ordre de 40 000 usagers (pour l'ensemble) sans toutefois que les coûts d'exploitation n'explosent : ce report est donc possible. Il serait profitable à la collectivité si suffisamment de ménages abandonnaient complètement leur voiture et

[24] N'ayant pas la donnée des kilomètres parcourus dans l'EMD (Enquête Ménage Déplacement), on ne peut pas à priori effectuer une comparaison économique en €/km. De plus la comparaison par déplacement n'est pas pertinente sans indication de distance parcourue. De manière plus générale les deux offres ne sont pas forcément substituables sur tous les types de trajet, la comparaison frontale n'apporterait donc pas forcément d'éléments intéressants/pertinents.

[25] L'enquête ménage déplacement est une enquête standardisée réalisée généralement à l'échelle des aires urbaines (ou plus large) permettant de connaître la mobilité sur le territoire (nombre de déplacement, modes utilisés, flux origine-destination, possession de véhicule, heure de déplacement…)

[26] Ces 170 millions représentent l'économie faite par les ménages en termes de possession et d'usage des 25000 voitures qui ne seraient plus nécessaires.

économisaient ainsi l'ensemble des coûts associés et non pas seulement les coûts d'usage (nous aborderons ce point dans les chapitres 6 et 7).

Il est intéressant de prendre connaissance de ces ordres de grandeurs car ce sont les données du problème consistant à imaginer un modèle de financement d'une mobilité durable encore à définir. Il reste à comprendre comment organiser un possible transfert entre des dépenses d'ordre privé et des dépenses publiques, (couvertes très partiellement par des dépenses privées) et comment accompagner les ménages qui souhaitent ne plus posséder de voitures particulières.

En effet, ces 170 millions ne représentent pas un potentiel réel, il n'est évidemment pas question (et pas faisable) de tarifer les transports en commun pour ces nouveaux entrants de sorte à récupérer la somme précédemment dépensée pour leur voiture. Seule une part de cette somme pourrait être transférable au cours d'une transition de la mobilité urbaine, et cela pourrait aller de paire avec une hausse de la contribution des utilisateurs de transports en commun. Cette hausse apparait nécessaire et légitime du fait du relatif faible niveau d'apport des usagers aujourd'hui qui n'apparait pas justifié (Cour des Comptes, 2005), du besoin pressant de financement et de la nécessité de rendre le système plus performant financièrement en vue de rendre plus acceptable l'apport de nouveaux contributeurs (Faivre d'Arcier, 2008). De plus les automobilistes, potentiels usagers des transports en commun, ont généralement une capacité à payer supérieure à la moyenne des usagers actuels des transports en commun. Leur décision d'utiliser les transports en commun sera donc davantage motivée par le niveau de qualité de l'offre que par le caractère peu onéreux du service. Aujourd'hui le tarif de base[27] pour un abonnement 1 an dans l'agglomération grenobloise est à 466€, si 25 000 automobilistes devenaient utilisateurs de transports en commun, cela représenterait entre 10 et 15 millions d'euros. On est donc bien loin d'un transfert de 170 millions d'euros et ce, même en redéfinissant la tarification de sorte à atteindre 50% de participation des usagers aux charges d'exploitation (on passerait alors à environ 20-25 millions d'euros).

Il existe plusieurs pistes pour améliorer le modèle de financement (Gart, 2009)[28]. L'une d'elle consiste à passer d'un service de transport public à un service de mobilité urbaine, qui intègrerait d'autres offres liées à la mobilité et permettant d'élargir les sources de financement. Cette idée est probablement propice à la mise en place d'un transfert car elle ne constitue pas un surcoût pour les automobilistes ou pour un autre acteur comme peut l'être une vignette ou une hausse de la tarification, elle constituerait une offre complémentaire qui pourrait faciliter et accompagner le développement des transports publics et la baisse du taux de motorisation. Un système de location/autopartage de véhicules électriques et hybrides rechargeables serait particulièrement pertinent dans ce cadre pour représenter une offre flexible et durable limitant les inconvénients de ne plus posséder de voiture. La gestion en termes de flottes pourrait favoriser des véhicules optimisés en

[27] Des tarifs dégressifs sont prévus suivant le quotient familial, pour les étudiants et les seniors.

[28] Parmi les pistes de ce nouveau financement figurent la dépénalisation et la décentralisation du stationnement qui permettrait aux collectivités locales de mettre en place une réelle politique de stationnement au service de la mobilité en générale ; une réforme des tarifs sociaux, par exemple il ne semble pas justifiable que les plus de 60 ans ait accès à des tarifs réduits sans condition de ressources ; une vignette automobile perçue localement et indexée sur le niveau de puissance du véhicule ; une réforme des contrats avec les opérateurs impliquant qu'ils supportent plus de risques ; une participation des opérateurs urbains développant des projets en lien avec une nouvelle infrastructure, comme c'est le cas à Londres. (Gart, 2009), voir (ADCF, 2011) et (Gart, 2010) pour la question du stationnement.

termes énergétiques et économiques, limitant le coût de cette option (d'autant plus que la collectivité a un taux d'actualisation inférieur aux ménages) et la recharge pourrait être organisée au sein d'un système connecté aux réseaux énergétiques locaux.

Cette analyse des modèles économiques locaux de la mobilité permet de comprendre que l'argument financier constitue un argument de plus plaidant en faveur d'une planification urbaine porteuse d'une vision globale de long terme. Elle montre le besoin d'articulation entre les transports en commun et la voiture, pour des raisons financières cette fois. Cela oriente la réflexion vers la recherche des conditions d'une transition vers un nouveau modèle de mobilité, en examinant les masses (monétaires) en présence. Cette analyse permet de réinterroger la place et l'usage des nouvelles technologies automobiles dans un cadre plus large et prospectif.

5.3 Réduire les externalités : mais à quel coût ?

L'objectif de cette sous-partie est de faire une analyse économique de l'efficacité environnementale des véhicules électriques et hybrides rechargeables, afin de montrer que cette solution, si elle est intéressante à bien des égards, ne constitue pas une solution miracle. Les éléments quantitatifs analysés ici seront réutilisés dans la simulation que nous réaliserons et où l'objectif sera de confronter cette mesure aux autres mesures de transport urbain et d'analyser l'effet de mesures incitatives (stationnement, péage).

5.3.1 Les coûts des batteries et les hypothèses sur nos véhicules.

La question du coût des véhicules électriques et hybrides rechargeables est une question épineuse. Prospective du progrès technologique et industriel, évolution des prix de l'électricité et de la fiscalité, prospective du déploiement et des besoins en infrastructures de recharge, évolution des coûts de la batterie et de sa durée de vie sont autant de paramètres cruciaux pour cette question.

Selon le rapport du Conseil d'analyse stratégique (CAS, 2011) les coûts de la batterie seraient les suivants : 1 000€/kWh ttc en 2010, et entre 500 et 350 en 2020, de plus ce rapport considère que si « la production en série des batteries devrait également faire baisser leur coût unitaire, le prix de 300 euros/kWh est, pour de nombreux experts, un seuil difficile à franchir, en raison du prix des composants de base ».

L'Agence internationale de l'énergie (IAE, 2009) considère des coûts entre 500 et 800$/kWh aujourd'hui et entre 300 et 400 en 2020. Une estimation d'Edf (Lascaud, 2010) considère que le prix est aujourd'hui de 800€. (Van Vliet, et al., 2011) considère un prix de 960€/kWh en 2010, 800€ en 2015 et 400€ « in the more distant future ». A partir de l'offre de location de batterie de Renault pour ses nouveaux véhicules, Prud'homme et Koning (2012) calculent un coût d'environ 450€/kWh plus bas que les valeurs généralement considérées par les experts (« *present value of battery usage* »), ce qui soulève d'ailleurs la question de la nature de son approvisionnement… (CAS, 2011).

L'hypothèse sur la durée de vie des batteries est sujette à beaucoup d'incertitudes, en termes de nombre de recharges acceptables et de niveau de détérioration de la performance, cela constitue

d'ailleurs des points clés à améliorer pour que le déploiement des VE soit possible selon l'IAE[29] (2009). (Van Vliet, et al., 2011) font l'hypothèse, optimiste selon nous d'une durée de vie égale à la durée de vie de la voiture. Le CAS fait lui l'hypothèse d'une durée de vie de 8 ans, qui nous parait plus raisonnable aux vues des incertitudes sur cette technologie récente. Une étude européenne (Duleep et al, 2011) considère que la durée de vie moyenne doit être entre 7 et 10 ans mais qu'il reste des incertitudes importantes sur l'implication de températures extrêmes sur cette durée et sur les irréversibilités des recharges quand la batterie a atteint un très bas niveau de charge.

Sur ces bases, nous choisissons les hypothèses suivantes : 760€/kWh en 2015 ; 500 en 2020 ; 400 en 2025 ; 350 en 2030, avec une durée de vie de 8 ans. Pour construire notre coût de l'électromobilité, nous considérons aussi une offre avec location de batterie, à la manière de Renault. Nous faisons les mêmes hypothèses pour l'achat du véhicule et nous nous appuyons sur les tarifs communiqués par Renault pour la location de la batterie.

En termes d'hypothèses sur le prix d'achat des véhicules, nous considérons un VE plutôt petit et simple, afin d'avoir un coût maitrisé et une économie d'énergie maximale. Ainsi les coûts d'achat sont les suivants : 23 000€ en 2010, 19 000 en 2020, 17 000 en 2025 et 15 000 en 2030. Cette baisse illustre un double effet : les VE sans batterie vont devenir moins cher avec la commercialisation en masse et il y aura au fur et à mesure des véhicules d'occasions sur le marché. Nous prenons comme référence[30] la Fluence de Renault à 25 900€ aujourd'hui et la Citroën C-Zéro à 21 000€. Pour le prix d'achat des véhicules hybrides rechargeables nous nous basons sur le prix de la Toyota Prius rechargeable, annoncée à 32 000€ bonus de 5 000€ compris[31]. Nous retenons donc ce prix pour 2015, puis une baisse à 29 000€ en 2020, 27 000€ en 2025, 25 000 € en 2030. La baisse n'est pas très forte car étant faiblement pourvu en batterie (5kWh), la baisse des prix des batteries a un effet limité. Pour le reste, l'hybride rechargeable implique des surcoûts de fabrication faiblement compressibles. Nous nous plaçons aussi dans une hypothèse de voitures à la taille et au poids maitrisés et non dans une surenchère technologique et une puissance élevée (type SUV).

Enfin, le coût dépend fortement du kilométrage annuel, la voiture électrique ayant un avantage sur le coût d'usage (particulièrement en France à 12c/kWh, mais cela est moins le cas en Allemagne ou au Danemark à plus de 25c€/kWh). Cela conforte d'ailleurs l'idée d'une utilisation de ces véhicules de manière assez intense, correspondant plutôt à un mode périurbain, car la pertinence économique d'une Renault Fluence avec location de batterie ne s'acquiert qu'après 15 000 kilomètres annuels (CAS, 2011) (moyenne française pour une diesel 15 800km/an, 9 000 kilomètres pour une essence[32]). Rappelons que cet avantage sur les coûts d'usage provient principalement de substitution d'un

29 « *Battery durability and life-expectancy are perhaps the biggest technical hurdles to commercial application in the near term.* » (IEA, 2009)

30 Véhicule sans batterie, hors bonus, voir http://www.turbo.fr/actualite-automobile/474784-citroen-zero-tarifs-baissent-partir-16-300/ et http://www.turbo.fr/renault/renault-fluence/essai-auto/451272-essai-renault-fluence/

31 http://automobile.challenges.fr/actu-auto/20120228.LQA2376/toyota-prius-plug-in-chiffres-de-consommation-officiels-et-tarif.html, consulté le 02/07/2012

32 http://www.insee.fr/fr/themes/tableau.asp?reg_id=0&ref_id=NATTEF13629, page visitée la dernière fois le 23/06/2013

carburant fossile fortement taxé par une électricité faiblement taxée et qu'à long terme, en cas de transfert massif d'une motorisation à l'autre, il est possible que ce niveau de taxation relatif évolue.

Afin d'avoir une vue d'ensemble, nous faisons un scénario[33] qui regroupe VE (20%), VE avec location de batterie (35%) et VHR (45%). Nous considérons le bonus national de 5 000€ en 2015 pour tous nos scénarios. Le calcul du coût au kilomètre se fait à partir d'un calcul d'investissement annualisé, il prend en compte les éléments suivants (l'ensemble des calculs et des hypothèses est précisé dans le tableau en annexes).

- Prix d'achat, y compris voiture d'occasion (Ademe, 2011) (SMTC, 2002)
- Prix de la batterie et évolution (on considère aussi une légère croissance de la puissance des batteries au cours du temps de 18 à 21kWh, effet rebond suite à la baisse des prix)
- Prix de l'énergie (scénario du projet AETIC entre 2010 et 2030 [0.13; 0.15; 0.16 ; 0.18€/kWh] et croissance du prix du carburant de 60% entre 2010 et 2030)
- Consommation pour la traction, pour les auxiliaires, perte de 10% à la charge, ce qui fait un total de 24kWh/km. (CAS, 2011, Helms, et al., 2010)
- Maintenance Assurance Parking : 1 000€ /an (Automobile Club, 2010)
- Kilométrage moyen : 12 375 km, calcul à partir des données de l'Insee pour 2011[34]
- Enfin le coût pour l'usager des véhicules dépend fortement du taux d'actualisation choisi. Le taux d'actualisation représente le fait que l'usager se focalise sur les coûts immédiats et non sur les coûts d'usages futurs. Il peut aussi représenter une difficulté à se financer pour réaliser l'achat. Cela peut le conduire à avoir un taux d'actualisation implicite plus élevé que le taux retenu généralement. Or le véhicule électrique est plus capitalistique que le véhicule thermique du fait du prix des batteries : il est d'autant plus sensible à un taux d'actualisation élevé. Nous reviendrons plus en détail sur ce point dans le chapitre 6.

Coût au kilomètre		2010	2015	2020	2025	2030
20% de VE, 35% de VE avec Location Batterie, 45% Hybrides Rechargeables	Taux Actua 4%		0.5	0.48	0.44	0.42
	Taux d'actualisation 20%		0.67	0.63	0.58	0.55
Voiture thermique	Taux d'actualisation 4%		0.31	0.33	0.34	0.35
	Taux d'actualisation 20%	0.37	0.38	0.39	0.40	0.41

Tableau 3 : les coûts au kilomètre des différentes offres de transport

Nous pouvons faire une rapide comparaison avec d'autres travaux afin de montrer la validité de nos choix[35].

[33] Nous verrons dans le chapitre 5 que le modèle Tranus implique cette contrainte d'avoir une unique offre.
[34] http://www.insee.fr/fr/themes/tableau.asp?reg_id=0&ref_id=NATTEF13629, page visitée la dernière fois le 23/06/2013
[35] Si nous corrigeons des hypothèses de kilométrage, le CAS (p127) trouve 0.5€/km pour la Renault Fluence (TA 6%), nous sommes donc très proche de ce résultat. (Van Vliet et al, 2011) trouve environ 0.4€/km en 2010 contre 0.53 dans notre calcul pour une hybride rechargeable. Cet écart s'explique par : des hypothèses optimistes sur le prix d'achat du véhicule par rapport à l'offre sur le marché (30600€ contre 32000 avec Bonus pour nous), prise en

5.3.2 Niveau d'émissions.

Différents éléments sont à prendre en compte.

- contenu CO_2 de l'électricité, qui varie suivant les pays, et peut varier d'ici à 2030. En France, le mix moyen est de 85g CO_2/kWh et le mix de base de 45 g CO_2/kWh (Ademe, 2009)
- contenu CO_2 lors de la recharge, suivant si la batterie est rechargée durant la journée sur le lieu de travail, la nuit au domicile, ou si sa recharge commence pendant l'heure de pointe de la soirée, le contenu CO_2 peut varier d'un facteur 10. Il s'agit bien ici d'adopter une méthode marginale pour évaluer l'impact de la mesure VE sur les émissions de CO_2 liées à la production d'électricité. La question de la gestion de la charge, en interaction avec la gestion de la production d'électricité est essentielle (Ademe, 2009).

Au final, le fait que le véhicule électrique soit bas-carbone n'est pas une donnée mais un objectif, dont l'atteinte passe par des efforts sur les systèmes énergétiques, par exemple en mettant en place des dispositifs limitant le nombre de recharges durant la pointe de demande du soir. Cela concerne plus largement le contenu CO_2 de l'électricité, dans un contexte allemand de production d'électricité par exemple, un véhicule électrique émet autant voire plus qu'une voiture thermique Euro 5 si on prend en compte l'analyse de cycle de vie (Helms, et al., 2010). Le mix énergétique et donc primordial pour assurer un bas niveau d'émissions aux VE. Pour notre travail nous faisons l'hypothèse du mix moyen français pour les émissions, 85g CO_2/kWh, et notre consommation est d'environ 24 kWh/100 km (CAS, 2011 ; Helms, et al., 2010), cela fait 20 g CO_2/km (en Allemagne, cela ferait 100 g CO_2/km).
La batterie implique des émissions à la production non négligeables : si les batteries sont construites au Japon avec un mix de 420g CO_2/kWh, on arrive à 26g CO_2/km pour les émissions indirectes, qui s'ajoutent aux émissions directes (CAS, 2011). Ce contenu CO_2 est cohérent avec les chiffres donnés par Helms, et al. (2010), le véhicule électrique implique environ 3 tonnes de CO_2 en plus qu'un véhicule conventionnel pour sa fabrication. Si l'on considère 8 ans de durée de vie de la batterie et 12 300 km/an (moyenne française), on trouve 31 g CO_2/km à partir de leurs travaux. Pour les hybrides rechargeables, on divise la capacité de la batterie par environ 4 (5kWh dans la Prius rechargeable).

En France, on arrive ainsi à environ 46g CO_2/km pour l'usage et la batterie. Le reste de la production de la voiture, électrique ou thermique, est considéré comme comparable, et les émissions qu'elle implique est d'environ 3 800 kg CO_2 (Helms, et al., 2010). Pour une durée de vie de 15 ans et 12 300 km/an, cela fait environ 20 g CO_2/km en plus. Au total, dans notre étude, les véhicules électriques émettent donc 66g CO_2/km (fabrication voiture, batterie, usage).
Pour les hybrides rechargeables, nous faisons l'hypothèse d'une utilisation à 50/50 entre électrique et thermique, l'autonomie de 20-30 kilomètres étant souvent suffisante dans un usage quotidien. Nous

---

compte uniquement de la TVA ; coûts d'entretiens de 600€ contre 1000€ dans notre estimation ; différence du prix de l'électricité 130€/MWh en 2015 (hypothèse projet AETIC) pour nous contre une fourchette [64 ; 97€] suivant les scénarios pour eux. Ces différences d'hypothèses expliquent cet écart. Pour les véhicules électriques, c'est le contraire (Van Vliet et al, 2011) calcule pour 2015, 0.58€/km contre 0.54 dans notre calcul (TA4%). On observe qu'ils font l'hypothèse de batterie de 31kWh afin d'assurer une grande autonomie (250km) alors que nous faisons l'hypothèse de batterie de 20 kWh (Fluence 21kWh, C-Zero 16kWh), ce qui explique cette différence.

considérons une consommation inférieure à celui des voitures thermiques conventionnelles du fait de l'optimisation réalisée : consommation moyenne de 3.7 L/100km (CAS, 2011 ; Fiches techniques de la Toyota Prius rechargeable, 2013 ; Helms, et al., 2010). Si nous faisons l'hypothèse d'un hybride essence, on arrive à environ 88 g CO_2/km pour son utilisation en mode thermique. Pour un hybride les émissions sont donc d'environ 80 g CO_2/km (production batterie de 5kWh, 50% de la distance parcourue en électrique / 50% en thermique, production voiture). Au final, avec notre scénario incluant VE et VHR, nous obtenons environ 72 g CO_2/veh.km en prenant en compte la fabrication de la voiture et des batteries, et environ 35 g CO_2/veh.km à l'usage. Pour comparaison, le parc automobile français émet aujourd'hui environ 210 g CO_2/veh.km (CGDD, 2010), la moyenne des véhicules neufs vendus en France en 2010 étant de 130g CO_2/veh.km (CGDD, 2010).

Dans le tableau suivant figurent les niveaux d'émissions retenus pour les véhicules électriques et hybrides rechargeables ainsi que des comparaisons avec le parc automobile moyen et d'autres modes de transport. On observe que l'offre VEVHR permet bien de réduire fortement les émissions par rapport au parc actuel, même si l'écart est moins marqué si l'on compare aux véhicules vendus neufs aujourd'hui, en particulier si l'on prend en compte la fabrication de la batterie, mais reste conséquent. La comparaison entre modes montre clairement que le tramway reste l'option la plus efficace quant aux émissions par passagers. Pour les bus, un niveau minimum de fréquentation (17 passagers) est nécessaire pour émettre moins de CO_2 qu'un véhicule VEVHR par exemple (avec un seul occupant).

Emissions, gCO2/veh.km	Construction voiture	Construction batterie	Usage	**Total**
Véhicule électrique	20	26	20	**66**
Véhicule Hybride rechargeable	20	6.5	53.5	**80**
Scénario 55%VE/45%VHR	20	17	35	**72**
Parc thermique actuel	*20*	*0*	*210*	***230***
Moyenne des ventes 2010	*20*	*0*	*130*	***150***
Bus agglomération	150		1040	**1190**
Tramway [36]	89		117	**206**
Métro	60		500	**560**

Tableau 4 : récapitulatif de nos hypothèses d'émissions de CO_2 par kilomètre et comparaisons

5.3.3 Coût d'abattement brut.

A partir du différentiel de coût et d'émission (usage) entre véhicule thermique et VEVHR, et d'une hypothèse d'amélioration de l'efficacité des véhicules thermiques (-10% entre 2010 et 2030) on peut calculer des coûts à la tonne sur la période 2015-2030 (**Figure 3 :** Coût d'abattement brut des VEVHR).

[36] Détails et sources dans le chapitre 6 pour les émissions des TC.

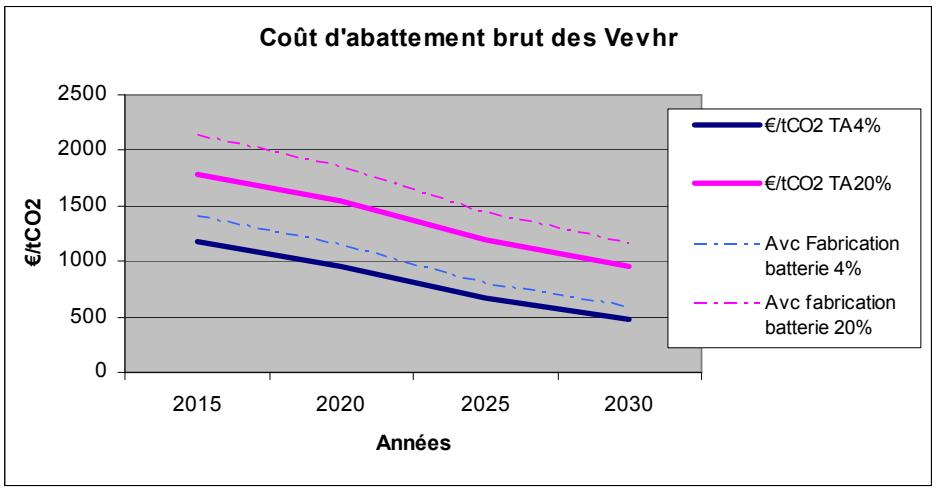


Figure 3 : Coût d'abattement brut des VEVHR

Ces calculs montrent que cette solution apparait très onéreuse à court-terme si l'on compare simplement à d'autres mesures de type technologique pour améliorer l'efficacité des véhicules thermique (Smoker, Buck et Valkengoed, 2009 ; McKinsey, 2008) ou aux valeurs usuelles du carbone. Avec nos hypothèses, cette solution ne devient pas bon marché en 2030. En pointillé, nous pouvons voir que la prise en compte du cycle de vie ajoute un surcoût significatif. Nous voyons enfin que pour des ménages ayant un taux d'actualisation implicite élevé, les VEVHR apparaissent encore plus onéreux. Nous rentrerons dans le détail de cette analyse des coûts dans le chapitre 7, en particulier en comparant avec d'autres options, mais ce que l'on peut dire à ce stade c'est qu'une stratégie de réduction des émissions passant par les véhicules électriques apparait risquée (du fait des incertitudes) et coûteuse. Nous rejoignons ainsi les constats de Prud'homme et Koning (2012) et du Conseil d'Analyse Stratégique (2011). Rien ne permet en effet de dire que les véhicules électriques pourront à terme être moins chers que les véhicules conventionnels car les véhicules thermiques peuvent aussi améliorer leur coût et leur efficacité sur la même période (en particulier en renforçant leur sobriété) et car il existe un potentiel effet de seuil sur le prix des batteries (CAS, 2011), ce qui peut rendre discutable l'investissement précoce de l'Etat pour lancer le processus. Ainsi pour le Conseil d'Analyse Stratégique, « l'amélioration des performances des véhicules thermiques conventionnels est encore et pour longtemps la voie la plus efficace pour atteindre les objectifs globaux de réduction des pollutions atmosphériques urbaines et de réduction des émissions de CO_2 […] et doit constituer une voie prioritaire ». Le véhicule hybride rechargeable apparait lui plus polyvalent que le véhicule électrique, il est aussi moins impacté par le prix des batteries. Toutefois il existe un surcoût du fait de sa double motorisation, ce qui dégrade son bilan face à un véhicule thermique optimisé.

Au final, que ce soit en termes de niveau d'émission ou de coût d'abattement, les VEVHR n'apparaissent pas comme une solution miracle pour réduire les émissions. Ils ne peuvent constituer qu'une partie de la solution dans un cadre permettant de réduire leur coût.

Enfin, dans la dernière sous-partie, il nous parait intéressant de regarder de plus près les questions d'économie nationale et d'emplois : les arguments de cette nature ont en effet une influence importante sur les stratégies mises en œuvre.

5.4 Les politiques de mobilité questionnées par leur contenu en emplois.

Le développement durable incite à considérer conjointement les piliers social, environnemental et économique. Ainsi la question du contenu en emploi a sa place dans la réflexion d'une stratégie de mobilité durable, même si elle ne peut à l'évidence dominer les choix. On observe dans le cas qui nous intéresse ici que du fait de la préoccupation majeure de l'Etat pour la relance économique d'après crise, son soutien à l'innovation dans les véhicules vise à la fois des objectifs de politiques climatiques et de politiques industrielles. Il fait en cela suite aux politiques de soutien par le bonus-malus et la prime à la casse. Le Plan automobile d'A.Montebourg et M.Sapin est l'illustration de l'importance du registre industriel, en particulier du fait de l'urgence du moment. Il est centré sur la filière automobile actuelle et l'innovation technologique. Dans ce cadre, le modèle classique de possession individuelle des véhicules semble avoir les faveurs du pouvoir national, à la fois parce que ce modèle est synonyme d'un grand volume de vente pour les constructeurs et donc d'une croissance (*verte)*, et parce que c'est le modèle actuel et que tout est en place pour le prolonger. Or s'il est évident que ce secteur représente beaucoup d'emplois en France, cela ne signifie pas qu'un autre système de mobilité n'en générerait pas tout autant. Il est donc nécessaire d'analyser des alternatives et nous allons étudier brièvement ce point. Les études citées considèrent généralement l'opposition voiture/transport en commun. Cela est utile pour comprendre les grands chiffres, mais l'enjeu est bien sûr de surmonter cette opposition et de réfléchir dans le cadre d'un nouveau modèle de mobilité.

5.4.1 Croissance verte et emplois.

Au niveau national, un certain nombre d'études se sont intéressées au contenu en termes d'emplois et d'activité des mesures de relance verte prises après la crise (Ademe, 2009b), mais aussi plus généralement à celui des stratégies climatiques nationales (Quirion et Demailly, 2008 ; Ademe, 2007b ; Confédération européenne des Syndicats et al, 2007 ; Conseil d'Orientation pour l'Emploi, 2010 ; Ademe, 2009b). Ces études tendent à montrer que les mesures de maîtrise énergétique et de réduction des émissions créent des emplois de manière significative.

Concernant les politiques de transport plus spécifiquement, dans le scénario analysé dans l'étude de Quirion et Demailly, le développement des transports en commun représente 36% des emplois directs et indirects créés, contre seulement 100 000 emplois détruits dans l'automobile du fait de la baisse de l'usage de la voiture[37], ce qui implique un bilan positif pour le transport qui s'ajoute au bilan des autres secteurs. Les hypothèses faites dans le scénario Negawatt servant de base à l'étude de Quirion et Demailly consistent en une hausse du taux d'occupation des voitures, et surtout un doublement de la part du transport fait en transport en commun, ainsi qu'à une hausse des modes doux. La destruction

[37] Dans l'étude de Quirion et Demailly, l'impact sur l'emploi est la somme de 5 effets économiques : les emplois directs et indirects créés, les emplois directs et indirects détruits, les emplois induits, créés ou détruits.

d'emplois dans les branches construction automobile, commerce et réparation provient de la baisse des ventes et de la baisse de l'utilisation des véhicules. Ainsi selon cette étude, un développement des transports en commun au détriment des voitures serait bénéfique pour l'emploi national. Cela confirme une étude de J.P Orfeuil (1996) qui considérait qu'un kilomètre parcouru en transports en commun crée deux fois plus d'emplois qu'un kilomètre parcouru en voiture[38]. Le rapport de la Confédération européenne des syndicats (2007) confirme ces éléments, s'appuyant sur d'autres études, il considère que pour chaque passager.km, les emplois totaux sont respectivement 1.5 fois plus élevés pour le bus et 1.75 pour le rail que pour l'automobile (Confédération Européenne des Syndicats et al, 2007, pp. 105-106), ainsi les scénarios de rééquilibrage de la mobilité vers plus de transport public sont plutôt favorables à une croissance des emplois. De manière générale l'industrie automobile[39] représente une part réduite de l'économie avec moins de 1% de la valeur ajoutée totale de l'économie française en 2007 (OCDE, 2012) (contre quasiment 4% en République Tchèque), en quinzième position des pays de l'OCDE. Cela conduit à relativiser l'importance de ce secteur dans notre pays.

Ainsi selon ces études, et les hypothèses faites[40], une transition vers moins d'utilisation de la voiture individuelle et plus d'utilisation des transports collectifs serait plutôt bénéfique pour l'emploi car les ratios techniques montrent que les transports privés sont plutôt moins riches en emplois que les transports publics (COE, 2010, p. 9). Même si ces études négligent généralement le bouclage macro-économique, limitant ainsi la possibilité de vérifier le caractère réaliste et faisable du transfert d'activité entre branches pour l'économie et ainsi la croissance des emplois, elles tendent néanmoins à montrer qu'il n'y a à priori pas de raisons de favoriser le secteur automobile plutôt que le secteur des transports en commun dans une politique de relance et de croissance de l'emploi. De plus les perspectives de croissance des emplois du seul secteur automobile sont faibles (sur le marché intérieur), la France étant déjà bien équipée avec un taux de motorisation de 497 pour mille habitants pour une moyenne européenne de 482[41]. C'est un marché déjà mature, pour lequel la croissance ne peut être que faible à moins d'imaginer rattraper le niveau des Etats-Unis, ce qui est peu probable au vu de nos structures urbaines et habitudes de déplacements.

---

[38] (Orfeuil, 1996) cité dans (Quirion, 2002)

[39] Dans la définition utilisée par l'OCDE, « le secteur automobile englobe les entreprises prenant part à la fabrication d'automobiles, y compris celles assurant la conception, les tests, la fabrication et la vente de véhicules. »

[40] Il est nécessaire de prendre ces résultats avec prudence pour plusieurs raisons :
> Les contenus emploi des différents secteurs peuvent changer d'autant plus si on réfléchit à long terme
> Ces études reposent généralement sur les tableaux entrée-sortie des organismes de comptabilité nationale et sur les chiffres d'emploi par branche, mais ne prennent pas en compte les rétroactions macroéconomiques, dont la simulation nécessiterait l'usage de modèles macroéconomique présentant en l'état d'autres lacunes pour cet exercice. L'absence de ce bouclage macro limite le caractère réaliste et réalisable des résultats présentés en termes d'emploi, car la faisabilité économique de l'ensemble dépend justement des conditions de ce bouclage en termes d'investissement, d'effet sur la consommation, ou plus généralement dépend des effets de transition. Néanmoins ces études donnent des éléments intéressant ou moins d'un point de vue statique sur les « richesses » en emplois des différents secteurs, et nous conduisent à la question des moyens à mettre en place pour effectuer les transitions macroéconomiques décrite dans ces études et qui modifierait les équilibres entre secteurs d'activité. Dans la partie suivante nous essaierons d'apporter des éléments sur les moyens d'effectuer cette transition au niveau local, celui des exploitants des transports urbains, en s'interrogeant sur les limites et les possibilités de transfert financier entre secteurs.

[41] http://www.ccfa.fr/revue-de-presse/union-europeenne/les-taux-de-motorisation-dans-l-union-euroepenne.html page visitée pour la dernière fois le 23/06/2013

5.4.2 La question des niveaux de qualification.

Mais du point de vue de la collectivité tous les emplois ne se valent pas forcément, on peut par exemple vouloir stimuler en priorité les emplois très qualifiés, synonymes de forte valeur ajoutée.

L'étude de la Confédération Européenne des Syndicats considère que les politiques climatiques auront plutôt un impact positif sur le niveau de qualification. Concernant l'industrie automobile plus spécifiquement, 22% des emplois sont des emplois d'ingénieurs, taux supérieur à la moyenne de l'Union européenne de 15%, ce qui laisse à penser que la France est plutôt bien pourvue de ce point de vue là. Toutefois le COE considère que la transition vers l'électrique et l'hybride ne conduira pas à la croissance de ces emplois, mais qu'il s'agira davantage d'une mutation de la filière actuelle (ce constat repose probablement sur l'hypothèse d'un niveau d'exportation constant et non sur celle d'un dynamisme nouveau). Le COE fait le même constat pour les autres emplois de la filière automobile complète.

Concernant les transports publics, si on considère toute la filière (sans la conception ni la production du matériel roulant), le niveau de diplôme est en moyenne inférieur à la moyenne de l'ensemble des secteurs d'activités, cela s'explique par l'importance des conducteurs dans les effectifs. En réintégrant la conception et la production du matériel roulant, on peut probablement relativiser ce résultat, de plus, un certain nombre d'emplois qualifiés nouveaux pourraient se développer concernant la gestion des réseaux.

5.4.3 Délocalisation, exportation et balance commerciale.

Deux derniers points sont essentiels à cette analyse des impacts économiques nationaux de stratégies contrastées de mobilité : il s'agit du potentiel d'exportation mais aussi de délocalisation.

Les emplois de conception et de production des matériels roulants de ces deux secteurs sont délocalisables, seuls les emplois induits par la filière sont protégés. Et on a pu voir ce phénomène de délocalisation pour le secteur automobile : sa « balance commerciale [..], un des principaux postes du commerce extérieur français, structurellement excédentaire de plus de 10 milliards d'euros et en croissance continue jusqu'en 2004, s'est effondrée en quatre ans jusqu'à devenir déficitaire de plus de 3 milliards d'euros en 2008. Ceci est dû essentiellement à l'évolution rapide du marché vers des véhicules plus petits et moins coûteux fabriqués dans des pays à coûts de production moindre, alors que les véhicules haut de gamme au marché en déclin sont produits en France. De plus les premiers ont généralement bénéficié de bonus écologiques et les seconds de malus, amplifiant la perte de compétitivité de la production nationale» (Giget, 2010). Précisons que du fait de la temporalité en jeu, le bonus malus ne peut être tenu pour responsable de la dynamique, mais y a probablement participé.

La même problématique peut se poser pour la construction du matériel roulant des transports collectifs, néanmoins les emplois non délocalisables représentent une plus grande proportion, comme le montre les études citées précédemment : ce sont ceux représentés par l'industrie du service de transport c'est-à-dire les conducteurs et autres opérateurs des réseaux. Il est aussi intéressant de noter que développer les transports en commun est positif pour l'emploi local et cela peut être un élément important pour les collectivités. Plus généralement, la question du développement économique est de plus en plus dans les mains des collectivités locales, et l'échelle d'analyse n'est bien sûr pas la même entre les collectivités locales et l'Etat.

En résumé, nous pouvons dire que les arguments économiques qui consistent à dire que le soutien à la transition de l'industrie automobile est indispensable à la relance économique et au marché de l'emploi doivent être relativisés et ne devraient pas influencer le choix du scénario de mobilité urbaine. D'une part les questions de mobilité devraient prévaloir lorsqu'on réfléchit aux politiques de transport. D'autre part:

- ☐ L'industrie automobile n'est pas plus intensive en emplois que d'autres formes de mobilité, comme les transports en commun, bien au contraire.
- ☐ D'un point de vue de la proportion en emplois qualifiés, on ne peut pas conclure définitivement à un avantage de l'industrie automobile, d'autant plus que le développement de nouvelles offres de mobilité impliquerait de disposer d'emplois qualifiés pour la mise en place et la gestion de ces nouveaux services.
- ☐ La production automobile est délocalisable et le soutien à la filière, par exemple par l'intermédiaire de bonus-malus, ne soutient pas forcément l'emploi en France car les petites voitures des constructeurs français sont largement produites hors du territoire ; les transports en commun ont l'avantage d'offrir davantage d'emplois non délocalisables.
- ☐ La comparaison emploi court terme-long terme devrait effectivement rentrer dans ces choix stratégiques, mais pour le moment, il est clair que nous sommes loin d'avoir toutes les réponses, et elle ne devrait donc pas emporter les choix de politique de mobilité. Ce sujet mérite d'être mieux exploré, en particulier en partant d'une grille de lecture distinguant emplois sédentaires/ nomades (voir Giraud, 2012).

Au final, les objectifs nationaux de développement des emplois sont compatibles avec une politique de transports durables, mais ne passe pas forcément uniquement par le déploiement des véhicules électrique ou hybride rechargeable dans un modèle de possession individuelle. Plus largement, il ne s'agit pas de confronter filière automobile et filière transport en commun, mais bien d'imaginer un nouveau modèle, avec de nouveaux écosystèmes d'acteurs, synonyme à la fois de mobilité durable et de relance économique et industrielle. Cette réflexion s'inscrit dans un contexte français particulier où la question de la réindustrialisation devient importante. S'il apparait clair qu'un pays comme la France doit conserver une activité industrielle (Giraud et Weil, 2013) pour des questions de balance commerciale, l'industrie restant le cœur de l'innovation et de la croissance, cela ne signifie pas pour autant que cela doit se faire avec les mêmes acteurs, et suivant les mêmes schémas, bien au contraire.

6. Conclusion.

Dans ce chapitre nous avons montré à travers l'émergence des nouvelles technologies automobiles, la nécessité d'une planification urbaine stratégique. Les différents éléments exposés montrent que nous avons besoin d'un instrument permettant d'assurer une allocation efficace de l'espace public entre les différentes formes de mobilité ainsi que de construire une vision prospective commune entre acteurs publics mais aussi avec les acteurs privés et les ménages. Cet instrument de coordination collective en prospective est nécessaire afin de réduire les incertitudes et les inefficacités.

L’articulation entre territoires et la gestion des interfaces en termes de mobilité est un point essentiel. Enfin la dimension économique est centrale : cela comprend les questions de financement de la mobilité et de la concurrence qui peut exister entre modes, les questions d’équité soulevées par les dispositifs de régulation ou d’incitation, les questions d’efficacité enfin pour l’atteinte des objectifs assignés. L’ensemble de ces caractéristiques dessinent ce que nous appelons planification stratégique.

Chapitre 2 Pourquoi fait-on de la planification ?

Nous avons analysé la nécessité de planifier à travers l'exemple du véhicule électrique dans le chapitre 1. Nous allons maintenant nous poser cette question de manière plus générale et théorique. Les objectifs de cette partie sont multiples. Nous devons comprendre les origines et la nature de la planification urbaine et analyser les justifications de cette pratique avec une perspective économique. Il nous faut aussi prendre connaissance des développements historiques de la planification et comprendre ses évolutions ainsi qu'examiner les causes de l'affaiblissement de la planification traditionnelle. Nous présenterons enfin les formes du renouveau de la planification de la fin des années 90 et préciserons l'objet d'étude qui va nous intéresser par la suite : la planification territoriale dans le contexte institutionnel français.

1. Définition de la planification urbaine.

1.1 Les origines.

Le besoin de régulation de l'occupation des sols s'explique en repartant de la définition même de la ville : étant un lieu de concentration des hommes et des activités, le sol de la ville est par définition rare, et donc sujet à une compétition (Auby, 2013). Or il est nécessaire de réguler cette concurrence, car pure et libre, elle empêcherait la ville « de remplir les missions civilisatrices qui sont les siennes » (Auby, 2013). Cela conduit donc à la règle d'urbanisme, et on en trouve des traces très anciennes, dans l'antiquité, au moyen-âge, et cela ne cessera de se développer par la suite (Harouel, 1981). Si les exemples de règlement d'urbanisme sont très vieux, la planification urbaine en tant que telle est plus récente: c'est « un enfant de l'urbanisme au sens moderne, c'est-à-dire de ce savoir théorico-pratique dont le programme, apparu dans la deuxième moitié du XIXe siècle, consiste à **tirer d'une connaissance du fonctionnement des villes les secrets d'une maitrise de leur devenir** » (Auby, 2013). La planification a une visée stratégique, avec la stratégie entendue comme un ensemble de décisions conditionnelles déterminant les actes à accomplir en fonction de toutes les circonstances possibles. Ainsi le *Dictionnaire de la géographie et de l'espace des sociétés* définit la planification de la sorte : « dispositif politique ayant pour objectif la prédiction du contexte et **la mise en cohérence des actions, publiques et privées**, dans un domaine et/ou sur un espace, pour une durée et à une échéance déterminée. (…) Les notions de plan et de planification renvoient à **l'idée de maîtrise d'un processus** pour une entité dotée de forte intentionnalité. Cette maîtrise passe par une rationalité d'ordre linéaire qui fixe selon des études constatatives et prospectives **des objectifs et des moyens** d'y parvenir. Cela suppose notamment l'indication des méthodes de travail et les étapes à franchir » (Lévy et Lussault, 2003).

L'autre dimension de l'urbanisme, c'est bien entendue l'action directe, par le biais d'aménagements, pour construire la ville. Ce sont donc ces deux dimensions, l'une régulatrice et stratégique, l'autre ancrée dans l'action concrète de conception qui font de l'urbanisme « un ensemble de démarches visant à maîtriser l'organisation ou la transformation spatiale des villes et des territoires urbains ou ruraux, aux différentes échelles géographiques et temporelles, dans la perspective d'un développement harmonieux, équilibré et durable. », l'urbanisme est donc à la fois de l'ordre de la pensée et de l'action (Frébault et Pouvet, 2006).

L'urbanisme au sens moderne, qui donna naissance à la planification, naquit probablement avec le barcelonais Cerda et sa Teoria general de la urbanizacion (1867) et repose initialement sur une volonté commune de « résistance à la dégradation des conditions de vie urbaine » (Wiel, 2007). Il s'agit d'organiser une ville plus vivable et le courant hygiéniste en sera une incarnation emblématique au début du XXème siècle, avec une grande diversité de professionnels et de pratiques (Wiel, 2007). Aux Etats-Unis, la profession des *urban planners* se réunit et s'organise pour la première fois en 1909, avec l'objectif d'unifier une certaine pratique, avec sa revue, ses conférences, son institut ; les villes en profitant pour décrire leurs expériences et pour certaines d'entre elles pour annoncer leurs futurs plans (Birch et Silver, 2009). Une idée de base que l'on retrouve à cette époque est celle de régulation du marché à partir de la connaissance scientifique, les *planners* en étaient convaincus, « *using scientific research and good government techniques would […] mitigate urban problems caused by unfettered capitalism* » (Birch et Silver, 2009). La question de la propriété est bien sûr centrale dès le début, avec l'idée de limiter ce droit pour mieux le protéger. En effet une croissance incontrôlée, avec des usages des sols incompatibles, créerait des problèmes et réduirait la valeur des propriétés, ainsi établir des permis de construire et définir des zones offre à la fois un certain mandat pour l'action du propriétaire et sécurise son investissement (Birch et Silver, 2009). A partir de la moitié du XIXème, l'urbanisme va donc progressivement se concrétiser dans la planification spatiale, avec l'objectif, à partir d'une image et d'une compréhension précise de la ville à un moment donné, de définir des directions souhaitables en les ancrant dans le territoire (représentation spatiale), en définissant les actions de la ville et la régulation imposée aux acteurs privés (Auby, 2013). Si ces premières initiatives furent plutôt locales, le droit national intégrera les plans d'urbanisme au début du XXe siècle, ainsi en 1919 en France, la loi Cornudet[42] impose à certaines villes de faire des plans pour réguler les flux, les densités et la distribution des fonctions dans l'espace (Wiel, 2007), et à partir de là « la planification urbaine ne fera que se développer avec l'accroissement de l'intervention publique en général » (Auby, 2013).

1.2 Pourquoi a-t-on besoin de planification ? La cohabitation du plan et du marché.

Après ce premier regard historique, aux origines de cette forme d'urbanisme qu'est la planification, il s'agit d'analyser plus finement la question de la nécessité de la planification, cela nous permettra par

[42] La loi Cornudet de 1919 conduisit à environ 300 plans dans les villes de plus de 10 000 habitants portant des projets « d'aménagement, d'embellissement et d'extension des villes », elle sera suivi d'un décret loi en 1935 pour la mise en place de projets régionaux d'urbanisme (Auby, 2013).

ailleurs de mieux définir ce qu'est la planification. Nous allons voir que l'économie apporte des éléments importants pour cette justification.

En effet, si dans certaines sociétés humaines et à certaines périodes, c'est la dimension mythique ou religieuse qui a pu dominer l'organisation de l'espace, « l'histoire occidentale rompt avec cette façon d'être et fait émerger un nouveau type d'espace, abstrait et continu.. » (Wiel, 2007), et l'espace est alors largement livré au pouvoir de l'Etat et au marché : la ville vit sous cette cohabitation. La planification urbaine, en réglementant l'usage du sol et en organisant les investissements joue un rôle d'allocation de ressources entre différents usages possibles. En organisant ainsi l'allocation de ressources, le plan représente une alternative ou un complément au marché. Dans un autre domaine, celui de la planification de l'économie dans l'après guerre français, Pierre Massé, ancien commissaire général du Plan, avance la même idée « le plan est un substitut du marché dans tous les cas où celui-ci est irréalisable, défaillant ou dépassé » (Perroux, 1962, p. 24).

Il s'agit de s'interroger sur la nécessité d'un tel rôle, pourquoi le marché ne suffit-il pas ?

Cette question est fondamentale car d'une part identifier les raisons profondes de la planification renforce la légitimité de la planification dans la recherche de la ville durable, d'autre part bien comprendre le « pourquoi » planifier donne des pistes essentielles pour comprendre le « comment » planifier (Moore, 1978), ce qui nous intéressera dans les chapitres suivants. Si la tentation existe pour certains *planners* de considérer comme évidents les bienfaits de la planification, Moore (1978) soutient l'idée que l'effort de justification est nécessaire, et il va le mener à partir de théories économiques, en particulier la théorie des biens publics. De même Klosterman (1985), dans le contexte de critiques fortes de la planification à la fois aux Etats Unis et en Europe dans les années 80, s'intéresse aux arguments économiques contre et en faveur des politiques urbaines. Puisque les critiques de la planification sont d'inspiration libérale, et considèrent que le marché est plus efficace sans interférence de l'Etat, Klosterman rappelle les principaux résultats de l'économie classique sur les différents défauts de marché qui justifient l'intervention publique, se concentrant sur le champ urbain.

L'idée d'une planification pour pallier aux défauts du marché ne va en effet pas sans débat. Richardson et Gordon (1993), qui représentent un courant très critique à l'égard de l'interventionnisme public dans le champ urbain, reviennent régulièrement sur cette question, par exemple en s'interrogeant "*Is it a contradiction for professors in a school of planning to believe in and espouse the efficacy of markets?"*. Ils considèrent que les arguments classiques pour justifier de l'intervention de la planification – *market failure* et le fait que si les marchés amènent de l'efficacité, cela peut se faire au détriment de l'équité – ne sont pas complètement recevables. Les failles des marchés seraient exagérées et le caractère imparfait de l'action publique (*government failure*) sous-estimé. Ils développent ainsi une vision assez radicale où la planification ne serait là que pour faciliter et renforcer le fonctionnement des marchés, considérant que les « *market approaches to planning have much better prospects than command-and-control and regulatory approaches* ». Les externalités seraient gérées par des taxes, les services publics seraient produits par le privé… Il ne s'agit bien sûr pas ici de trancher le difficile et large débat de l'efficacité relative de la régulation et des approches de marché, mais il nous semble que la critique radicale de Richardson et Gordon n'est pas tenable. Il y a

des arguments forts plaidant pour l'intervention publique, comme nous allons le voir. Toutefois reconnaissons que cette critique est salutaire au sens où elle oblige à justifier de l'efficacité de l'intervention publique. Elle permet de replacer la pratique de la planification dans un questionnement plus large sur l'efficacité économique de l'action publique, une perspective qui n'est pas celle généralement adoptée pour la planification territoriale aujourd'hui en France, alors même que les vents réguliers de dérégulation qui soufflent en France comme ailleurs sont bien l'expression de cette vision.

Au final cinq dimensions justifient l'intervention publique dans le champ urbain (Klosterman, 1985). Certaines dimensions ne relèvent pas de la planification, d'autres, ayant une plus forte composante stratégique et spatiale, en font partie intégrante.

- **Réduction des incertitudes sur le futur :** la planification, en fixant des orientations et des règles (aménagement, régulation du transport…), tend à sécuriser l'activité des acteurs des marchés par l'information délivrée. Elle réduit les incertitudes[43] et améliore les anticipations des acteurs comme leur coordination. Elle doit anticiper les conséquences du fonctionnement actuel de la ville et permettre d'éviter les situations futures non souhaitables, sachant que les acteurs du marché (y compris ménages) ne sont pas toujours capables de faire les bonnes anticipations (rationnalité limitée) ou qu'ils n'ont pas d'intérêt à le faire. La planification doit permettre d'analyser et anticiper les effets systémiques inhérents à la ville (comme expliqué dans le chapitre 1) : ces effets systémiques, qui font que les conséquences de chaque action doivent être croisées, justifient la mise en place d'une stratégie. La planification doit aussi porter un projet urbain partagé permettant de coordonner et justifier les actions entreprises au nom du droit de l'urbanisme (préemption, allocation des droits à construire…).
- **Provision et gestion de bien publics** : sous forme de transport, de qualité de l'environnement, d'équipements. Cela passe par la coordination de projets avec des acteurs privés et des investissements publics. Il s'agit d'organiser dans le temps long les conditions de cette provision. Moore (1978), voit dans la théorie des biens publics la base d'une théorie justifiant la planification et sa principale justification. De plus à un système urbain correspond un ensemble de valeur urbaine, une rente qui peut évoluer suivant les décisions prises, en particulier la provision de biens publics. La maitrise de cette rente devient un objectif de la planification afin d'en assurer la redistribution et afin d'assurer la faisabilité de la fabrique urbaine, ce que des évolutions peut empêcher (prix trop élevé par exemple, le sol étant la matière première de la construction de la ville).
- **Maîtrise des externalités** : par exemple en régulant la pollution ou la congestion…en allouant le sol à des activités compatibles… La régulation de l'usage du sol pour éviter les conflits est un des éléments clés de la planification, en particulier à une époque où l'industrie était encore très présente en milieu urbain. L'objectif ici est d'éviter que la somme des comportements des acteurs de la ville n'implique un fonctionnement invivable de la ville.

[43] « La civilisation a toujours été réductrice d'incertitude ou créatrice d'anti-hasard. (…) Il appartient au calcul économique d'être, dans son domaine, réducteur d'incertitude par ces nouveaux instruments qui s'appellent le plan la prospective, la recherche opérationnelle » (Massé, 1965)

- **Résolution des dilemmes de prisonnier :** par exemple en soutenant la rénovation de quartiers, alors qu'aucun des propriétaires n'est prêt à investir pour redonner de l'attractivité et de la valeur au quartier s'il n'a pas l'assurance que les autres le feront aussi. En effet sans cela, son investissement n'aura pas d'effet et la situation sans intervention est que personne ne fait rien et le quartier décline. Dans un contexte multi-acteurs, on peut aussi percevoir l'étalement urbain comme un problème de coordination. Si l'on considère que les communes rurales qui permettent l'urbanisation diffuse en tirent bénéfices, elles n'ont aucune raison de s'empêcher de le faire seules. En effet si elles s'arrêtent mais que les autres continuent, elles perdent ce bénéfice et l'étalement continu. La planification doit permettre de produire une coordination surmontant cela.
- **Redistribution** : le marché permet théoriquement, à partir d'une situation initiale de distribution[44] de ressources, de les allouer efficacement. Mais rien ne permet de dire que la situation initiale était équitable. De plus l'action publique a aussi des impacts distributifs qu'il convient de gérer. Il y a donc nécessité de compensations et ce rôle de redistribution est particulièrement important bien que nous verrons qu'il apparait rarement aujourd'hui comme un objectif. En effet, à partir du moment où la planification alloue des droits (en particulier droit du sol), elle a un impact économique auquel elle doit être attentive (Renard, 1980). Les investissements publics (transport en commun par exemple) auront aussi un impact distributif. Enfin, le fonctionnement du territoire peut créer des disparités importantes entre zones (partage des richesses, des emplois…), qu'il est nécessaire de corriger pour conserver la cohésion de la ville. La question de la redistribution est donc importante et l'action publique doit être consciente des effets distributifs de ses actions. Cela ne va pas pourtant de soit, Tabb (1972) observant : « *traditionnal planning [..] does not give enough detailed attention to redistributional effects of policy choices* » et Vigouroux (1992) constatant qu'il « existe un débat permanent sur la valeur du bien que le droit de l'urbanisme n'appréhende pas correctement, car il est malhabile à traiter les questions économiques ». Webber (1969) considère que si la période industrielle a été marquée par la question de l'efficacité, la période post-industrielle place la question de l'équité tout en haut des principales problématiques de la planification.

De manière théorique, les limites du marché n'impliquent pas directement que la planification soit la forme d'intervention publique nécessaire, les défauts de marché ne justifient pas la planification en tant que telle, en particulier sous forme de master-plan (Klosterman, 1985 ; Moore, 1978). D'une part la planification est une forme d'intervention publique centrée sur les dimensions stratégiques et spatiales. Ainsi, l'objet de la planification est d'introduire du temps long avec une dimension spécifiquement urbaine, elle est une des différentes formes de réponse publique aux imperfections de marché. D'autre part, s'il parait légitime de recourir à la planification lorsque le marché montre ses limites à assurer un bénéfice social suffisant, cela n'implique pas pour autant que le plan sera dans tous les cas et sous n'importe quelles conditions plus efficace que le marché seul. C'est bien en évaluant avec soin la planification et son efficacité en comparaison d'autres mécanismes institutionnels alternatifs qu'elle peut être justifiée (Klosterman, 1985).

[44] Webber (1969) insiste sur le fait que l'économie ne dit rien sur la façon dont devrait être partagés coût et bénéfices, ainsi la redistribution reste une question politique attachée à la planification.

En s'intéressant aux politiques foncières, Comby et Renard (1996) nous expliquent de manière complémentaire les raisons pour lesquelles l'intervention publique existe généralement dans ce domaine, en complément du marché. Ils remarquent qu'un « terrain n'est pas un bien économique comme un autre. Tant sa nature (unique, non produit, non reproductible) que l'organisation et le fonctionnement des marchés fonciers (condition d'atomicité, transparence, éléments de monopole) interdisent d'y transposer simplement les raisonnements et les résultats généraux de la science économique. » (Comby et Renard, 1996). D'une certaine façon les marchés qui reposent sur le foncier sont donc imparfaits de manière inhérente, du fait des objets qu'ils traitent. Cela constitue à la fois un argument en faveur et contre ceux de Richardson et Gordon. En faveur car il faut effectivement œuvrer à améliorer les marchés et Renard (2006a) insiste particulièrement sur la notion de transparence, en lien avec la fiscalité. Contre, car de part leur nature propre, ces marchés nécessitent une intervention régulatrice publique. Par ailleurs « un autre caractère sépare nettement la terre d'un bien économique banal : un terrain vaut non seulement par ses caractéristiques physiques […] mais aussi […] **par les droits qui lui sont attachés** » (Comby et Renard, 1996), que ce soit les droits de propriétés ou les réglementations d'urbanisme (type de construction, densité, forme…). Ainsi « ces caractères majeurs expliquent l'origine de l'intervention des collectivité publiques sur les marchés fonciers pour corriger ce qui pourrait conduire à des évolutions socialement inacceptables, économiquement inefficaces, écologiquement dangereuses. » (Comby et Renard, 1996).

Enfin ce questionnement déborde la question de la planification pour aller jusqu'au droit de l'urbanisme. Vigouroux (1992) rappelle que si le droit de l'urbanisme s'est considérablement renforcé dans les années 80, il reste un droit jeune, qui n'est pas intangible, « il faut qu'un praticien soit capable de dire pourquoi le droit de l'urbanisme est inévitable » rappelle-t-il. Ce questionnement et ce débat invitent à revenir à la base du droit de l'urbanisme qui est un droit de la puissance publique et qui vise à faire prévaloir l'intérêt collectif sur l'intérêt individuel. Il doit donc être particulièrement attentif à ses impacts économiques et financiers, car il est sans cesse aux prises avec des intérêts considérables, entre propriété privée et utilité publique (voir **Encadré 3**), où se posent des questions d'équité et de justice (Vigouroux, 1992 ; Renard, 1980).

Encadré 3 : droit de propriété et utilité publique

Le questionnement autour du droit de propriété et des possibilités de l'expropriation, très présent dans le monde de l'urbanisme, offre en effet une entrée intéressante pour aborder cette question de la justification de la planification (Hostiou, 1991). L'histoire du droit montre que le concept d'utilité publique, au cœur de l'exercice de planification, n'existe pas vraiment en soi. Si on trouve trace de son introduction dès XIVème siècle pour justifier de l'expropriation, posant les bases originelles d'un « bilan coût avantage », seules des définitions ponctuelles pour telles ou telles opérations sont données aux IXème et XXème siècle. Le droit dit simplement qui doit juger, sans préciser les critères de détermination. En 1971 une jurisprudence met en lumière la dimension d'appréciation dans les décisions publiques et le rôle du Juge. Il subordonne la légalité au caractère raisonnable de la décision. Ainsi au-delà de la légalité au sens strict, il faut évaluer les avantages de la décision. Dans le cas de l'expropriation c'est le juge qui détermine le seuil, qui identifie les limites entre légalité et opportunité, il y a donc une importante marge de manœuvre pour le juge administratif.

L'expropriation est un des éléments clés du droit de l'urbanisme et de la planification car c'est le symbole du pouvoir de l'autorité publique pour réguler l'usage du sol. L'occasion d'une expropriation pour un projet public est une parfaite illustration de l'exercice de justification de la planification.

La planification est donc une pratique qui vise à maitriser et orienter le devenir des villes dans une direction souhaitable, dans une situation de coexistence avec les marchés. Le marché à lui seul ne peut pas gérer la ville de manière convenable et la planification joue alors un rôle clé pour s'assurer que la ville réponde aux besoins de la population, en assurant efficacité et équité. La planification doit permettre de mieux préparer le futur, de réduire les incertitudes, de manière centrée sur la dimension spatiale. Il s'agit maintenant de clarifier la question de la gestion du futur et pour cela il est nécessaire de revenir sur une autre pratique, la prospective. En effet les démarches de planification se sont toujours doublées d'exercices de prospective, même si la formalisation de cette discipline est arrivée plus tardivement.

1.3 La prospective.

1.3.1 Penser le futur : la prospective.

Un des penseurs fondateurs de la prospective en France est Gaston Berger[45], personnage au profil atypique d'industriel et de philosophe, devenu au fil du temps universitaire et directeur général de l'enseignement supérieur. Les origines de la prospective peuvent se comprendre dans le contexte de l'après guerre, à un moment où l'homme s'est donné des moyens massifs de changer le monde. La France se reconstruit à un rythme intense, on a le sentiment fort d'une transformation rapide du monde, et « dans un univers en accélération comme le nôtre, il faut faire face constamment à des situations originales. » (Berger, 1955). Berger fait le constat que les conséquences des décisions prises aujourd'hui se produiront dans un contexte totalement différent, il observe aussi que cette accélération ne se fait pas sans provoquer des décalages et des tensions dans la société. Or trop souvent, pour prendre des décisions qui ont une implication sur le futur, on se contente de se reposer sur les tendances passées, sur une extrapolation des phénomènes réguliers observés, et cela n'est plus viable lorsque le rythme de changement devient trop important. La prospective, ou la nécessité de savoir regarder le futur, naît de ce constat de sortir de la logique des projections mécaniques.

A ce premier constat, Berger en ajoute un second en remarquant que « le futur n'est pas suffisamment pris au sérieux » et en faisant sienne l'idée de Paul Valéry selon laquelle « nous abordons l'avenir à reculons »: nous ne disposons pas de méthodes d'analyse rigoureuse du futur, la philosophie, en particulier, ne s'intéresse que peu à l'avenir comme objet de connaissance (Berger, 1956). Et ces deux constats débouchent selon lui sur un paradoxe ; alors qu'en observant la reconstruction rapide de l'après-guerre, **il lui semble absolument indispensable d'être capable de mieux penser et prévoir le futur pour s'assurer du bon fonctionnement de la société, l'analyse de l'avenir semble, dans la pratique, échapper à toute rigueur et se complaire dans la fantaisie.**

[45] Celui qui devait prendre une direction d'études au sein de la VIème section de l'école pratiques des hautes études alors dirigée par Braudel, et qui voulait se dédié pleinement à la prospective, aura eu le temps de jeter les bases de cette nouvelle discipline à travers des articles publiés entre 1955 et 1960, avant de mourir accidentellement en 1960. Sans son principal contributeur, la prospective parviendra tout de même à se développer et devenir une pratique répandu tant dans le privé que dans le public.

Mais face à la tentation de se reposer sur ce que l'on connait le mieux, le passé, Berger met le preneur de décision en face de ses responsabilités et **inverse la notion de prise de risque** : « chercher à déterminer ce qui sera n'est donc pas prendre un risque gratuit, mais limiter autant qu'il se peut les risques que comportent nos entreprises. » (Berger, 1956). L'ambition de Berger est donc de placer l'étude du futur comme un pilier des sciences de l'homme, il veut fonder une science de « l'homme à venir ».

Un autre penseur important de la prospective est Bertrand De Jouvenel, fondateur de Futuribles en 1960, comité international réunissant intellectuels de différentes disciplines au service de l'analyse du futur, et auteur de « L'art de la conjecture » (1963-1965). Son ambition pour la prospective se double d'une critique du pouvoir comme thème majeur de ses réflexions. Dans cette perspective, « Prenant acte du déclin des formes traditionnelles de la représentation comme de l'émergence de nouvelles « attentes » sociales et économiques, Bertrand de Jouvenel appelle de ses vœux le couronnement de l'*expert*. » perçu comme un contrepoint du pouvoir traditionnel, faisant davantage appel à « la négociation et la délibération » et surtout plus sensible aux enseignements de la prospective (Pisier, 2013).

1.3.2 Qu'est ce que la prospective ?

Tout d'abord il faut noter que la projection et la prospective sont deux modes extrêmes de la prévision (Massé, 1959)[46]. Le premier est « le prolongement de ce qui a été », le second est une exploration du « futur comme une terre inconnue. » (Berger, 1956). Ainsi la prospective n'utilise l'extrapolation qu'avec prudence, « la tendance actuelle n'est que la résultante des causes profondes. Croire que tout va continuer sans s'être assuré que ces mêmes causes continuerons à agir est un acte gratuit. » (Berger, 1956). La prospective se distingue de la projection, qui cherche à calculer le futur à partir de régularités passées et observées, « parce qu'elle remet en cause les postulats, parce qu'au sein de la continuité visible elle recherche le secret changement » (Berger, 1956), et redonne ainsi une part d'autonomie au futur, elle doit être particulièrement attentive aux causes. L'attitude prospective de Gaston Berger est donc « l'imagination créatrice de l'avenir souhaitable », avec l'idée qu'il faut s'y préparer dès maintenant (Duméry, 2013).

La prospective diffère de la projection mais elle diffère aussi de la stratégie. Celle-ci est un « ensemble de décisions conditionnelles déterminant les actes à accomplir en fonction de toutes les circonstances susceptibles de se présenter à l'avenir. Définir une stratégie, c'est envisager à l'avance toutes les ramifications du possible, c'est dresser la liste de toutes les situations élémentaires auxquelles on pourrait être confronté, et choisir dès l'origine la décision que l'on prendrait en face de chacune d'elles. » (Massé, 1959). Ainsi un Plan est une stratégie, c'est un ensemble d'action pour atteindre un but. La stratégie ce n'est pas la prospective, en fait la prospective est l'étape précédant la stratégie.

[46] Pierre Massé fut Commissaire général au Plan de 1959 à 1965 (IVe et Ve plan).

1.3.3 Le rôle de la prospective.

Dans un monde en rapide changement, «notre civilisation est comparable à une voiture qui roule de plus en plus vite sur une route inconnue lorsque la nuit est tombée. Il faut que ses phares portent de plus en plus loin pour éviter la catastrophe. ». La prospective est donc nécessaire pour mieux anticiper les besoins futurs de gouvernance et pour ne pas être surpris par des tendances fortes pour lesquelles il aurait fallu agir en amont. Elle est aussi nécessaire pour modifier ce futur. Ce sont les deux pans de cette démarche, elle permet de se préparer à ce qui va arriver, elle permet de changer ce qui va arriver en donnant à voir des situations encore inconnues. Pour Berger (1959), « Il faut voir loin, voir large, analyser en profondeur, prendre des risques et penser à l'homme. Il faut repérer les signes, les éléments significatifs, dans le tri entre ce qui comptera et ce qui ne comptera pas ». Pour Massé (1965) « tout centre de décision est placé entre deux écueils. L'un est d'accorder trop de foi aux projections mécaniques du passé, l'autre est de se complaire dans des perspectives sans date, sans substance et sans contours. Entre les deux attitudes, la prospective doit jeter un pont. Adepte du doute scientifique, elle doit se livrer à la critique des hypothèses » et être multidisciplinaire pour confronter les visions. Et « après avoir remis en cause, la prospective doit remettre en ordre » (Massé, 1965). Il est intéressant de remarquer que ces deux grandes figures de la prospective étaient à la fois des hommes d'action (industriels), des intellectuels, et des personnes ayant des responsabilités d'Etat (commissaire au plan, directeur général de l'enseignement supérieur). Très impliqués dans l'action, les deux hommes ne négligent pas l'opérationnel et cherchent à identifier les méthodes leur permettant de réaliser leurs tâches. Nous reviendrons sur ce point lorsque nous nous interrogerons sur l'opérationnalité de la planification. Par ailleurs, il faut bien concevoir cette notion de prospective, surtout à ses débuts, dans un contexte d'Etat fort d'après guerre qui reconstruit la France avec le Plan comme outil central, et où c'est largement à l'Etat que revient la tâche d'identifier et de définir l'intérêt général.

1.3.4 Prospective et planification.

Quelle est la place de la prospective dans le travail de planification ? Selon Massé (1959), un Plan a un terme et un horizon, dans son exemple le terme est l'année 1965 et l'horizon 1975. Ces dix années d'intervalle se justifient par le fait que « l'intérêt des actions engagées au cours du plan » dépend largement « de ce qui se passera pendant la décennie suivante» (Massé, 1959). Le prévisionniste, sous la demande du planificateur, a dû tracer des perspectives à cet horizon, des images possibles du futur à partir d'hypothèses. Ce qui est important de comprendre ici c'est que pour Massé (1959) « la place de la prospective se situe essentiellement à l'horizon du plan : c'est là qu'elle doit jouer son rôle d'éclaireur ». C'est-à-dire apporter des éléments d'information issus de l'observation depuis ce front, qui permettent de définir les moyens adéquats à l'atteinte des objectifs. La prospective est donc la vigie de la planification.

Il est important de dire que la France est un exemple particulier pour la prospective et la planification, avec jusqu'aux années 60 un système politique très fort, centralisé, avec une économie administrée. L'action de l'Etat était alors centrale dans tous les domaines. Dans ce contexte il y a aussi eu un milieu extrêmement puissant traitant de prospective et de planification avec l'Insee, la direction de la prévision, le commissariat général du plan et EDF, autour de figures comme Pierre Massé. Du fait du

prestige et de l'importance de ces rôles, ce milieu attirait des personnes d'une grande qualité intellectuelle[47]. Il ne s'agit pas ici de verser dans la nostalgie, mais de comprendre que cette période a marqué profondément notre histoire. Notons par exemple le renouveau de ces questions dans l'actualité récente, où l'on peut observer que la prospective et la planification redeviennent des sujets d'intérêt et que le besoin de disposer d'outils performants apparait clairement pour de nombreux acteurs. Deux rapports rendus au gouvernement abordent en effet, directement ou indirectement, cette question d'un renforcement des capacités à analyser le futur (il y a eu de nombreux échanges entre les deux démarches).

Le premier est celui de la commission pour la création d'un commissariat général à l'égalité des territoires et s'intéresse à la réforme de la Datar (Délégation interministérielle à l'aménagement du territoire et à l'attractivité régionale) (Wahl, 2013). La Datar a eu historiquement un rôle extrêmement important pour l'aménagement du territoire, durant la période où c'est l'Etat qui faisait la planification. Ce rôle opérationnel s'est ensuite affaiblit dans le mouvement de retrait progressif de l'Etat et la montée des collectivités locales, et elle s'est repositionnée dans un rôle de lieu d'échanges et de réflexion. Ce qui est intéressant c'est que ce rapport met fortement en avant le besoin d'outils de prospective territoriale pour assurer la mission de réduction des inégalités entre territoires. Ces outils doivent être partagés entre les territoires et l'Etat.

Le second rapport est intitulé *Pour un commissariat général à la stratégie et à la prospective* et mène une réflexion pour le remplacement du Conseil d'analyse stratégique, anciennement le Commissariat général du plan. Il part du constat que comprendre les problématiques, partager les enjeux et concevoir une vision commune est centrale pour mener l'action de redressement du pays. Le commissariat sera le « juge d'instruction des problèmes complexes » (Moreau et al, 2012), centralisant les savoir-faire et les travaux prospectifs pour faciliter une mise en cohérence de la décision publique. Si dans ce rapport on ne parle pas de planification, on parle par contre beaucoup du Plan, rappelant son utilité pour mener le pays. L'idée du rapport est que s'il ne s'agit pas de recréer un tel commissariat, il faut toutefois savoir s'inspirer des méthodes mises en œuvre et les traduire dans le contexte social, économique et politique actuel.

1.4 Les méthodes de la planification : une place centrale pour l'économie.

L'objectif dans cette sous-partie n'est pas de faire une analyse détaillée des méthodes de planification, avec ses écoles et ses débats, dont les numéros du Journal Of American Planning Association sont des archives, mais d'identifier quelques points particulièrement intéressants vis-à-vis de notre problématique générale.

La réflexion sur la justification de la planification amène en effet plusieurs auteurs à s'interroger sur la nature de la pratique. Webber (1968; 1969), dans ses articles classiques *Planning in an environment of change I et II,* s'interroge sur la pratique de la planification en proposant une analyse des changements en cours dans les sociétés occidentales, en décrivant les défis de ce mode de

[47] Par exemple la situation de chef de GEP (Groupe d'étude et de programation) à la Direction Départemantale de l'équipement était un poste prestigieux et recherché, car il était un lieu important de réflexion et de pouvoir urbain.

gouvernement (« *a special way of deciding and acting* ») mais aussi les moyens qu'elle a à sa disposition pour satisfaire ses ambitieux objectifs. Il passe lui aussi en revue les cas où l'intervention publique est nécessaire en complément du marché, et à partir des apports de la science économique et de cette perspective, il s'interroge sur la méthode d'intervention publique et de planification adéquate. Il observe que face aux insuffisances du marché, le planificateur a souvent puisé ses méthodes dans celles des ingénieurs civils, plutôt que dans celles des économistes. Or, du fait de l'inscription de l'action publique dans une situation de marché et non dans une situation de décision centralisée, comme dans le cas des ingénieurs civils (construction d'une infrastructure), cette méthode atteint ses limites et la planification doit développer ses propres méthodes. En effet, « *first, market outcomes are shaped by the actions of thousands of decision-makers, whereas individual building are typically designed by only a few. Secondly, market outcomes represent the vector of innumerable valuations by individuals [..] in contrast to the usual consensus that marks an engineering work*" et troisièmement l'action des nombreux décideurs se traduit dans des changements de plusieurs sous-systèmes (Webber, 1969). Webber conclut en incitant les planners à prêter une attention spécifique aux outputs des actions réalisées, en se focalisant sur les questions de qui paie ? Qui bénéficie ? Et sur la question de l'équité. Le message de Renard (1980) va dans la même direction, la planification ayant des impacts distributifs importants, il est nécessaire qu'elle soit attentive aux questions d'équité ; il s'agit donc de privilégier une méthode, celle de l'analyse économique du droit, permettant de comprendre la rationalité économique qui sous-tend les règles juridiques.

Moore considère qu'il est important que les exercices de planification se justifient par l'obtention de bénéfices supérieurs aux coûts de mise en place, il ne suffit pas de justifier la planification comme garante de l'intérêt général, il faut se donner les moyens d'évaluation et de mesure des bénéfices généraux apportés (Moore, 1978). Il remarque que « *though economists have been the most consistent critics of planning, it is in the economic theory of public goods that the most convincing justifications for planning can be found* », et cela a une conséquence pour les "*planners*" : ceux-ci devraient mieux connaître les théories d'économie politique et les outils d'analyse économique, (Moore, 1978). Or Moore remarque qu'il y a peu d'articles tentant de relier économie et planning, et la plupart sont l'œuvre d'économistes, les *planner*s ne s'intéressent que peu à cette question et sont rarement à l'aise avec l'économie. A la fin de cet article où il examine les justifications de la planification à partir de la théorie des biens publics, Moore, reprenant Oxley (1975), remarque que plus cet article semblera banal aux économistes et étrange aux *planners*, plus large sera le fossé qui les sépare et qui sera ainsi révélé. C'est d'une certaine façon ce fossé qui va nous intéresser dans ce travail.

Un autre point intéressant soulevé par Tabb (1972), et sur lequel nous reviendrons dans le chapitre 3, est que les analyses coûts-bénéfices s'intéressant aux dimensions distributives en mettant en avant les effets de l'action publique et en estimant les besoins de compensation « *can help the planner avoid overly conjectural abstract planning* ». En effet pour cet auteur il est nécessaire de s'interroger sur l'effet des programmes sur différents groupes car cela permet de se focaliser sur les questions « *who pays ? Who benefits ?* » et de comparer différentes alternatives de manière concrète. Toutefois

l'importance de ce type d'analyse a été largement sous-estimée dans le débat sur les méthodes de planification (Tabb, 1972).

Au final nous avons vu que la planification est un outil de politique publique qui vise à pallier aux défauts de marché et qui s'exprime en coexistence avec les marchés. Elle se justifie par la théorie économique, et plusieurs arguments incitent à utiliser des méthodologies d'économiste. De par sa nature même (allocation de ressource), du fait du système dans lequel elle s'insère (un ensemble de marchés interconnectés), des objets qu'elle impacte (foncier), la méthode de planification devrait avoir une composante d'analyse économique, elle doit être attentive aux phénomènes économiques à l'œuvre. Dans un système capitaliste comme le nôtre, c'est à la fois une question de légitimité et d'efficacité.

1.5 Notre définition de la planification.

Comme nous l'avons rapidement décrit, la planification est une des formes que peut prendre l'urbanisme. Deux fonctions de l'urbanisme peuvent être distinguées : d'une part la régulation de l'occupation du sol par des normes ; d'autre part l'action sur le tissu urbain par le biais d'aménagement, à partir des moyens de l'urbanisme opérationnel. Ce sont d'ailleurs différents outils juridiques et politiques publiques qui vont structurer ces deux dimensions (Auby, 2013), composant ensemble le droit de l'urbanisme. Ces deux grands champs de l'urbanisme, l'un visant à construire la ville, l'autre à l'encadrer correspondent généralement à des professions bien séparées, que ce soit en termes de formation et de reconnaissance (titre d'urbaniste) dans nombre de pays européens (Frébault et Pouvet, 2006). L'un ou l'autre pouvant être mis en avant en termes de représentation professionnelle suivant les pays. On se méfiera des traductions, car dans le monde anglo-saxon, on pourra parler d'*urban planning* au sens large, ce qui pourra se traduire par le terme d'urbanisme ou de planification suivant les cas.

De plus, la planification n'est pas seulement la réglementation du sol, bien qu'elle y soit liée (les fonctions pouvant être séparées ou au contraire fusionnées dans un même cadre) (Auby, 2013), c'est aussi définir les grandes orientations du territoire, la vision de son développement. C'est cet aspect stratégique qui nous intéresse particulièrement. Nous proposons sur la **Figure 4** une schématisation des pratiques de l'urbanisme.

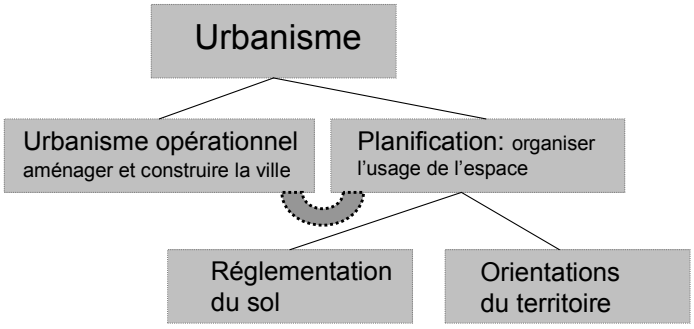


Figure 4 : les pratiques de l'urbanisme et de la planification

Par ailleurs, nous avons vu que l'analyse par les défauts de marché décrivait un *planning* maximaliste, au sens où il incorporait quasiment toute l'action publique. Il ne s'agit pas de faire de la planification

l'alpha et l'omega des politiques urbaines, mais simplement de mettre en avant le fait que la planification, tournée vers la stratégie et la préparation du futur, doit être attentive à ces différentes dimensions. En effet la planification doit être garante de ces différents points du fait de leur inscription spatiale, avec une vision prospective. Prenons un exemple, gérer la fiscalité n'est pas le rôle de la planification. Par contre la planification doit être articulée à la fiscalité, consciente de ses évolutions et imprégnée de sa logique, au sens où cela aura des effets spatiaux sur le développement du territoire. De même produire du logement n'est pas directement dans le champ de la planification, toutefois l'identification des besoins, la gestion du foncier disponible, l'observation des besoins de requalification urbaine, la compréhension des mécanismes fonciers et immobilier structurant l'offre de logement et ses déséquilibres (y compris fiscalité incitative) devraient être au cœur des préoccupations de la planification.

Quand nous parlons généralement de planification, nous parlons donc d'un savoir pratique pour agir sur le futur de la ville, d'une stratégie. Les deux dimensions de l'urbanisme (régulation et action) bien que séparées doivent être articulées. A partir de la règle d'urbanisme et des orientations de développement, se pose immédiatement la question des outils de leur application (plus ou moins stricte) sur l'espace urbain. Ainsi nous retenons une **définition de la planification comme une action stratégique, articulée à la prospective et portée par les acteurs publics, intégrant une dimension régulatrice de l'espace, et capable de traduire ces orientations dans les outils d'aménagement et de régulation des acteurs privés**. La planification donne aussi des principes pour guider le développement et repose sur des instruments de gouvernance (Healey et al, 1999)[48]. La planification regroupe des orientations et des moyens pour suivre ces orientations et mettre en place la stratégie choisie (un de ces moyens est immédiat : c'est la réglementation du sol). Ce pouvoir de traduction va poser des questions institutionnelles et juridiques. De la notion de stratégie découlent deux concepts importants pour la planification : la hiérarchie car il est nécessaire de pondérer les différentes directions ; la scénarisation car il est nécessaire d'énoncer des alternatives. Cela fait à la fois partie de la logique de la stratégie et de la prospective. Par ailleurs la notion même de coût provient de l'idée de comparaison entre différentes alternatives.

L'histoire donne plusieurs configurations de la planification. Il peut exister une **plus ou moins grande importance de la planification** : cette importance se comprend relativement au marché mais aussi relativement au projet, avec qui il partage la capacité d'orienter l'espace et son devenir. Cette importance est liée à un niveau de connexion au pouvoir politique et à une certaine puissance juridique. **La nature des outils privilégiés** peut aussi varier. On peut avoir ou non une séparation dans la démarche (et le document) du *planning*, la dimension stratégique, et du *zoning*, la régulation du sol. La planification peut aussi avoir davantage recours à la stratégie et au marketing territorial, où l'on vise plutôt la production d'une vision, en mettant l'accent sur les procédures et non sur le produit de sortie. Plus généralement la place du Plan dans la démarche peut être variable ainsi que le niveau

[48] « *We understand spatial planning to be about setting frameworks and principles in order to guide the location of development and physical infrastructure. It consists of a set of governance practices for developing and implementing strategies, plans, policies and projects, and for regulating the location, timing and form of development*. » (Healey et al, 1999)

de détail. Cette question est particulièrement centrale, ce qui amène Neuman (1998) à se demander : « *does planning need the plan ?*» et Colavitti, Usai et Bonfiglioli (2013) à redémontrer son importance. **Bien sûr différentes méthode peuvent être à l'œuvre** et leur importance relative peut évoluer**.** En particulier, ce qui nous intéresse c'est l'importance de l'analyse économique dans la démarche de planification. Le **niveau de connexion avec la fabrique de la ville** peut être variable, c'est-à-dire la mesure dans laquelle les orientations du plan s'expriment à travers des mécanismes maitrisés de fabrique de la ville, c'est la deuxième dimension de l'urbanisme. On pourra parler de chaine de transmission entre les deux dimensions. Enfin c'est même **l'objet principal de la planification qui a pu évoluer au fil des époques,** construire la ville et organiser son extension, assainir la vie urbaine, fonder une nouvelle forme de gouvernance, organiser les politiques sectorielles, organiser le renouvellement urbain…

Si par exemple Wiel (2007) parle de naissance de la planification avec la prise de commande de l'Etat dans la reconstruction française d'après guerre, c'est parce que cette période a correspondu à une grande force de la planification de la part de l'Etat, avec une articulation forte entre stratégies et actions. A cette époque, et nous allons y revenir, la planification repose aussi sur une maitrise du modèle économique de la ville. Il est important de noter que le niveau d'adéquation entre le document, le plan et les actions des collectivités publiques peut varier : à certaines époques il va y avoir une déconnexion totale, et la planification va être en crise, dans d'autres contextes la planification pourra guider plus ou moins rigidement le développement. Le projet peut devancer le plan et vice versa… Par ailleurs, la planification peut se jouer à différents niveaux géographiques, pour plusieurs domaines d'actions. La planification au sens large est le résultat de ce montage complexe entre différentes échelles. **Dans notre travail**, **nous nous plaçons dans une perspective territoriale large,** nous nous intéressons moins à l'activité réglementaire qui se joue à l'échelle d'une ville donnée qu'à la planification qui se joue à l'échelle de l'aire urbaine, intégrant une dimension stratégique plus importante. Enfin un dernier point important soulevé par (Neuman, 1998) : "*Conflict is a necessary part of planning and of politics. Without conflict, plans and planning become apolitical and thus are rendered meaningless*." C'est un point extrêmement important selon nous, une planification trop consensuelle aurait une grande chance d'être aussi peu effective, elle doit constituer un cadre pour les conflits inhérents à la gestion de la ville. On retrouve ici un élément clé du développement durable qui porte par nature une tension entre les différentes dimensions sociales, environnementales et économiques, qu'il s'agit de gérer.
Maintenant que nous avons défini de manière théorique cette pratique, il est temps de revenir vers des éléments historiques.

2. La planification et le plan : quelques évolutions historiques.

2.1 Le master plan.

Le Plan est « the center piece of modern city planning » depuis le milieu du XIXe siècle (Neuman, 1998). Au milieu du XIXe siècle, on peut citer l'activité d'Haussmann à Paris, qui apparait à certains comme fondatrice pour la planification, ou la logique hygiéniste qui va s'illustrer en premier en Allemagne, en Grande Bretagne et aux Etats-Unis. Mais de manière communément acceptée, c'est le travail de Cerda à Barcelone qui va conduire en 1859 au premier plan regroupant toutes les considérations de cette discipline en devenir (Neuman, 1998). Le plan de Chicago (1909), annoncé dès la première rencontre des planners US, marquera aussi son temps, en particulier pour son coût « *unheard of $50,000 (more than $1 million in 2009 dollars)* » (Birch et Silver, 2009).

Neuman (1998) retrace cette histoire du Plan en s'intéressant aux livres de références (Green Book) successifs qui ont définit la pratique aux Etats-Unis. La première version (1916 et 1929) ne s'intéresse quasiment qu'au Plan et à la façon de le construire, « the *sine qua non* of planning ». La 1ère génération de documents régionaux en donne une illustration. C'est celle de l'entre deux-guerres et de la 2ème guerre mondiale (plan régional de New York de 1930, projet d'aménagement de la région parisienne de 1934, plan de Moscou de 1935, le Greater London Plan en 1944). Dans cette période de faible croissance démographique et économique, Merlin (1990) identifie plusieurs éléments en commun : « ils veulent limiter la croissance urbaine et prennent en compte des perspectives (démo, éco, spatiales) sous évaluées ; ils cherchent à limiter la conso d'espace par l'urbanisation **; ils ont une représentation graphique très affinée,** sur fond de plan topographique, permettant de lire l'affectation des sols sur un terrain précis. »

Figure 5 : Plan Prost pour l'Ile de France, 1934 (en rouge les axes routiers projetés)

Dans cette logique, le Plan est central avec deux grandes missions : décider des grandes orientations de l'aménagement régional ; être opposable au tiers. Merlin (1990) explique ainsi que jusqu'en 1976, le Plan Prost (1934) a pu être utilisé pour refuser des permis de construire.

2.2 L'après guerre français : une période particulière pour l'urbanisme et la planification.

Certains en font la période de naissance de la planification et on cite généralement cette période pour donner un sens ou un exemple à cette notion. En effet elle a correspondu à une grande cohérence entre une stratégie portée par les acteurs publics et les actions mises en œuvre. Dans la vision d'une planification comme savoir technico-pratique qui permet de changer la ville, cette période apparait donc comme un exemple frappant. En effet à cette époque, l'Etat prend le pouvoir pour la reconstruction du pays, dans un contexte de crise du logement du fait à la fois du malthusianisme d'avant-guerre, de l'exode rural et de la croissance de la population (Wiel, 2007). Conscient de l'urgence, on équipe et on construit des pans entiers de villes, des villes nouvelles et les grands ensembles, « avec les ingénieurs c'était tout le positivisme saint-simonien du siècle précédent qui, enfin, avait carte blanche pour organiser et rationnaliser l'espace » (Wiel, 2007), la charte d'Athènes[49] servant de support incontesté au travail des architectes et le fonctionnalisme dominant la pratique. Ainsi « les ingénieurs faisait la prospective et l'architecte urbaniste proposait l'implantation dans l'espace des masses construites » (Wiel, 2007), la politique foncière, portée par la loi, était extrêmement forte, et permettait dans le même temps à la puissance publique de capter la rente urbaine créée. On construisit aussi les infrastructures de transport pour desservir ces nouveaux espaces. A cette période, l'action publique domine et la place du marché est limitée (le secteur de la promotion immobilière est très limité dans les années 60) et nous sommes de manière générale dans le contexte d'une économie nationale planifiée. Pour résumer, l'Etat faisait la planification[50], disait la règle, donnait le permis de construire, finançait et mettait en œuvre : il maitrisait donc la chaîne complète de production de la ville. Il y avait donc à la fois une grande importance de la planification et un niveau important de connexion avec les actions d'aménagement. Cette époque va laisser des traces profondes sur la forme des villes françaises, en particulier en Ile de France, mais aussi sur la pratique de la planification, comme nous allons le voir. La décennie 70 est un moment particulier pour cela, après la loi d'orientation foncière (LOF), les Schémas Directeurs sont des instruments très forts de planification, qui se déclinaient ensuite en POS. L'Etat a toutefois perdu la main progressivement et il y a eu un délitement de cette pratique vers la fin des années 70. On s'est progressivement concentré sur le zoning (réglementation du sol) au détriment du planning (stratégie).

[49] En 1933, les tenants de l'urbanisme progressiste élaborent ce manifeste, très inspiré par les idées de Le Corbusier. L'urbaniste progressiste, dans la droite ligne des Lumières, repose sur une conception abstraite de l'homme, et recherche un modèle urbain général, pouvant convenir à tous. L'idée de modernité est particulièrement importante. Ce mouvement est motivé par la recherche d'une solution face aux villes invivables de la révolution industrielle. (Harouel, 1981). Cette vision sera qualifiée de fonctionnaliste, au sens où la forme urbaine ou architecturale est avant tout l'expression de l'usage, de sa fonction.

[50] Sachant qu'avant 1967 il n'y avait pas de document spécifique, la planification était contenue dans le plan général, il y avait une véritable intégration dans la planification générale.

2.3 L'affaiblissement du plan et de la planification.

2.3.1 Le rejet progressif du plan.

Le plan va progressivement perdre de son importance dans l'après guerre, avec une temporalité différente suivant les pays. Pour Merlin (1990), ces plans représentaient une lourdeur d'élaboration, de consultation, d'approbation et de révision souvent très importantes, qui s'avérait pénalisante pour leur capacité à jouer un rôle actif et pertinent lorsque le besoin se faisait sentir. Sa forme trop complète est critiquée et on questionne son utilité (Neuman, 1998). Cela se traduit dans les textes de références auxquels s'intéresse Neuman. En 1959, le plan reste un principe organisateur mais il identifie un glissement du plan vers le plan et le *process :* « *the way in which a city organizes and the steps it takes to develop a comprehensive plan, and equally or more important, the procedures it establishes to carry that plan into realization*» (Neuman, 1998). Les éditions suivantes ne conserveront qu'un chapitre pour le Plan. Ainsi à partir des années 60, l'attention se porte donc davantage sur le processus des deux côtés de l'Atlantique, « *In Europe, map- and design-based plans had yielded to* ***policy-based plans*** *in the sixties and seventies, as they had in North America* », (Neuman, 1998). Les plans ont davantage pour but d'organiser et accompagner une dynamique, avec une représentation graphique plus simple, plus stratégique que programmatique, (Merlin, 1990). Par la suite, l'unité du Plan (« *designed based master plan* ») sera limitée au profit d'une analyse plus segmentée et quantitative de l'utilisation du sol (Neuman, 1998).

La critique de la planification se comprend aussi vis-à-vis de sa capacité à embrasser le temps long. Pour Merlin, la première génération de plan régionaux a été peu appliquée, car le temps de leur mise en œuvre avait vu le contexte se modifier considérablement. La seconde, des années 60, présentant des documents plus légers, simplifiés, « n'a pas eu un destin plus heureux », car la chute de la fécondité, la crise économique des années 70 « ont sapées les bases sur lesquelles les documents stratégiques d'urbanisme étaient fondés » (Merlin, 1990). Cette dimension prospective, c'est-à-dire la capacité de donner une direction claire à partir d'une analyse des évolutions du territoire, n'a généralement pas été bien gérée, et cela a conduit à de l'instabilité récurrente à chaque modification du contexte, source de contentieux. Le rejet du plan se traduira aussi par la volonté de séparer les deux dimensions de la planification : la régulation du sol et les orientations plus générales du territoire. En France cela sera fait par la Loi d'orientation foncière du 30 décembre 1967.

2.3.2 Affaiblissement de la planification traditionnelle en France.

Plusieurs éléments sont à l'œuvre durant cette dynamique où la planification va s'affaiblir (et pas seulement le plan), Merlin parlant alors d'un « certain rejet de l'urbanisme régional » dans les années 80. Wiel note que « le rejet des grands ensembles entrainera celui de la planification urbaine et donc, à la fois, de ce qu'elles contenaient de douteux et de judicieux » (Wiel, 2007). L'échec des grands ensembles, forme emblématique de la construction urbaine d'après guerre, jeta le discrédit sur l'ensemble. Il s'agit en fait selon lui d'un amalgame entre les deux composantes de la planification : la régulation du sol et l'agencement de l'espace par le plan d'un côté ; la mise en cohérence des différentes politiques publiques à l'œuvre de l'autre. Cela aura une conséquence très importante pour

la suite, en effet « beaucoup de ceux qui se plaignaient d'un excès de dirigisme et aspiraient à plus de libertés et d'innovations dans les méthodes ou les démarches, se réjouirent de la faillite de cette planification, productrice de « formes urbaines totalitaires ». **La faillite des espérances investies dans la composition urbaine entraina celle de la coordination des politiques publiques.** Les urbanistes ne le comprirent que beaucoup trop tard. L'intercommunalité balbutiait, elle balbutia un peu plus encore » (Wiel, 2007). On a donc rejeté le Plan, car il apparaissait comme une forme trop contraignante, mais cela a pu conduire à un **rejet de la planification en tant que telle**. Il est clair aussi que certains échecs ont suscité une interrogation sur la capacité à prévoir l'avenir et l'organiser, avec le constat que les méthodes de scénarios mises en avant par les services de l'Etat n'étaient pas de véritable démarche de prospective, et le climat défaitiste chez les urbanistes planificateurs à la fin des années 70 – début 80 participera à l'affaiblissement de la planification (Merlin, 1990).

Cette époque charnière a aussi vu une montée de la critique du système économique planifié par les tenants d'un plus grand libéralisme: l'activité régulatrice de l'Etat, y compris dans le champ urbain, formerait un carcan inutile aux forces du marché. Cela correspondait à une période plus générale où les thèses libérales prenaient davantage de poids et ont conduit à réduire le champ de l'action publique directe.

De manière concomitante, la décentralisation est actée avec les lois Defferre en France (1982-1983), et il est clair que les dynamiques historiques de la planification ne peuvent pas être analysées sans les dynamiques de gouvernance qui les portent et les conditionnent : la planification est de nature politique. Si les premières générations de Plan ont en général été portées par un « Etat fort et interventionniste », (Micheau, 2009), en particulier en France, à partir de la fin des années 70, l'Etat devient progressivement moins dominant et les politiques d'urbanisme changent. Les pouvoirs locaux sont plus importants, et les idées forces sont issues du pragmatisme économique, avec le recours fréquent aux partenariats public-privé, (Micheau, 2009). La production urbaine se fait donc de plus en plus par les acteurs privés, qu'il s'agit d'attirer sur son territoire. De « *plan-led* », la planification devient « *project-led* » et se tourne vers les stratégies permettant d'assurer le développement du territoire (Scherrer, et al., 2008). A cette période, le projet urbain correspond mieux aux attentes des acteurs publics, moins contraignant il a aussi une portée stratégique car un projet oriente le devenir de la ville. Il permet de mettre en avant le territoire, dans une logique de marketing, dans un contexte de compétition économique entre territoires[51]. Durant les années 80, la planification stratégique est donc très affaiblie et c'est le projet qui domine le devenir des villes (Albrechts, Healey et Kunzmann, 2003). En termes de planification, la régulation du sol par les POS (Plan d'occupation des sols) suffit aux collectivités.

Un autre point est souligné par Wiel : la planification a été *débordée* par la mobilité facilitée, c'est-à-dire qu'à l'époque de la construction planifiée de la ville, on a largement ignoré ou sous-estimé l'impact de l'amélioration de la mobilité sur l'aménagement du territoire. On ne s'est pas rendu compte

[51] Cela va d'ailleurs largement orienter l'analyse économique vers cette question, nous y reviendrons ; il est d'ailleurs symptomatique que lorsque l'on aborde cette question du manque économique dans la planification, l'interlocuteur renvoie inévitablement vers la question du développement économique.

que ce fût le redéploiement des populations, en partie grâce à une amélioration des accessibilités, qui allait orienter fortement le développement des territoires.
D'un point de vue des professionnels de l'urbanisme, nous sommes passés d'un modèle expert (1940-1960), centré sur la figure de l'ingénieur et celle du « despote éclairé », à un modèle de médiation (années 70-80), avec la décentralisation et le changement progressif de nature de la production urbaine (avec une place plus importante pour la négociation et les compromis), où l'on retrouve davantage la figure de l'architecte (Blanc, 2010). Une troisième étape verra le mouvement s'amplifier vers plus de médiation, avec de plus l'importance croissante des acteurs privés, des aspects énergétiques et du développement durable, marquant un certain retour de l'ingénieur par une autre voie (Blanc, 2010). Ces mutations de la figure de l'urbaniste vont de pair avec la place plus ou moins grande du plan et de la planification.

Que reste-t-il de la planification stratégique (à l'échelle de l'aire urbaine) dans les années 80-90 ? Micheau (2009) remarque que « Faute de corpus de pensée alternatif, on reste attaché à un discours étatique se combinant avec la liberté des collectivités ». Ainsi des outils qui étaient adaptés au contexte d'un Etat actif (Schéma Directeur d'aménagement et d'urbanisme, SDAU) se retrouve dans une situation de décentralisation où leur rôle est fortement amoindrit (Comby, 1988). Pour le dire autrement « l'idée que l'on peut décentraliser à droit constant en prenant l'outil tel qu'il est pour le confier à une autre autorité est trop belle pour être vraie », constate Vigouroux (1992). En effet ces documents visant à mettre en cohérence des territoires recouvrant de nombreuses collectivités locales, il devenait un « exercice encore plus difficile à entreprendre » avec l'extrême morcellement communal. Cela conduit Comby à se demander directement dans le titre de son article « Faut-il enterrer les SD ? ». La séparation entre stratégie et régulation du sol (LOF 1967) n'a pas réellement fonctionné, les schémas portant les orientations générales du territoire (SDAU) devenant de super POS (Plan d'occupation des sols, en charge de la réglementation précise du territoire) et les POS des minis SDAU, c'est-à-dire porteur d'une stratégie plus large. De plus il est clair que ce sont les POS qui ont dominé du fait de la structure institutionnelle, et non les SDAU qui ont inspiré les POS. Le POS devenait un terrain d'expression logique du nouveau pouvoir communal, ce qui a conduit à un véritable abandon des SDAU et à un grand décalage de ceux-ci avec la réalité, source de contentieux (Comby, 1988). Il n'y a alors plus vraiment de planification stratégique au niveau territorial.
Toutefois la fin des années 90 et le début des années 2000 voient le renouveau de la planification en Europe, (Albrechts et al, 2003) et ce sont la structure de gouvernance actuelle et le renouveau de la planification du début des années 2000 que nous allons maintenant interroger.

2.4 Les évolutions récentes en Europe.

2.4.1 La planification stratégique et l'urbanisme de projet.

Albrecht, Healey et Kunzmann (2003) voient un retour de la volonté de mettre en œuvre une planification stratégique à la fin des années 90. La montée des questions environnementales, la nécessité de construire des territoires compétitifs dans une économie globalisée, le besoin de réaliser une certaine intégration des pouvoirs politiques locaux, entre autres, expliquent cette montée du

« *European strategic spatial planning* », avec une modification de la pratique de la planification, fondée sur de nouvelles approches et de nouveaux modes de coordination (Albrecht, et al,. 2003 ; Healey, et al., 1999).
Pour Albrechts (2004), la planification stratégique spatialisée « est un processus socio-spatial, dirigé par le secteur public, à travers lequel sont élaborés une vision, des actions et des moyens de mise en œuvre pour donner forme et organiser un lieu et ce qu'il doit devenir »[52]. On voit donc que ce n'est pas tant sa définition qui a réellement évolué, que ses modalités de mise en place, liées au contexte, et ses objectifs concrets. Cette planification se situe au niveau de la région urbaine (Motte, 2006), et vise à intégrer les différents acteurs dans la production de la stratégie. Elle part du constat d'un épuisement du modèle traditionnel de planification de l'usage des sols. Ainsi dans cette vision, le processus et la gouvernance semblent plus importants que le plan lui-même (Motte, 2006).
Ce renouveau, pour se définir, repose donc sur le constat que les outils traditionnels de la planification d'allocation de l'espace ont été jugés comme inappropriés. Comme le notent Scherrer, et al. (2008), les anciens outils ont été construits pour gérer la croissance économique et démographique et organiser la cohérence entre les distributions de densités et les équipements publics, ils sont donc moins adaptés à la gestion de territoires déjà construits, pour lesquels les questions qui se posent sont de l'ordre de la requalification et de la promotion de projets.

Dans le contexte d'une plus grande autonomie des échelons locaux, le besoin d'articulation horizontale est particulièrement important (Healey, et al., 1999), la planification se comprend avant tout comme une reconfiguration des partenariats entre acteurs locaux. Par ailleurs les modes de décision ont aussi changé, il y a une « pluralisation des modes d'actions collectives », la planification devient une des formes d'action publique, qui n'est pas dominante (Scherrer, et al., 2008), et se pose donc la question de la cohérence entre ces différentes branches. Le point clé de la planification devient donc la procédure qui porte ces partenariats et ces négociations sur l'avenir du territoire, et qui vise à créer une cohérence entre une multitude de directions. L'ajout du terme stratégique n'est pas significatif en soi, la planification a toujours constitué une stratégie, nous avons expliqué plus haut que la planification recouvrait deux dimensions : une vision stratégique sur la vision du territoire, une dimension régulatrice avec la réglementation du sol. L'ajout de ce terme dans les formes récentes de planification signifie à notre sens que la planification acte la distance prise par rapport à la pratique traditionnelle, elle est moins proche du sol et de sa régulation. Le changement fondamental est donc la gouvernance de cette planification. Ainsi pour Schmidt (2009) « *the role of local government has been redefined as one of administrating or even facilitating the development process* ».

Comme nous l'avons déjà dit, il faut bien comprendre que ce renouveau de la planification correspond à une production de la ville qui est différente de celle de l'après guerre où l'on construisait la ville sur des terres nues en périphérie. **Ce sont bien les deux grandes dimensions de l'urbanisme : réguler l'usage des sols (planning et zoning) et aménager la ville, qui dialoguent et s'adaptent l'une à l'autre.** La fin des années 90 et la décennie 2000 voient deux modes de productions de la ville

[52] Cité dans (Motte, 2006)

à l'œuvre : l'un est la production de maisons individuelles dans les périphéries des aires urbaines, cela ne se fait pas par des procédures d'urbanisme, c'est le fait d'un ménage achetant une parcelle et faisant construire sa maison, ce phénomène n'est pas nouveau (cela débute en Ile de France dès la fin des années 60) mais il se poursuit toujours plus loin des villes centres. L'autre mode est un urbanisme tourné vers le renouvellement urbain, où l'on reconstruit des morceaux de ville dans la ville (souvent des friches industrielles). Pour ce dernier mouvement, le concept d'urbanisme de projet va s'imposer, et il propose une vision tout à fait différente que celle à l'œuvre dans les années 60-70, comme on le voit sur la **Figure 6**. Cette forme d'urbanisme opérationnelle interroge à son tour la planification et ses outils : est-elle nécessaire alors que l'urbanisme de projet est déjà capable de fournir les cadres pour orienter le futur de la ville ? A l'échelle d'une région urbaine, incluant ville centre (renouvellement urbain) et périphérie (étalement), la planification stratégique doit bien prendre en compte ces deux types de productions de la ville.

Figure 6 : Urbanisme planifié et urbanisme de projet

	Urbanisme planifié	Urbanisme opérationnel ou urbanisme de projet
Objet privilégié	Terrains nus en périphérie des villes	Renouvellement urbain
Périmètre de l'opération	L'opération se limite à son périmètre physique	L'opération est pensée comme un élément d'une échelle plus large.
Degré de complexité	Faible. Toutes les opérations sont plus ou moins identiques dans leur process	Elevé. Chaque opération très spécifique
Relation maîtrise d'ouvrage urbaine / maîtrise d'œuvre urbaine	A sens unique : le maître d'ouvrage donne un programme, le maître d'oeuvre urbain propose un projet sur cette base	Faite d'allers-retours
Importance du foncier	La maîtrise du foncier est un préalable à la conception du projet	Le projet est un préalable à la maîtrise du foncier
Rôle de l'aménageur	Opérateur foncier	« Pilote d'opérations complexes », qui ne porte plus forcément le foncier
Outil juridique	Décret	Contrat
Manière de faire	Réglementation	Négociation

Source : (Baraud-Serfaty, Renard et Lefèvre, 2011)

2.4.2 Le développement durable à la relance de la planification.

Si la logique générale du développement durable a d'une certaine façon toujours guidé les urbanistes, l'émergence du concept depuis les années 80 a mis plus fortement en avant deux éléments : d'une part les questions environnementales, qu'elles soient locales ou globales, d'autre part l'idée de conflit, de tension entre les trois piliers qui le composent et qu'il faut satisfaire. Il y a de ce point de vue une similitude entre planification et développement durable, car « *Conflict is a necessary part of planning* » (Neuman, 1998), c'est ce qui lui donne sens, dès le moment originel de concurrence pour l'espace. Entre développement durable et planification, il y a aussi, comme rappelé en introduction, la même préoccupation pour le futur. La montée du concept de développement durable, avec son objectif de porter une vision intégratrice d'un point de vue sectoriel, afin de considérer conjointement les trois

piliers, et de gérer le temps long afin d'identifier les conséquences futures de nos actions, a sans conteste constitué un élément important pour le renouveau de la planification. Les questions que pose le développement durable à la fabrique urbaine ont probablement incité à se reposer la question de la planification. Ainsi les lois SRU et Grenelle intègrent fortement les objectifs de durabilité dans les documents d'urbanisme.

3. Contexte juridique et institutionnel de la planification de la loi SRU.

L'objectif de cette sous-partie est de décrire de manière synthétique le contexte dans lequel se déploie la planification, afin de pouvoir en faire une analyse rigoureuse. Rappelons que le droit est particulièrement important pour l'économie urbaine car, plus que dans d'autres domaines, c'est l'allocation de droits qui donne une valeur à la propriété d'un bien (sol ou immeuble), que ce soit lorsqu'on donne un droit à bâtir, ce qui change fondamentalement la valeur du sol, ou lorsqu'on attribue des droits à bâtir dans le voisinage (effet négatif ou positif). Par ailleurs ce sont des rapports de droit (conformité, compatibilité) qui vont donner un sens au montage des différents documents régulant la ville.

3.1 Le contexte français.

Une des questions juridiques qui se pose dans la planification est la séparation ou au contraire la fusion entre le plan d'urbanisme (stratégie plus large) et la réglementation du sol (allocation du sol précise). Le problème d'avoir un document qui fait tout cela à la fois est sa rigidité face au changement et la lourdeur de son élaboration dont nous avons vu les critiques précédemment. Pour éviter ces grands masters plans décrivant à la fois les grandes stratégies et décrivant dans le détail l'allocation du sol afin d'être opposable au tiers, on a décidé avec la loi d'orientation foncière du 30 décembre 1967[53] de séparer les SDAU (Schéma Directeur d'Aménagement et d'Urbanisme), qui prévoient les orientations fondamentales du territoire à une échelle large (agglomération ou aire urbaine), et les POS qui font la réglementation du sol à l'échelle communale à plus court terme (Plan d'Occupation des Sols).

La loi du 7 janvier 1983 décentralise « l'essentiel des compétences d'urbanisme, et confia donc aux communes la responsabilité des schémas directeurs et des plans d'occupations des sols, qui était jusqu'alors placée entre les mains de l'Etat. » (Auby, 2013). Seules les communes dotées d'un document d'urbanisme peuvent délivrer elles-mêmes le permis de construire, cela constitue une incitation à planifier leur développement. Après 1983 et au fur et à mesure, les 36 000 communes françaises deviennent autant de pouvoirs d'urbanisme, ceci constitue un point fondamental.

Le système français se caractérise donc par un grand nombre de communes (beaucoup plus que ses voisins européens), ayant un pouvoir fort d'urbanisme. Notons en effet qu'en Allemagne, si la municipalité exerce cette responsabilité, « *Local land use planning occurs within a highly structured institutional and legal framework, and is characterized by the legally determined distribution of*

[53] Cette Loi introduit aussi la ZAC, Zone d'action concertée, en lieu et place de la ZUP zone à urbaniser par priorité, qui a en particulier été utilisé pour les grands ensembles.

responsibilities and tasks between the Federal government (Bund), the states (Lander) » (Schmidt, 2009). En Grande Bretagne, le gouvernement central conserve un droit de regard important (Auby, 2013), et aux Pays-Bas, l'urbanisme se distingue par un niveau très important de coordination entre échelon local et échelon national. Plus largement, on peut dire que le système institutionnel français présente quelques particularités avec ses quatre échelons non hiérarchisés (Région, Département, Intercommunalité, communes) du fait d'un principe de non-tutelle d'une collectivité sur une autre, avec de plus la capacité d'intervenir sur des champs variés de part la clause de compétence générale[54]. Pour les questions de planification urbaine qui nous intéressent ici, il n'existe ainsi pas de chefs de file clairement identifiés, ce qui représente un défi de coordination. L'autre particularité est le mélange entre un pouvoir politique général très centralisé et un niveau de décentralisation important pour l'urbanisme : Auby (2006) y verra le signe d'une décentralisation inachevée.

3.2 La loi Solidarité et Renouvellement urbain (SRU) de 2000.

Cette loi, qui marqua pour beaucoup le renouveau de la planification en France, conserve la logique de la loi LOF de 1967 de séparation spatiale entre le SCOT (Schéma de cohérence territoriale) à une échelle large et les PLU (Plan locaux d'urbanisme) à l'échelon communal, ainsi que l'importance de la commune en tant que pouvoir d'urbanisme.

La loi SRU est d'une grande ambition : elle vise à faire du développement durable le cœur des politiques urbaines et pour cela elle souhaite articuler les différentes composantes des politiques urbaines, qui appartiennent à des juridictions différentes (transport, habitat, environnement, urbanisme) (Castel, 2002 ; Booth, 2009). Pour Booth (2009), la loi SRU « *was undoubtedly radical in its intentions. It deliberately set out to widen the scope of planning in France to encompass the changes that taken place since the last major reform more than 30 years ago* ». C'est en particulier dans le SCOT que l'on peut identifier ce caractère radical, avec son objectif d'être stratégique et prospectif et de s'occuper d'un champ beaucoup plus large de problématiques que tout ce qui l'a précédé, et ce à l'échelle des aires urbaines (Booth, 2009).

Alors que jusque là le droit de l'environnement s'était développé de manière relativement indépendante du droit de l'urbanisme, avec de plus un principe d'origine jurisprudentiel de séparation des codes par le conseil d'état, cette barrière va progressivement sauter en particulier sous influence du droit européen (qui ignore la séparation des législations) (Jegouzo, 2012). Et le 1er texte a véritablement remettre en cause cette séparation c'est la loi SRU, **qui dit clairement que l'objectif de l'urbanisme c'est le développement durable** (Jegouzo, 2012). Les questions environnementales deviennent centrales dans l'exercice de planification. Cette loi est donc fortement marquée par le concept de développement durable, avec en particulier la volonté de lutte contre l'étalement urbain et de maitrise des besoins de déplacement.

[54] Elle consiste à reconnaître aux départements et à la région la capacité à intervenir sur des domaines qui ne sont pas directement de sa compétence, lorsque cela engage son intérêt territorial. L'article 73 de la LOI n° 2010-1563 (16 décembre 2010 de réforme des collectivités) ajoute « dans les domaines de compétence que la loi lui attribue » pour restreindre cette possibilité, même s'il ouvre à certaines exceptions en ajoutant « Il peut en outre, par délibération spécialement motivée, se saisir de tout objet d'intérêt régional pour lequel la loi n'a donné compétence à aucune autre personne publique ». Cet article devait rentrer en vigueur en 2015. L'avant projet de loi de décembre 2012 proposait de retirer les éléments ajoutés par cet article. On peut donc estimer que cela est un relatif retour en arrière sur la question de la clause de compétence générale.

Elle constitue par ailleurs un changement important de perspective dans la gestion du développement urbain, car alors que les POS et les SDAU visaient à accompagner l'extension des villes et à organiser ses fonctions, la loi SRU s'oriente vers la densité et la mixité (Castel, 2002). A l'instar du rapport Rogers en Grande Bretagne, « *Towards an urban renaissance* », de 2000, la loi SRU met en avant le renouvellement urbain et la compacité. La loi SRU fait aussi une place importante à la question de la ségrégation spatiale, avec le système de pénalité pour les communes ne respectant pas la règle des 20% de logement social dans le parc total.

Enfin la loi SRU a été pensée comme un moyen de consolider la réforme institutionnelle de 1999 (Loi Chevènement) qui a visé, et réussi, à renforcer l'échelon intercommunal en incitant les collectivités à s'associer, en particulier avec la nouvelle forme de communauté d'agglomération qui s'est depuis largement répandue (Booth, 2009). La montée de l'intercommunalité est un des éléments clés de la dernière décennie qui donne un sens particulier à la loi SRU. Près de 20 ans après la décentralisation, la loi SRU vise donc à reconstruire une coordination entre les différents acteurs locaux et à renforcer une politique urbaine commune des communautés d'agglomération alors que ce n'est pas une compétence obligatoire[55]. Au final ces ambitions en font une loi complexe, touffue même par son ampleur (Castel, 2002).

3.3 Le SCOT.

Le Schéma de Cohérence territoriale vient remplacer le Schéma Directeur. C'est un document de planification qui a une visée stratégique sur un territoire large. Cette stratégie doit ensuite se décliner dans les PLU communaux, ceux-ci devant être compatibles avec le SCOT.

En l'absence d'une correspondance entre aire urbaine et regroupement intercommunal, la loi SRU a mis en place une architecture censée inciter à la formation de périmètres pertinents de SCOT. Ainsi un schéma de cohérence territoriale doit être mis en place par toute agglomération de plus de 15 000 habitants (ce sera au final 50 000 suite aux contestations des élus et la loi UH de juillet 2003) et toute commune située à moins de 15 kilomètres d'une agglomération doit appartenir à un SCOT afin de pouvoir ouvrir de nouvelles zones à l'urbanisation (sinon les décisions reviennent au préfet, ces règles contraignantes seront toutefois assouplies par la loi de 2003). En se centrant sur l'agglomération, il cherche d'une certaine façon à compenser l'erreur de 1983 de n'avoir pas donné le pouvoir d'urbanisme à l'intercommunalité (Castel, 2002 ; Jegouzo, 2012). Et en mettant en place la règle des 15km, la loi se voulait incitatrice pour les communes périurbaines à réaliser des SCOT, afin in fine d'avoir des périmètres plus grands que les seules agglomérations. En effet il est clair que les dynamiques urbaines telles que l'étalement se jouent au moins au niveau de l'aire urbaine, plus large que les périmètres des agglomérations, et la loi souhaite que les SCOT correspondent à ces bassins de vie (Helluin, 2006). Toutefois le législateur était bien conscient que plus le périmètre serait large et moins la coopération sur lequel le SCOT se fonde serait aisée (Helluin, 2006). Or le SCOT doit constituer un cadre commun, dans lequel s'élaborent une vision et un référentiel commun. Il repose donc sur la capacité des collectivités à négocier et se mettre d'accord. Le compromis à trouver pour

[55] Voir http://www.legifrance.gouv.fr/affichCodeArticle.do?cidTexte=LEGITEXT000006070633&idArticle=LEGIARTI000020951483&dateTexte=

les périmètres est donc central. Nous reviendrons dans le chapitre 3 sur les résultats en termes de périmètres. Concrètement ce sont les communes qui proposent des périmètres au préfet et celui-ci arrête ou non ce périmètre. Dans l'exemple de Toulouse par exemple, les communes avaient constitué des périmètres trop nombreux (17) et trop étroits: le préfet a refusé ces propositions et a négocié avec les communes pour constituer seulement 4 SCOT. Une fois que le périmètre est arrêté, un Etablissement public du SCOT est mis en place et est chargé de mener la démarche (c'est soit un syndicat mixte composé des communes et des intercommunalité, soit une intercommunalité). Cet établissement apparait comme un moyen de renforcer la portée du SCOT dans la durée, en effet il est en charge du suivi de sa mise en œuvre et de sa révision (obligatoire tous les 6 ans sinon le SCOT est caduc) et s'il était dissous (ce qui était souvent le cas pour les SD après la réalisation du document) le SCOT serait annulé (Desjardins et Leroux, 2007).

Encadré 4 : Article L121-1 du code de l'urbanisme

Article L121-1 Modifié par LOI n°2011-525 du 17 mai 2011 - art. 123

Les schémas de cohérence territoriale, les plans locaux d'urbanisme et les cartes communales déterminent les conditions permettant d'assurer, dans le respect des objectifs du développement durable :

1° L'équilibre entre :

a) Le renouvellement urbain, le développement urbain maîtrisé, la restructuration des espaces urbanisés, la revitalisation des centres urbains et ruraux ;

b) L'utilisation économe des espaces naturels, la préservation des espaces affectés aux activités agricoles et forestières, et la protection des sites, des milieux et paysages naturels ;

c) La sauvegarde des ensembles urbains et du patrimoine bâti remarquables ;

1° bis La qualité urbaine, architecturale et paysagère des entrées de ville ;

2° La diversité des fonctions urbaines et rurales et la mixité sociale dans l'habitat, en prévoyant des capacités de construction et de réhabilitation suffisantes pour la satisfaction, sans discrimination, des besoins présents et futurs en matière d'habitat, d'activités économiques, touristiques, sportives, culturelles et d'intérêt général ainsi que d'équipements publics et d'équipement commercial, en tenant compte en particulier des objectifs de répartition géographiquement équilibrée entre emploi, habitat, commerces et services, d'amélioration des performances énergétiques, de développement des communications électroniques, de diminution des obligations de déplacements et de développement des transports collectifs ;

3° La réduction des émissions de gaz à effet de serre, la maîtrise de l'énergie et la production énergétique à partir de sources renouvelables, la préservation de la qualité de l'air, de l'eau, du sol et du sous-sol, des ressources naturelles, de la biodiversité, des écosystèmes, des espaces verts, la préservation et la remise en bon état des continuités écologiques, et la prévention des risques naturels prévisibles, des risques technologiques, des pollutions et des nuisances de toute nature.

La dimension émissions des gaz à effet de serre et énergie a été ajoutée avec la loi du 12 juillet 2010, dite de Grenelle II.

Le SCOT[56] se compose:

- D'un **Rapport de présentation** : il fait un diagnostic du territoire et forme la base de connaissances pour élaborer un projet commun. Il doit aussi former la base pour justifier des objectifs du PADD, « le rapport de présentation explique les choix retenus pour établir le projet d'aménagement et de développement durables et le document d'orientation et d'objectifs en s'appuyant sur un diagnostic établi au regard des prévisions économiques et démographiques et des besoins répertoriés en matière de développement économique, d'aménagement de l'espace, d'environnement, d'équilibre social de l'habitat, de transports, d'équipements et de services. » Article L122-1-2.
- Du **PADD** : projet d'aménagement et de développement durable, il présente un projet urbain, une vision du futur du territoire. C'est le projet politique porté et partagé par les élus et issu de leur coopération, il fixe les grands objectifs. Il n'est pas prescriptif. Il a un caractère global, c'est-à-dire intégrateur des différentes problématiques en jeu.
- Du **DOG** (qui deviendra DOO avec Grenelle) : Document d'Orientations Générales (Document d'Orientations et d'Objectifs). Ce document traduit de manière concrète les grands objectifs du PADD et doit en donner les moyens. Ce document prescrit et recommande des directions et des choix concrets pour les documents d'urbanisme et les projets.

Etablir un SCOT est une démarche lourde, qui prend plusieurs années et nécessite des ressources significatives, en particulier en termes de réunions avec les élus qui peuvent être très nombreux (le cas du SCOT de Grenoble est particulier avec ses 273 communes). Le SCOT n'est pas opposable au tiers, mais il est opposable aux documents subalternes et aux personnes publiques. Ainsi le PLU doit être compatible au SCOT. Le rapport avec les PDU (Plan de déplacement urbain rendu obligatoire par la loi Laure pour les agglomérations de plus de 100 000 habitants, 1996) et PLH (Plan local d'habitat, loi du 13 juillet 1991 d'orientation pour la ville) est aussi clarifié : ils doivent être compatibles avec le SCOT alors que le lien n'était pas clairement défini avec les anciens SDAU (Castel, 2002).
La notion de compatibilité n'est pas définie précisément par la loi mais la jurisprudence permet toutefois de la définir (Certu, 2007). Ainsi, « un projet est compatible avec un document de portée supérieure lorsqu'il n'est pas contraire aux orientations ou aux principes fondamentaux de ce document et qu'il contribue, même partiellement, à leur réalisation » (Phémolant, 2002). Etre compatible nécessite que les dispositions du document (PLU ou PDU) « ne fassent pas obstacle à l'application des dispositions » du SCOT correspondant et « ne comportent pas de différences substantielles de nature à remettre en question les orientations et les équipements » prévus par ce SCOT » (Certu, 2007). Ainsi il y a une certaine souplesse dans cette notion et « seule une non-compatibilité manifeste avec le SCOT conduira le juge administratif, saisi par le Préfet dans le cadre d'un déféré préfectoral ou par un justiciable, à déclarer le PDU illégal » (Certu, 2007).

56 http://www.legifrance.gouv.fr/affichCode.do;jsessionid=75CA6CD1D296968943540CE0FAD78551.tpdjo09v_3?idSectionTA=LEGISCTA000006158550&cidTexte=LEGITEXT000006074075&dateTexte=20130430

Au final le SCOT cherche à œuvrer à « une plus grande cohérence de l'action publique » (Gallez et Hanja-Niriana, 2007) suivant trois dimensions. Spatiale, car il s'agit de coordonner les actions de différents pouvoirs locaux d'un même territoire et car certaines problématiques urbaines dépassent les frontières administratives locales ; intersectorielle, car il s'agit de coordonner des actions touchant différents domaines d'intervention des pouvoirs publics (logement, foncier, transport, développement économique) et les différents documents d'urbanisme qui y sont associés (PLU, PLH, PDU); temporelle enfin, car il s'agit d'articuler passé, présent et futur et de préparer les changements de long terme (Gallez et Hanja-Niriana, 2007).

Encadré 5 : exemple de contenu des SCOT

Pour prendre la mesure du nombre de problématiques prises en compte voici les chapitres du DOO du SCOT de la région urbaine de Grenoble (environ 300 pages). Pour chacun d'entre eux plusieurs orientations sont exposées, se déclinant ensuite en objectifs plus précis.

- Réduire la consommation des espaces naturels, agricoles et forestiers, favoriser des conditions durables de développement des activités et usages associés
- Préserver les enjeux de biodiversité et la structuration du territoire par la trame verte et bleue
- Protéger durablement les ressources en eau potable
- Prévenir la pollution des milieux
- Promouvoir une exploitation raisonnée des carrières
- Stratégie générale pour l'organisation territoriale et le fonctionnement de la région grenobloise
- Déplacements
- Economie
- Habitat
- Commerce et service
- Tourisme
- Communication numérique
- Lutter contre la banalisation des paysages urbains
- Rendre la ville désirable, développer qualitativement les fonctions urbaines, l'adapter au changement climatique et favoriser la nature en ville
- Prévenir et limiter les risques majeurs
- Prévenir et réduire l'exposition de la population aux pollutions et nuisances

3.4 Le Plan Local d'Urbanisme.

Les PLU suivent la même logique avec le trio *Rapport de présentation, Projet d'aménagement et développement durable, Document d'orientation et de programmation*. D'un point de vue juridique, les documents importants sont les documents graphiques (qui exposent les différents types de zones et leur localisation) ainsi que le règlement qui fixe l'utilisation zone par zone (densité, hauteur, nature de la construction, implantation, aspect extérieur, construction de stationnement…). Le permis de construire sera accordé une fois que le projet correspondant a été confronté au PLU et a été jugé cohérent avec les règles qui y sont inscrites (une certaine marge de manœuvre existe suivant les cas). Il peut faire l'objet d'un contentieux de la part d'un voisin ou d'une association de défense de l'environnement, notons que le cercle des personnes pouvant faire ce recours est plus large en France que dans d'autre pays (Auby, 2013).

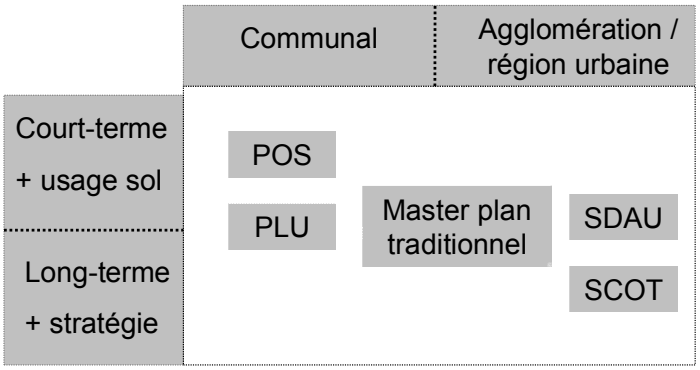
De même que le SCOT, l'élaboration d'un PLU est une démarche lourde (Auby, 2013). Le PLU doit être validé par le Préfet via la DDT (Direction départementale des territoires) qui exerce un contrôle de légalité et plus largement est présente durant toute la démarche (Auby, 2013). Par ailleurs le tribunal

administratif peut être saisi par un citoyen qui conteste le PLU, on parle alors de contentieux, et il n'est pas rare (Auby, 2013).

Le PLU est donc à la fois plan et règlement : « il définit les grandes orientations de l'évolution du territoire communal en termes d'infrastructure, de logement, de protection contre les risques, etc… mais il fixe aussi des règles précises d'occupation des sols » (Auby, 2013). La loi SRU acte donc l'idée d'un super POS, à la fois porteur d'un projet urbain et de la réglementation du sol (Jegouzo, 2010).

La figure ci-dessous propose une schématisation des différents outils que nous avons abordés dans le cas français. Nous classons suivant l'échelle spatiale et suivant le niveau de visée stratégique. Nous avons placé à titre d'illustration au centre le Master Plan classique qui regrouperait toutes les composantes de la planification. Puis nous avons placé les deux couples POS-SDAU et PLU-SCOT, en montrant que la loi SRU donne une visée plus stratégique à ces deux documents. Le SCOT, par rapport au SDAU, vise moins à programmer un certain nombre d'équipements publics ou autres actions sur le territoire et plus à élaborer une « vision globale, intersectorielle, mobilisatrice » que ne le faisait le SDAU (Scherrer, et al., 2008). La planification devient aussi « plus négociable, au service d'intérêts territorialisés définis de façon conjoncturelle » (Scherrer, et al., 2008).

Figure 7 : schématisation des différents outils de planification



Source : auteur d'après (Comby, 1988, Scherrer et al, 2008, Auby, 2013)

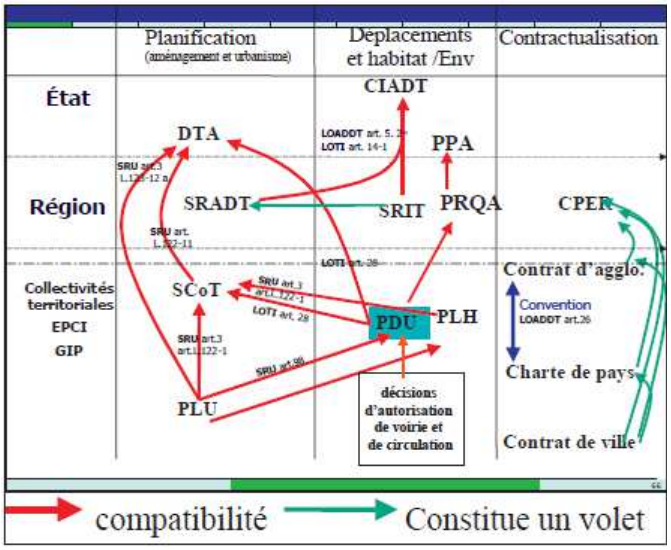
3.5 Les Plans Climat Energie Territoriaux.

Les Plans Climat Energie Territoriaux (PCET) ont été institués par le Plan Climat National de 2004 puis rendus obligatoires pour les collectivités (régions, département, communes et groupements de communes de plus de 50 000 habitants) par les lois Grenelle 1 (3 août 2009, Art 7) et Grenelle II (12 juillet 2010, Art L229-26). Ils ont un triple objectif : « atténuer et lutter efficacement contre le réchauffement climatique et s'y adapter » ; « améliorer l'efficacité énergétique » et « augmenter la production d'énergie renouvelable » (Art L229-26). Cela a un impact sur les documents d'urbanisme car les SCOT et PLU doivent prendre en compte ces plans climat (Jegouzo, 2010). Les PCET doivent s'appuyer sur le bilan des émissions pour produire sa stratégie. L'éclairage énergie climat implique généralement une quantification à la fois en termes de diagnostic et d'objectifs, et stimule la production d'exercices de prospectives. Cette quantification peut favoriser la problématisation de la stratégie.

3.6 Le besoin de cohérence.

Le développement de la planification s'est aussi concrétisé par un grand nombre de documents, en particulier dans les domaines environnementaux, des risques, du transport…nous ne détaillerons pas la figure suivante, mais elle donne une idée du niveau de complexité en jeu aujourd'hui. Les rapports entre les différents plans, programmes, schémas peuvent être de l'ordre de la hiérarchie, par exemple quand ils appartiennent à un domaine particulier, ou non quand ils appartiennent à des législations distinctes, rendant difficile leur gestion (Auby, 2013).

Figure 8 : la complexité contemporaine de la planification



Source : (Certu et Cete, 2007)

3.7 La prospective dans ce nouveau contexte.

La prospective joue dans ce contexte davantage le rôle d'un instrument permettant aux différents acteurs de se forger une vision commune. Pour Jacques Theys (2009b) « La prospective – ouvrant une « troisième voie » - peut être utile : d'abord pour mettre à plat les représentations et les options possibles ; ensuite pour analyser de manière réaliste leurs conditions de mise en œuvre et leurs conséquences ; et enfin pour rendre possible un débat prenant en compte toutes les dimensions de la complexité. » On voit avec cette dernière phrase une version moderne de la prospective, l'émergence de la dimension multi-acteurs, qui implique de disposer de démarches permettant de servir de support à la coordination entre différents acteurs et à la recherche d'une vision commune. Pour Spohr et Loinger (2007), la prospective urbaine est « la recherche structurée de réponses aux questions : que peut-il advenir, que souhaitons-nous qu'il advienne, où voulons-nous aller, que pouvons-nous faire pour y aller ? » et le point important est que **« Le « nous »** indique un collectif au contour vague figurant les acteurs des territoires et une injonction à des démarches participatives qui caractérisent les exercices de prospective ».

3.8 Perspective générale.

La loi SRU vise donc à construire une planification plus apte à créer de la cohérence dans un contexte multi-acteurs, avec le développement durable comme axe central. Elle le fait avec une logique classique d'emboitement de différents documents, portés par des configurations différentes de collectivités (PLU, PDU, SCOT principalement). Elle propose de nombreux outils pour faire en sorte que cet édifice exprime une vision forte et cohérente du territoire, une vision qui puisse s'appliquer dans la réalité. La loi SRU a ainsi fait de belles promesses et suscité un certain espoir de retrouver une maitrise du développement des territoires urbains.

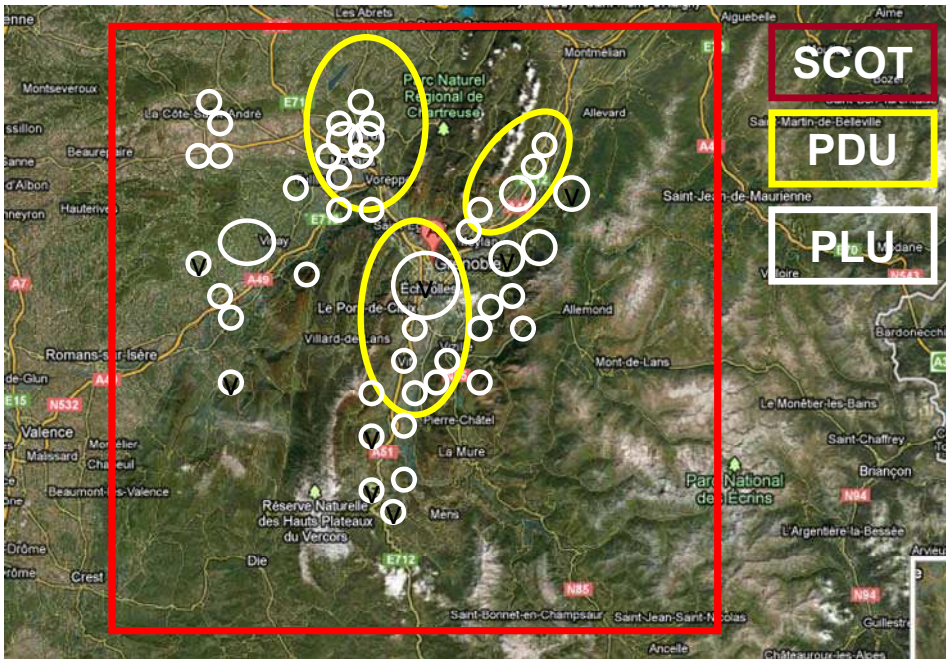


Figure 9 : Schématisation de l'organisation spatiale des différents documents de planification sur le cas grenoblois.

Au 1er janvier 2012, le niveau d'avancement des démarches SCOT sur le territoire était le suivant: les SCOT approuvés ou arrêtés ne représentaient que 17 % du territoire et 32 % de la population française. Si l'on compte les SCOT en cours d'élaboration on arrive à 30 % du territoire et 50 % de la population. Il reste donc encore beaucoup à faire (Malfilatre, et al., 2012).

3.9 Cette nouvelle planification est-elle efficace ?

La question de l'effectivité de cette nouvelle forme de planification se pose clairement comme le notent Albrecht, et al. (2003) : "*What is **their power to shape** project proposals, budget allocations, and regulatory practices across a whole array of actors, both within and beyond the areas for which they are drawn up? Do they have the persuasive power to shift territorial development trajectories, or, as some argue, are they little more than a cosmetic covering that hides the growing disparities evolving within Europe?*". Leur analyse de différents cas européens montre que si cette nouvelle forme de planification peut réellement se montrer innovante, elle peut aussi être une force de statu quo (Albrecht, et al., 2003). En effet ce nouveau type de planification a besoin de construire à la fois une organisation spatiale et des alliances institutionnelles *ad hoc* pour porter cette stratégie dans le

temps et dans un contexte où le pouvoir est morcellé (Albrecht, et al., 2003). On comprend que cela représente un redoutable défi. Un autre enjeu est souligné par Merlin : la multiplication des acteurs ne doit pas aboutir à des compromis tellement vagues que chaque alternative peut être présentée comme une lecture possible du plan, ce qui conduirait à nier toute logique stratégique. Ce sera l'objet du chapitre 3 que de tenter de répondre à cette question dans le contexte français, avec un intérêt particulier sur les dimensions économiques. Nous chercherons **à comprendre si le SCOT tient ses promesses.** Avant cela voici une première limite identifiée par Castel en 2002 : « La loi SRU se distingue fortement des lois habituelles en ce qu'elle affiche une ambition, que d'aucuns considèrent comme démesurée, précisément sur des champs de compétence décentralisés pour l'essentiel, du moins en ce qui concerne la planification urbaine. Elle fixe des règles non pas à la place des collectivités, mais de façon à encadrer celles que doivent produire les collectivités. Il s'agit de *règlementer pour* et non pas *règlementer à la place de*. La **règle de la règle** en quelque sorte ! L'efficacité d'un **tel recadrage des rôles dépend fortement des moyens dont l'Etat** disposera réellement, pour hisser l'exercice de son association aux procédures de révision des documents à la hauteur des exigences que la loi leur assigne. ».

4. Conclusion.

Ce chapitre a définit l'objet et décrit la justification de la planification urbaine et est revenu sur la méthode de prospective. Il constitue la base théorique à partir de laquelle nous analyserons les instruments actuels de planification dans le chapitre suivant.

Nous retenons que la planification est une forme de l'urbanisme moderne qui vise à assurer une plus grande maîtrise des dynamiques d'urbanisation dans une situation de coexistence avec les marchés. Elle a pris différentes formes depuis le début du 20ème siècle, en passant par la période spécifique de l'après guerre, jusqu'au renouveau des années 2000 dans un contexte de décentralisation, qui va nous intéresser dans ce travail. C'est un savoir pratique et stratégique pour maitriser le devenir des villes et mettre en cohérence les évolutions de ses différents composants. Elle apparait à la fois comme une autre forme d'allocation des ressources que le marché et comme un réducteur d'incertitudes. Cette forme d'action publique, centrée sur les aspects stratégiques et spatiaux, se justifie par les principaux résultats de l'économie classique, identifiant cinq tâches pour surmonter les défaillances de marché (information délivrées au marché, provision de bien publics, maîtrise des externalités, résolution des dilemmes de prisonnier, redistribution). Elle se justifie aussi par la nature particulière du foncier, qui «n'est pas un bien économique comme un autre » et du fonctionnement des marchés fonciers. La théorie économique apporte ainsi des éléments robustes pour la justification de la planification, son évaluation et ses méthodes devraient ainsi davantage reposer sur les outils de l'économie, afin de renforcer sa légitimité et son efficacité. A partir de Berger, nous avons définit la prospective comme la démarche d'imagination de l'avenir souhaitable, qui vise à formaliser l'étude d'un futur qui s'est souvent soustrait à une démarche rigoureuse d'analyse. Elle est la vigie de la planification, éclairant les différents chemins de l'avenir dans lesquels celle-ci se concrétisera et produira ses effets. Si la prospective sert à penser le futur, la planification sert à le produire, à l'orienter. Dans le contexte multi-acteurs contemporain la prospective sert aussi à produire une vision partagée et à servir de support à la discussion.

Chapitre 3 Le manque d'analyse économique dans la planification par les SCOT

Dans le chapitre 2, nous avons expliqué que dans les mains de l'Etat, la planification a été un vecteur puissant de la construction urbaine avec une panoplie d'instruments appliqués sur toute la chaîne de production de la ville, et avec en particulier des plans très détaillés regroupant réflexion stratégique et réglementation du sol. Puis, d'une part le changement de contexte a impliqué une importance de plus en plus grande donnée au marché et une importance bien moindre de la puissance publique (en termes d'action directe) et « il en a résulté une évolution radicale des modalités de la planification urbaine », (Renard, 2003). D'autre part les difficultés et les destins malheureux de certains plans régionaux ont fait perdre confiance aux urbanistes vis-à-vis de la planification régionale et la pratique a été fortement affaiblie à partir des années 70. Enfin la décentralisation a impliqué un changement de contexte très fort, modifiant considérablement la pratique de planification. Au final, le bilan de la planification des années 70 à 90 est plutôt négatif, la maîtrise de l'étalement urbain, problématique clé, n'a pas été réalisée et la différence entre la conception de la ville portée par ces documents et la réalité urbaine s'est avérée frappante (Beaucire, et al., 1999), soulevant des interrogations sur la capacité à infléchir les dynamiques urbaines. A partir des années 80 et jusqu'au début des années 2000, c'est en fait davantage aux projets qu'à la planification qu'est revenu le pouvoir normatif sur le devenir des territoires. Après la décentralisation du début des années 80, la planification présentait donc une forme relativement faible de stratégie. Toutefois à partir des années 2000, on peut observer un certain renouveau de la planification stratégique en Europe, et en particulier en France avec la loi SRU, qui souleva un certain nombre d'espoirs[57].

Une décennie après la loi SRU, que dit la littérature des outils de planification mis en place à cette occasion ? Jouent-ils leur rôle dans la recherche de durabilité urbaine ? Ou bien reconduisent-ils le relatif échec des SDAU ? Et quelle place font-ils à l'analyse économique et à la compréhension des logiques économiques à l'œuvre sur leur territoire ? Le débat sur les SCOT est important du fait de l'investissement important en termes de ressource financière et de temps qu'il représente pour les collectivités locales mais aussi car les évolutions du Grenelle II en font des outils centraux des politiques environnementales et d'urbanisme. Enfin leur analyse représente une entrée très intéressante pour la question plus générale des modes d'organisation et de gouvernance locale, problématique particulièrement importante et au cœur des débats actuels de réforme de la décentralisation.

[57] Voir par exemple le numéro d'Etudes foncières n°86, La nouvelle loi d'urbanisme en débat

1. L'efficacité de la planification en question.

L'audit réalisé pour le commissariat général du développement durable sur 14 SCOT se pose directement cette question de l'impact réel des SCOT ainsi que leur capacité à satisfaire les grandes ambitions de la loi SRU, encore renforcée par les lois Grenelle : « ce document est-il en capacité d'intégrer l'ensemble des politiques publiques issues du Grenelle de l'environnement, et ses dispositions peuvent-elles encadrer de manière précise le contenu des PLU ? » (Malfilatre et al, 2012). Ce sont ces mêmes questions que nous allons examiner à travers la confrontation des différents travaux de la littérature.

1.1 Capacité à agir sur un périmètre adapté.

1.1.1 Le choix du périmètre.

La logique du choix des périmètres est double : il s'agit de choisir un périmètre qui se rapproche de celui de l'aire urbaine : c'est par définition le lieu de vie principal des habitants, où il s'agit de mettre en cohérence les politiques publiques et d'organiser les fonctions urbaines. Il s'agit aussi de choisir un territoire qui limite les rivalités internes, permettant ainsi de mettre en place une gouvernance capable de construire et porter un projet commun. Ces deux logiques ne sont, à l'évidence, pas complètement concordantes. En pratique, il est clair que le choix des périmètres des SCOT résulte davantage de la logique politique que de la logique territoriale (Malfilatre, et al., 2012). Helluin (2006) identifie aussi des logiques opportunistes dans la mise en place rapide de SCOT sur le périmètre de groupements intercommunaux sans réflexion préalable sur les problématiques en jeu. Si certains SCOT englobent l'aire urbaine, souvent les périmètres sont trop restreints et ne correspondent pas à l'aire urbaine, ce qui se traduit parfois par des démarches inter-SCOT visant à recréer de la cohérence à ce niveau (Malfilatre, et al., 2012; Helluin, 2006).

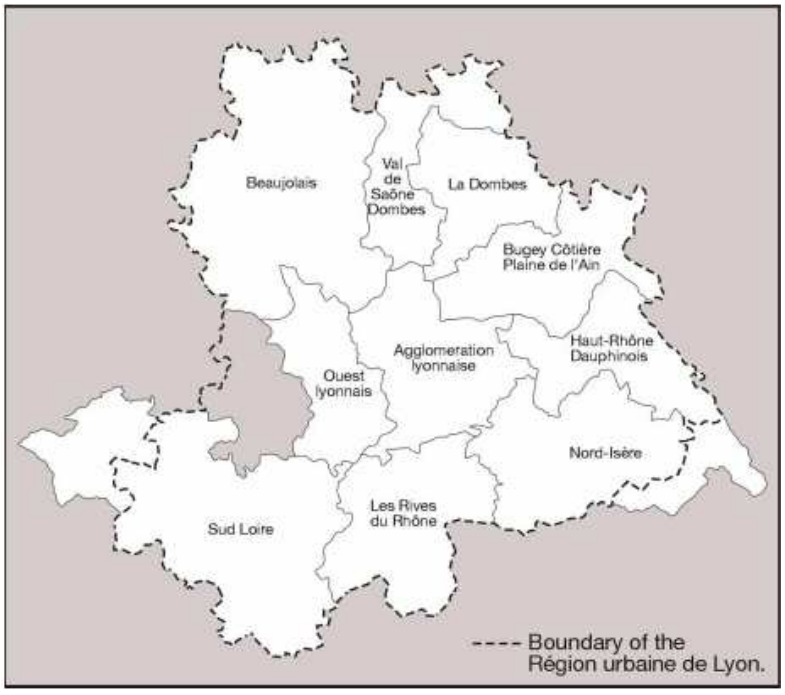
L'exemple de Lyon montre qu'il est difficile de mettre en place une région urbaine large et dotée d'un pouvoir politique ("*RUL never acquired a status as a major policy-making body and its existence has always been somewhat shadowy*") (Booth, 2009). Le climat général est celui d'une résistance des zones rurales face aux ambitions territoriales et politiques du centre urbain (l'exemple de Lyon est aussi valable pour d'autres agglomérations), ainsi la Région urbaine de Lyon (RUL) contient en fait un grand nombre de SCOT (Booth, 2009). Les tensions qui font que les territoires s'isolent dans leur propre exercice sont à la fois techniques (utilisation du sol) et politiques, avec toujours une méfiance à l'égard de la puissante communauté urbaine (la dynamique de peuplement périurbain, avec une protection du cadre de vie dans lequel on a investit, joue fortement) (Booth, 2009). Il est ainsi difficile de fédérer l'ensemble de l'aire urbaine dans un SCOT. Pour Nantes, le périmètre du SCOT inclut une partie de l'aire urbaine de Nantes et une partie de l'aire urbaine de St Nazaire, ce qui représente 800 000 habitants, alors que la somme des deux aires urbaines fait 1 060 000 habitants en 2010. De même pour Rennes, le périmètre du SCOT regroupe environ 460 000 habitants quand l'aire urbaine en regroupe 660 000.

L'exemple de Grenoble est assez différent, le SCOT incluant 3 aires urbaines et les zones rurales les entourant. Le SCOT s'est appuyé sur les logiques déjà présentes dans les Schémas Directeurs

précédents, pour lesquels l'Etat avait joué un rôle important dans le choix du périmètre. Le SCOT est donc très ambitieux par son périmètre et par le défi de faire porter un projet de territoire commun. Pendant les discussions du SCOT, cela ressortira d'ailleurs parfois dans la bouche des élus, l'argument d'un SCOT trop grand étant aisé à utiliser en cas de désaccord[58]. Au sein de ce périmètre, les sentiments de rivalité et la volonté de préserver son identité face à la puissante communauté d'agglomération de Grenoble sont également présents.

Il y a donc une grande diversité de périmètres, correspondant à l'histoire locale et à sa configuration historique. Le paradoxe étant que si un périmètre large est souhaitable pour embrasser l'ensemble des dynamiques d'importance, il peut être synonyme de SCOT *faible*, au sens où la difficulté d'atteindre un consensus dans un système hétérogène aura conduit à un projet peu ambitieux. A la limite, Le SCOT peut alors n'être qu'une somme de PLU. Si le périmètre est étroit, le SCOT peut être très ambitieux, comme c'est le cas à Montpellier par exemple, où le SCOT se situe sur le périmètre de l'agglomération. Pour ces SCOT, il apparait plus facile de rendre opérationnelles les stratégies produites, car il y a une correspondance institutionnelle avec le portage de politiques d'aménagement.

Figure 10 : Les dix SCOT de la région urbaine de LYON



Source : (Booth, 2009)

1.1.2 PLU et SCOT dans le périurbain.

Ces jeux de périmètre font que, de manière paradoxale, les outils de planification dans leurs formes institutionnelles actuelles peuvent aussi générer de l'étalement urbain. Les ménages périurbains désireux de préserver leur cadre de vie trouvent chez le maire de leur petite commune un interlocuteur attentif et disposant de pouvoirs d'urbanisme importants. Ce malthusianisme des premières couronnes des agglomérations peut donc utiliser le PLU pour bloquer l'urbanisation, repoussant celle-ci plus loin, (Charmes, 2011). La spécificité française d'accorder un tel pouvoir

[58] Entretiens EP Scot, Juin 2011

d'urbanisme à un niveau institutionnel si fragmenté (36000 communes) joue ici pleinement son rôle, (Charmes, 2011). Comme expliqué dans la partie précédente, de nombreuses aires urbaines ont vu apparaitre plusieurs SCOT, « en pétales », ce qui n'était pas l'objectif du législateur qui voulait au contraire qu'ils contiennent tous les problématiques territoriales à organiser et mettre en cohérence (Helluin, 2006). Ces SCOT trop étroits sont souvent composés de communes homogènes quand aux intérêts qu'elles ont à défendre avec leur SCOT, (Charmes, 2011). Ainsi, ces SCOT périurbains peuvent, sous couvert de lutte contre l'étalement, figer l'urbanisation et préserver leur cadre de vie, tout en repoussant plus loin l'urbanisation (Charmes, 2009). Les logiques d'entre soi sont aussi à l'œuvre et favorisent le statu quo, la règle des 20% de logement social, déjà largement non respectée, peut avoir un effet dissuasif importante, car construire plus de logements impliquera aussi de construire davantage de logements sociaux.

1.2 Capacité à porter une stratégie.

1.2.1 Nature de la stratégie.

L'audit national fait un triple constat : si les diagnostics du territoire sont généralement complets et précis, ils ne sont pas suffisamment **hiérarchisés**, c'est-à-dire qu'ils ne permettent pas d'identifier les **enjeux prioritaires** pour le projet de territoire dont ils constituent la base (Malfilatre, et al., 2012). L'audit identifie la prospective comme un point faible des SCOT, cette vision prospective n'est pas assez développée et on utilise trop souvent de simples projections. Enfin, le projet de territoire semble n'être qu'un assemblage de politiques sans toutefois que ne se dégage une vision structurante (Malfilatre, et al., 2012).

Ainsi le scénario de chaque SCOT est volontariste mais on ne produit généralement pas de scénarios alternatifs pour soutenir l'analyse (Malfilatre, et al., 2012). Dans le cas de Grenoble, l'agence d'urbanisme a pu regretter que des alternatives n'aient pas été produites, afin de donner plus de sens à la réflexion sur le projet mais il semble que les élus n'ont pas souhaité ajouter de la complexité en mettant en place plusieurs scénarios dans un processus déjà ambitieux[59]. Ces points sont particulièrement importants vis-à-vis de l'analyse économique : hiérarchisation et expression de différents scénarios sont clés. Sans alternative, l'analyse économique n'a plus vraiment de base, car tout coût est un surcoût et il est nécessaire d'écrire deux histoires pour l'évaluer (Riveline, 2005).

1.2.2 Le défi d'une stratégie sur le temps long.

Le constat de la période précédant la loi SRU est celui d'un manque de maitrise dans la durée. Pour Demouveaux (2000), les grandes lois d'urbanisme mises en place depuis les années 70 ont affichées une « grande régularité dans l'échec de leur mise en œuvre effective. » en partie parce que les objectifs de la planification étaient idéaux et donc par définition inatteignables. Il apparait clair que la dimension temporelle, c'est-à-dire la capacité de donner une direction claire à partir d'une analyse des évolutions du territoire, (fondamentale dans le couple prospective-planification), n'a généralement pas été bien gérée. Cela a conduit à de l'instabilité récurrente à chaque modification du contexte ;

[59] Discussion avec des responsables du SCOT à l'Agence D'urbanisme de la region grenobloise, Janvier 2013

incapables de s'inscrire dans le futur, les documents se basaient sur le présent et changeaient au rythme de celui-ci (Demouveaux, 2000). Pour Demouveaux (2000) le résultat est sans appel, les communes n'avaient en fait pas vraiment de projet urbain de long terme, on ne planifiait rien, et les POS évoluaient au gré des demandes des propriétaires. Une autre situation coexistait, tout aussi insatisfaisante, celle où le Maire figeait l'urbanisation et actait le statu-quo.

Pour la loi SRU, il est bien sûr trop tôt pour juger de la pérennité de la planification, il n'y a pas un assez grand recul sur les SCOT. Les démarches SCOT ont mis du temps pour se mettre en place, et l'application de la stratégie prend du temps car ces documents, une fois approuvés, doivent être traduits dans les PLU et les PDU, (et d'autant plus si ces documents ont été mis en place récemment). Du fait de l'organisation des pouvoirs d'urbanisme, il est clair que les SCOT ne sont pas à l'abri des changements d'équipes municipales lors des élections. Alors que la force du SCOT a été de faire évoluer les maires vers un projet commun, accepté par tous car issu d'un processus partagé, l'arrivé de nouveaux élus ne partageant pas forcément les orientations choisies peut être problématique. Se pose alors la question des services de l'Etat, qui doivent être l'instrument de la continuité face à des réalités politiques qui évoluent forcément lorsqu'on se projette à 20 ou 30 ans. Nous reviendrons sur leur rôle. Pour cette question de la gestion dans le temps long, la loi SRU a prévu plusieurs éléments : il doit y avoir un suivi de la mise en œuvre, permettant d'évaluer la façon dont le SCOT évolue dans les faits. La permanence de l'établissement public du SCOT (indispensable sinon le SCOT n'est plus valide), qui œuvre à le faire vivre (réalisation, mise ne œuvre, révision), apparait comme un point intéressant. En effet il est nécessaire de trouver un rythme de croisière autour du processus de planification qui n'a jamais vraiment été trouvé pour les Schémas Directeurs. Toutefois se pose la question de sa force institutionnelle, le syndicat pouvant être conservé *à minima* sans toutefois qu'il n'ait un réel poids sur le devenir du territoire.

1.3 Structure institutionnelle : la nécessaire faiblesse de la gouvernance des SCOT.

La gouvernance est un des éléments clés pour permettre à la fois de produire une réelle stratégie et de la mettre en place. Or il apparait que cette dimension souffre d'une certaine faiblesse, selon Jacquot (2009), « la mise en cohérence suppose des choix et donc des arbitrages que les établissements public en charge de SCOT n'ont pas toujours la capacité politique d'imposer. C'est pourquoi ceux-ci se sont plutôt attachés à identifier des consensus qu'à mettre en cohérence des politiques contradictoire. » Par ailleurs l'auteur considère que « si l'on veut faire du SCOT une pièce maîtresse de la planification spatiale, cela passe inévitablement par un renforcement de la capacité des intercommunalités qui les portent à résister aux pressions des communes et à arbitrer sur les questions essentielles pour imposer des solutions cohérentes » (Jacquot, 2009). Cela pose la question d'une réforme institutionnelle profonde, qui permettrait de renforcer les intercommunalités dans le domaine de l'urbanisme et les établissements publics du SCOT dans leur légitimité démocratique.

De même Wiel (2007) s'interroge sur la capacité de nos institutions à mener à bien leur mission de planification et la réponse lui apparait comme négative : la logique institutionnelle actuelle mène au

statu quo. Il n'y a pas d'incitations claires à porter un projet commun. Le SCOT repose sur la capacité des élus des différentes communes et intercommunalité à se mettre d'accord sur un projet commun, or la diversité des territoires implique des souhaits différents. Et plus le SCOT sera large, mieux il correspondra à l'aire urbaine, plus le pilotage institutionnel sera délicat. Ce mode de gouvernance très consensuel empêche de parvenir à des politiques strictes, seules capables d'endiguer un phénomène d'étalement urbain reposant sur le développement mesuré d'un grand nombre de communes (Desjardins et Leroux, 2007). Ces constructions de quelques maisons en diffus n'apparaissant pas au cas par cas comme irraisonnables, elles s'accorderont toujours avec la souplesse des orientations d'un SCOT (Godfrin, 2011) car les règles du DOO « sont généralement souples et laissent une marge d'appréciation aux personnes à qui elles sont opposables ». Cette question institutionnelle se retrouve dans la préexistence des plans locaux d'urbanisme (ou POS), qui représente une contrainte pour la planification stratégique et qui fait que souvent, c'est le SCOT qui va s'adapter aux plans locaux (POS ou PLU) et non l'inverse, (Booth, 2009). Ainsi les auteurs du SCOT grenoblois considèrent que nous nous trouvons d'une certaine façon dans une « démarche de planification globale débordée par la prééminence accordée aux décisions locales », dans un contexte où « la plupart des collectivités arrivent, dès l'origine, avec une série de projets qu'elles souhaitent réaliser. » (EP SCOT, 2012). La multiplicité des lieux de décision et le pouvoir d'urbanisme au niveau communal constituent tout un terreau de situations de blocage (EP SCOT, 2012a). Construire une gouvernance et un travail commun des élus constitue bien le principal enjeu pour le SCOT pour être réellement efficace (EP SCOT, 2012b)

Pour Booth (2009) "*the apparent coherence of the reforms of planning and local government unravels on closer examination.[..] the evidence on the ground suggests that the rationality of the legislation takes no account of political realities*". La façon dont les communautés d'agglomération et les communautés de communes ont été formées n'a pas grand chose à voir avec les aires sur lesquelles on peut avoir une planification stratégique, il y a une inadéquation entre la volonté de planification et les modes intercommunaux. Tout simplement, Booth constate que l'on bute sur la limite de la commune: celle-ci reste l'échelon qui a une légitimité démocratique et qui structure le reste de l'édifice. Ainsi chaque tentative pour surmonter cette limite implique la mise en place de dispositifs rendant les choses plus complexes. Les actuels projets de loi de décentralisation et d'urbanisme portent l'idée d'une PLU intercommunal. Cela constituerait donc une avancée intéressante pour les SCOT, avec un pouvoir d'urbanisme moins diffus, la capacité à traduire les grandes orientations dans la règle du sol s'en trouverait facilitée. Toutefois, les débats parlementaires passés et actuels montrent que la réforme de ce point est difficile, « comme si le temps ne pressait pas de confier les pouvoirs de planification à une échelle territoriale appropriée de traitement des problèmes d'organisation et d'aménagement de l'espace » (Demouveaux, Lebreton et Noury, 2011).

1.4 Capacité à traduire cette stratégie dans les faits : la difficile prescription.

La capacité à traduire la stratégie dans les faits dépend du niveau prescriptif du document, cette notion doit être analysée à partir de la réforme du Grenelle car celle-ci a eu un impact important. Nous devons aussi porter un regard attentif au couple SCOT/PLU car c'est dans cette articulation que se situe l'essentiel.

1.4.1 La réforme du Grenelle : plus de précision pour plus de prescription.

La loi du 12 juillet 2010 portant engagement national pour l'environnement (dite loi Grenelle 2) a largement modifié le code de l'urbanisme. Le SCOT devient très clairement le document stratégique de référence, c'est-à-dire que le SCOT « Grenelle » est *in fine* le seul document qui encadre l'élaboration des PLU. En conséquence, le SCOT doit être complet, c'est-à-dire qu'il doit réintégrer tous les points contenus dans les documents de planification thématiques de rang supérieur. Plus largement, les **« Schémas de cohérence territoriale sont désormais vus comme les documents de planification stratégique privilégiés pour la territorialisation des objectifs du Grenelle »** (EP SCOT, 2012a).

Par ailleurs, et alors que l'on avait réduit le caractère impératif des SCOT afin de ne pas faire que la nécessaire compatibilité n'entraine une réduction des compétences des communes, la loi Grenelle vise à renforcer le caractère prescriptif du DOO et son niveau de détails : « Il ne s'agit plus seulement d'orientations mais aussi d'objectifs à atteindre » (Malfilatre, et al., 2012). Le niveau de détails est en fait directement lié au caractère prescriptif. Godfrin (2011), à partir du débat entre compatibilité et conformité (notion beaucoup plus forte), le rappelle : l'intensité normative des règles du SCOT se trouve dans leur substance (« degré de complétude et de précision », (Lebreton, 1991), cité dans (Godfrin, 2011)) plus que dans la force du lien qui les unit (compatibilité ou conformité) au document subalterne. Plus une règle du SCOT sera précise et plus elle s'imposera aux documents inférieurs. Dans les faits et dans les SCOT étudiés par l'audit, les velléités de prescription se traduisent par le choix du vocabulaire avec plusieurs constats. Il y a une grande variété de termes utilisés (*prescription, recommandation, orientation, le SCOT propose, invite, rappelle*…) suivant les SCOT et une harmonisation serait souhaitable. Les formulations mettent en évidence la difficulté qui existe à prescrire et à formuler des exigences claires[60] (Malfilatre, et al., 2012).

Dans les cahiers du Gridauh,[61] Godfrin (2011) porte un regard général sur le SCOT, dont il considère que « leur périmètre est souvent trop étroit, leur contenu peu ambitieux, leur force contraignante faible », et analyse les apports de cette réforme. Il remarque que si celle-ci rend le SCOT plus fort et plus contraignant, elle le rend aussi plus complexe, et **ne s'attache pas aux questions institutionnelles**. Or d'une part, le droit de l'urbanisme qui définit les documents de planification est

[60] « Cette disparité de vocabulaire révèle également les limites de la construction d'un point de vue commun et de l'acceptabilité des analyses et des décisions par l'ensemble des acteurs concernés. » (Malfilatre et al, 2012)
[61] Groupement de recherche sur les institutions et le droit de l'aménagement, de l'urbanisme et de l'habitat

déjà très complexe, posant un problème de faisabilité et d'application et limitant le pouvoir réformateur (Jegouzo, 2012 ; Tribillon, 2001). D'autre part **la question institutionnelle apparait comme essentielle** pour le succès des SCOT et constitue aujourd'hui un point faible comme nous l'avons vu précédemment. Les attentes vis-à-vis des effets de cette réforme apparaissent donc comme limitées même si ces SCOT Grenelles, plus contraignants, pourraient apporter des résultats intéressants dans certains territoires sur la question de la maitrise foncière en périphérie (cela va prendre du temps, en particulier car cela nécessite de retranscrire sa politique dans les PLH et PLU).

Par ailleurs, cette réforme interroge plus fondamentalement sur la stratégie du législateur. A peine mise en place, la démarche issue de la loi SRU est déjà largement modifiée alors même que de nombreux territoires travaillent encore sur la mise en place de leur SCOT 1ère génération. De plus les SCOT devront être révisés avant 2016, ce qui implique une charge importante de travail pour les élus et les agences d'urbanisme. **Cela pose question quand à l'utilisation des ressources, et quant au degré de confiance du législateur dans la capacité à prescrire de la 1ère génération de SCOT.** Godfrin identifie bien que lors des débats du Grenelle, « il est apparu primordial de donner un nouveau souffle au SCOT (le rapport du comité opérationnel Urbanisme du Grenelle de l'environnement insiste longuement sur la nécessité de renforcer le contenu du SCOT et d'élargir son opposabilité) », afin d'atteindre les objectifs premiers du SCOT. Cette relative faiblesse de la 1ère génération est confirmée par l'audit : « les orientations des SCOT sont le plus souvent peu précises. Les marges d'appréciation laissées aux communes pour élaborer leurs PLU sont donc très larges, sans doute même trop larges par rapport à l'esprit de la loi Grenelle 2 » (Malfilatre, et al., 2012).

Encadré 6 : un point sur les SCOT

Un point sur les SCOT.

Un SCOT coûte environ 5-10€ par habitant pour son élaboration (Dreal franche Comté, 2011), auquel il faudrait ensuite ajouter le suivi de mise en œuvre et les renouvellements. Les coûts dépendent beaucoup du niveau des études existantes sur le territoire, de la capacité à les faire réaliser en interne ainsi que du niveau d'ambition du projet. Pour le SCOT d'une grosse métropole, on peut donc monter jusqu'à 3 millions d'euros. La durée d'élaboration est importante, entre 30 et 64 mois (Ministère des transports, 2005). Il y a environ 400 SCOT regroupant 44 millions d'habitants. Ce serait donc entre 200 et 400 millions d'euros qui sont dépensés par les collectivités locales pour les SCOT. Voici l'état des lieux au 1er janvier 2012 (Fédération nationale des SCOT, 2012) :

	SCoT (nombre)	*communes (nombre)*	*population (habitants)*	*surface (km²)*
périmètres arrêtés	**61**	2 964	3,5	43 653
élaboration engagée	**144**	7 689	16,3	103 864
projet arrêté	**43**	2 286	6,0	34 020
SCoT approuvé	**142**	6 592	18,9	93 383
total	**390**	**19 522**	**44,7**	**274 920**

Enfin, concernant le couple SCOT/PLU, on peut penser qu'il existe un certain flou sur la philosophie de ce qu'est la planification stratégique. Il est clair pourtant que la planification n'est plus dans le vieux paradigme d'un master plan couplant prévision et réglementation du sol, planning et zoning, la loi de 67 en séparant SDAU et POS avait déjà acté cette évolution. Godfrin (2011) le rappelle : « Les rapporteurs de la commission de l'économie du Sénat et de la commission du développement durable à l'Assemblée ont insisté sur la nécessité de conserver au SCOT sa spécificité de document d'orientation ». De plus, l'argument d'un urbanisme de plus en plus négocié, multi-acteur, plus souple et évolutif, remet bien en cause cette vision de la planification. Toutefois Godfrin (2011) souligne que la loi SRU comme la loi Grenelles II, permettent au SCOT de se rapprocher du PLU en pouvant édicter des règles très précises pour l'usage des terrains, alors même que le PLU doit lui aussi proposer un projet urbain à l'échelle de la commune. On renforce donc le contenu du SCOT, suivant en cela le raisonnement juridique précédent sur le niveau de substance, mais cela peut aussi conduire à terme à « remettre en cause la distinction SCOT/PLU » (Jegouzo, 2010).

Au final, la tendance a été de renforcer le texte, ce qui présente le risque de rendre encore plus complexes les processus et d'ignorer la dimension institutionnelle, alors que celle-ci conditionne à la fois la portée de la stratégie territoriale et son portage. En l'absence de réforme institutionnelle, le législateur est naturellement orienté vers la logique de renforcement du texte, avec l'ambition d'écrire la « règle de la règle » (Castel, 2002) au risque de fourvoyer l'esprit stratégique du SCOT sans toutefois améliorer son efficacité.

1.4.2 Quel est véritablement l'objet principal de la planification ? Un processus au-delà du texte.

Le SCOT n'est pas seulement un document ayant une force juridique, c'est aussi un processus de négociation, une démarche collective. Ainsi la capacité à se traduire dans les faits ne se juge pas uniquement par l'analyse du document. Si l'on prend l'exemple de Grenoble, plusieurs éléments jouent pour que le SCOT s'exprime fortement sur le territoire. La première est un travail très important de l'agence d'urbanisme et de l'EP SCOT pour convaincre les élus, ce qui implique que la production du SCOT prenne parfois plusieurs années et ce qui nécessite généralement l'appui des élus « forts » du territoire. Ensuite le caractère prescriptif du SCOT dépend de la vérification de la compatibilité des documents inférieurs et des décisions, qui est réalisée par la DDT durant le contrôle de légalité. Cette notion de compatibilité permet une certaine souplesse, mais si la DDT maitrise et partage les orientations du SCOT, alors on peut penser que les orientations du SCOT seront suivies. Il est donc nécessaire de pouvoir reposer sur une DDT efficace sur l'évaluation de la compatibilité des PLU avec le SCOT et de fortement l'impliquer dans la démarche SCOT afin d'en partager les orientations. Dans le cas de Grenoble, la DDT a parfois demandé à revoir des propositions de PLU car ils n'étaient pas cohérents avec la démarche SCOT concernant l'ouverture de foncier en périphérie (alors même que le SCOT n'était pas encore approuvé). L'audit considère également que le rôle des DDT doit rester central pour inscrire dans la durée les orientations du SCOT, cela implique que ses compétences et les moyens humains soient renforcés. Au niveau local, le SCOT est donc un processus qui implique différents acteurs sur la durée.

Par ailleurs la loi SRU et les SCOT en particulier doivent être analysés sur le temps long. Ce sont des séquences intermédiaires, un passage dans la longue histoire administrative du pays et une montée en compétence sur les questions de développement durable. Ainsi, pour reprendre la formule de (Desjardins et Leroux, 2007) : « La mise en œuvre des SCOT permet de faire de la *pédagogie*, selon un mot répété à satiété lors des réunions professionnelles de planificateurs ». Il s'agit de faire passer progressivement les enjeux du développement durable de la loi SRU auprès des élus. Par ailleurs il s'agit de faire en sorte que les élus se parlent de nouveau, sur un nombre de plus en plus large de sujets[62] qui pouvaient difficilement être abordés auparavant[63]. Il s'agit de reconstruire de l'intercommunalité au sens large après une étape de décentralisation, pour le dire autrement le « volet planification de la loi SRU doit être compris comme une loi de mise en mouvement des acteurs » (Leroux, 2010, p. 425). Sur ces deux grands points (pédagogie et entente locale), le SCOT semble indéniablement un succès, il est considéré comme utile par les acteurs locaux[64]. Par ailleurs, il faut avoir à l'esprit que la planification des SCOT est un moyen de politique publique et un mode de planification et de coordination parmi d'autres (Scherrer et al, 2008, Desjardins et Leroux, 2007). Il peut ainsi avoir un décalage entre la temporalité d'un changement de logique administrative et des processus locaux de coordination et la demande urgente de modifier nos modes de développement urbain.

1.5 Capacité à articuler transport et urbanisme.

Desjardins et Leroux (2007) s'interrogent sur la capacité de l'outil SCOT à articuler transport et urbanisme, élément clé de la planification, en examinant la façon dont les acteurs locaux se sont saisis de ce nouvel outil de planification. A partir du SDAU, qui n'a pas été le bon outil pour les politiques de transport, nous avons vu que la loi SRU organise l'articulation transport urbanisme en rendant le SCOT opposable au PDU lui-même étant opposable aux PLU. Desjardins et Leroux (2007) remarquent que si nombre d'outils du SCOT permettraient une meilleure articulation transport-urbanisme, les configurations institutionnelles limitent fortement cette ambition. Centré sur l'agglomération il rate les problématiques de l'aire urbaine, visées par le législateur ; élargit à l'aire urbaine, la structure institutionnelle éclatée en un grand nombre de maires et plusieurs intercommunalité implique que « les véritables choix en matière d'aménagement sont très rarement effectués », rejoignant ainsi les conclusions de Wiel (2007) et Helluin (2006). Les SCOT ne peuvent sortir de la dualité entre des intercommunalités disposant d'un PDU et organisant l'offre de transport en commun sur leur territoire et le reste de l'aire urbaine pour lequel la voiture domine largement, dualité déjà identifiée par Offner (2003) dans les PDU. L'analyse des PDU montre par ailleurs la difficulté à créer de nouveaux référentiels pour les acteurs, de vision commune des enjeux de mobilité, et il s'avère que ce manque de problématisation a pu affaiblir la portée des PDU et au final ce sont clairement les projets qui dominent la planification (Offner, 2003). Dans certains cas, on observe même une inversion entre plan et projet, car c'est le projet qui a induit une relance des exercices de planification, (Gallez et Hanja-Niriana, 2007).

[62] Le sujet fiscal reste un sujet particulièrement difficile à aborder, si l'on en croit l'expérience grenobloise.
[63] Entretien P.Miquel, Chef du pôle planification territoriale stratégique au MEEDDM 11/01/2013
[64] Entretien P.Miquel 11/01/2013

Une autre question institutionnelle touchant cette fois-ci plus directement les services de l'Etat est identifiée. Les infrastructures de transport, si elles sont déclarées d'utilité publique, sont directement compatibles au SCOT, (Desjardins et Leroux, 2007). Le SCOT est ainsi dépassé pour des politiques de développement ayant un impact significatif sur la cohérence transport-urbanisme qu'il est censé réguler. Ce point est central comme souligné par Offner (2007) « un **impensé sidérant subsiste** : les infrastructures de l'automobile. Le développement du réseau routier, sa conception, ses modes d'exploitation, se font en toute autonomie, loin des procédures censées fonder une intelligence globale des situations territoriales. Alors que l'essentiel – l'étalement urbain et les localisations, les programmes d'activités et le partage modal, les rapports entre ville-centre et périphéries – se joue là : dans le tracé des voies, dans le maillage du réseau, dans sa hiérarchisation et sa fonctionnalité, dans les vitesses praticables… ». Le SCOT grenoblois considère ainsi qu'il n'a pas forcément tous les leviers fondamentaux, en particulier car « Les grands réseaux routiers et autoroutiers – qui ont rendu possible la périurbanisation – sont entre les mains de l'Etat et de ses concessionnaires autoroutiers ainsi que du Conseil Général » (EP SCOT 2012a).

Nous retenons enfin des travaux d'Offner (2003) et Desjardins et Leroux (2007) sur le transport l'idée que pour améliorer l'efficacité de la planification, il est nécessaire de construire des référentiels communs, permettant de forger une vision problématisée du futur de la ville. De nouveaux outils d'ordre organisationnel et de compensation sont nécessaires pour gérer les gains et les pertes issus des choix opérés par le plan ainsi que les tensions issues de la nécessité de faire un travail transversal.

1.6 La difficulté à problématiser la ville durable et gérer les conflits.

Pour Beaucire (1998), deux éléments expliquent le relatif échec des politiques de planification urbaine des années 70 à 90 : d'une part le manque de consensus parmi les acteurs urbains sur le modèle de la ville durable soutenu par la planification et la plupart des urbanistes ; d'autre part le manque d'outils de compensation entre perdants et gagnants des orientations de la planification. La planification repose sur un modèle de la ville révélant un certain impensé de la périphérie, donnant l'image de deux villes, la ville dense et centrale et la ville de périphérie, dos à dos. Pour Beaucire il est nécessaire avant tout de réconcilier centre et périphérie, ce sont deux modèles de villes dans un débat qui continue avec un décalage trop large entre les deux. La planification reposerait de manière trop importante sur un seul de ces modèles (la ville dense et mixte de la loi SRU) et son échec montre que ce modèle ne fait pas consensus. Il faut donc repenser la périphérie comme un lieu pour l'urbanisme, autrement dit il faut recréer une pensée *urbaine* du périurbain, et il ne faut plus opposer les deux modèles mais composer avec eux des solutions hybrides[65]. Il s'agirait donc de replacer le rôle de la planification spatiale : il ne s'agit pas d'interdire l'étalement urbain (ce qui supposerait un « retournement » difficile à créer) mais bien de mieux l'organiser, d'orienter le développement vers

[65] Ces idées étaient particulièrement présentes dans les interventions de J.M.Roux et O.Mongin lors de la conférence à SciencePo La ville à l'épreuve des crises, une opportunité pour refonder la fabrique urbaine ? 24 Juin 2013.

les zones qui le font le plus sens pour la collectivité et pour les futurs habitants, en particulier concernant les alternatives possibles à la voiture (Beaucire, 1998 ; Renard, 2013).

Cette analyse nous semble toujours particulièrement valable aujourd'hui et elle nous ramène finalement sur la question économique. L'enjeu de la planification territoriale est de « traiter comme un seul et unique problème les questions relatives au centre et à la périphérie » et cela nécessaire une « grande solidarité de conception, d'action et de financement entre les différentes parties de la ville » (Beaucire, 1998). En effet, sans cela « il est illusoire de pouvoir obtenir quoi que ce soit dans la périphérie, qui est le lieu, précisément, où les acteurs privés de la ville, ménages et entreprises, ne payent pas le vrai prix de sa construction : les coûts directs y sont faibles car ils n'incorporent pratiquement pas de coûts collectifs » (Beaucire, 1998). L'enjeu est de construire une gouvernance capable de réaliser cela dans le cadre des SCOT, gouvernance aujourd'hui absente. Nous reviendrons sur cette idée de compensation entre les gagnants et les perdants de la planification lorsque nous nous intéresserons aux coûts de l'urbanisation.

1.7 Des explications à trouver du côté du droit de l'urbanisme.

1.7.1 Clarté et simplicité.

Les juristes apportent une lecture critique des outils introduits par la loi SRU, critique qui déborde parfois plus généralement sur le droit de l'urbanisme et qui pointe ses incohérences et sa complexité, complexité qui implique une application très longue et ardue (Jegouzo, 2012). Ainsi Auby (2006) observe « un déclin du droit de l'urbanisme », qui mêlerait de plus en plus « dans ses instruments réglementaires et planificateurs, ce qui est prescription et prévision ». Le cas du PADD (PLU) montre bien cela, on voulait lui donner une autorité juridique, sans toutefois comprendre que cela impliquait un contenu prescriptif et non de simples prévisions (Auby, 2006).

Le fait que la loi SRU introduise[66] des principes généraux dans des textes d'urbanisme n'est pas étranger à cette situation (en particulier Article L121-1), (Jegouzo, 2012). Cela peut déstabiliser l'usager du droit et créer de l'incertitude juridique. Il est beaucoup plus difficile de juger si les objectifs ont été atteints par rapport à une règle d'urbanisme plus classique. Par ailleurs Jegouzo (2012) voit dans la loi SRU une véritable mutation de la planification, qui se traduit par un enrichissement considérable des PLU. Ainsi leur élaboration nécessite une véritable ingénierie, que les 36000 communes n'ont pas. C'est comme si l'on avait des « Rolls Royce » juridiques (SCOT, PLU) or peu de collectivité ont les moyens de s'en servir (Jegouzo, 2012). La combinaison de tous les documents environnementaux et autres schémas locaux (eau, biodiversité, bruit…) rendent complexes les procédures d'urbanisme. Pour Tribillon (2001), la complexité de l'édifice montre que le « législateur a

[66] A propos d'objectifs généraux comme la lutte contre le changement climatique ou la réduction des émissions de GES, introduit pour le PLU par la loi Grenelle II, Lebreton et Jacquot notent : « La portée juridique de ces nouvelles obligations, comme des anciennes d'ailleurs, semble renforcée puisque l'article L. 123-1 modifié par la loi Grenelle II dispose : « Le plan local d'urbanisme respecte les principes énoncés aux articles L. 110 et L. 121-1 » du code de l'urbanisme. Mais ce volontarisme législatif risque fort de se heurter à la jurisprudence du Conseil constitutionnel qui considère qu'en raison de l'imprécision des objectifs mentionnés, les dispositions de l'article L. 121-1 « doivent être interprétées comme imposant seulement aux auteurs des documents d'urbanisme d'y faire figurer des mesures touchant à la réalisation des objectifs qu'elles énoncent ; qu'en conséquence, il appartient au juge administratif d'exercer un simple contrôle de compatibilité » (Cons. const. 7 déc. 2000, n° 2000-436 DC, D. 2001. SC. 1840, obs. L. Favoreu). ». (Lebreton et Jacquot, 2010)

pensé à tout, sauf à la manière pratique de faire ». L'ensemble juridique est très beau, mais on peut s'interroger sur sa faisabilité, très, trop complexe (Jegouzo, 2012). La réalité de la décentralisation est qu'un grand nombre de communes n'a pas les moyens suffisants pour mettre en œuvre le droit de l'urbanisme, (Demouveaux, 2000 ; Jegouzo, 2012).

Si certains regrettent la complexité du code de l'urbanisme, la simplification ne semble pas non plus une voie plus faisable : d'une part parce que la complexité est inhérente aux thèmes traités, en particulier avec l'introduction d'exigences environnementales, (Jegouzo, 2010). D'autre part pour Demouveaux (2000) c'est dans la nature des documents d'urbanisme et de ceux qui le portent que de produire un document touffu, complexe, mélangeant les genres. La simplicité ne doit d'ailleurs pas être un idéal à atteindre pour le droit de l'urbanisme, si ça avait été le cas, avec des documents restés très simples, on les aurait critiqués pour cela. Que faire alors ? Il est clair que cette complexité implique un haut niveau de compétence de la part de ceux qui doivent l'utiliser : soit par un savoir-faire interne, soit par un accompagnement par les services compétents de l'Etat (pour les petites collectivités qui n'auraient pas les moyens de monter en compétence en interne). Cette compétence doit permettre de faire la part des choses et d'identifier les éléments de la boite à outils et les obligations les plus essentiels. Cela constitue une condition à respecter pour la gouvernance locale.

1.7.2 Philosophie des outils de politique publique.

Auby (2006) formule une critique en termes de politique publique : les outils n'ont pas suffisamment évolué et l'on resté sur « un mélange malheureusement cohérent d'obsession planificatrice, de vision essentiellement fonctionnaliste de l'urbain, et d'appréhension essentiellement technocratique de la chose publique » et cela représente une réponse limitée aux problématiques urbaines. Demouveaux (2000) le dit d'une autre manière : « [la planification urbaine] est restée fidèle à la conception policière et non contractuelle du droit public français. Elle exhorte, réprimande ou interdit, mais jamais elle ne propose, ne contracte ni ne négocie. ». En disant que « la société contemporaine ne se laisse pas gouverner par décret » Auby (2006) dénonce un certain archaïsme des outils de politiques publiques actionnés. Il faut selon lui sortir du tout réglementaire et élargir la palette d'outils, par exemple en utilisant mieux la fiscalité de l'urbanisme qui aujourd'hui n'a pas de rôle d'incitation ni d'orientation. Or ce n'est pas le chemin qui a été suivi, comme l'observe Tribillon (2001), si la loi SRU est plus ambitieuse, ses outils, ses moyens d'intervention ne le sont pas.

Auby (2006) voit comme explication à cette situation une décentralisation *inachevée* pour le droit de l'urbanisme. Cette explication peut sembler étonnante car nous avons au contraire l'impression d'être allé au bout de la décentralisation avec le pouvoir des communes. En fait pour Auby, « la législation est toujours demeurée dans une sorte d'entre deux entre une confiance peut-être excessive faite aux autorités locales et un désir rémanent de conserver aux autorités d'Etats des outils divers de pilotage ». De là découle en partie la confusion du système et la grande quantité de schémas de planification à articuler. Booth (2009) remarque que dès les lois Defferre « *many commentators seeing the central-state re-asserting its old control in other ways through the very legislation that was designed to free communes from central strangehold* ». Vigouroux (1983) observe dès le début que le

droit se décentralise davantage dans « sa procédure que dans sa conception fondamentale », il n'y a pas de *droit local* contrairement à l'Angleterre ou à l'Allemagne. Le droit est uniforme sur le territoire. En se prêtant au jeu de la prospective, il imagine pourtant comme possible à termes un droit de l'urbanisme modulé entre régions.

Les réformes récentes ne semblent pas être capables de changer cet état de fait. La loi Grenelle II renforce la philosophie qui a présidé à la mise en place des SCOT et poursuit toujours plus loin dans la même direction d'un renforcement de la logique réglementaire et des textes.

2. La faible place de l'économie.

2.1 Capacité à connaître et maitriser les logiques économiques à l'œuvre.

Nous avons mis en avant dans le chapitre 2 que la planification de par sa nature même, devrait reposer sur une réflexion de nature économique. Cette réflexion est nécessaire suivant trois niveaux : d'une part pour justifier de son apport à la collectivité et légitimer son action, d'autre part pour identifier les orientations les plus souhaitables pour le territoire, enfin pour faciliter l'identification des moyens permettant d'appliquer la stratégie sur le territoire. La sous-partie précédente s'intéressait à cette dernière dimension sous une dimension juridique en s'interrogeant sur le caractère prescriptif du SCOT. Nous allons maintenant analyser cette question sous une autre dimension, celle de la capacité pour la collectivité publique à agir sur un territoire, avec la concurrence d'autres forces, en particulier économiques.

Nous pouvons par ailleurs retenir plusieurs éléments de la sous-partie précédente. Il y a peu de hiérarchisation et pas de scénarios alternatifs dans les SCOT. Ce sont des indices assez clairs d'un manque d'analyse économique, en particulier sur la question des directions les plus profitables à la collectivité. De plus, nous avons compris que la capacité à porter des projets communs impliquait un certain niveau de solidarité, une forme de compensation entre les perdants et les gagnants que la planification fera inévitablement si elle conduit à de vrais choix stratégiques, or ces mécanismes n'existent pas. Wiel (2000) porte un regard sans concession sur cette absence en remarquant que « les beaux schémas colorés » ne produisent pas la cohérence territoriale, car les gestionnaires locaux ont les yeux rivés sur leurs revenus fiscaux. Cela pose donc la question de la péréquation entre territoires, question que nous aborderons.

2.2 Une logique d'ensemble a-économique.

Les économistes pointent une carence dans la prise en compte des logiques fiscales et financières, qui sont pourtant au cœur des mécanismes urbains que la planification urbaine est censée réguler. Les outils fiscaux, que ce soit au niveau local avec les taxes foncières, ou au niveau national avec les « Robien », « Scellier », futur « Duflot » et autres PTZ, ont un impact considérable sur le développement urbain de par leur caractère incitatif (Renard, 2006a). Or cet impact n'est généralement pas évalué, ni avant ni après leur application et donc encore moins accordé aux objectifs des politiques d'urbanisme, alors qu'il serait nécessaire que les politiques fiscales soient

correctement articulées à la planification urbaine (Renard, 2006a). Un dispositif comme les frais réels, disposition fiscale permettant de déduire ses dépenses en transport de son revenu disponible, et donc d'obtenir une réduction d'impôt d'autant plus grande que l'on parcourt beaucoup de kilomètres quotidiens, présente un autre exemple de dispositif national non territorialisé qui a potentiellement un effet sur l'aménagement du territoire (nous analyserons cette question dans le détail dans le chapitre 8).

Plus fondamentalement, le raisonnement de Renard (2006b) est le suivant : le droit de l'urbanisme s'est largement développé à une période où l'Etat intervenait fortement dans la fabrique de la ville, en administrant les prix, en mettant en places des outils fiscaux spécifiques, en intervenant directement sur les marchés, ainsi « les règles d'évaluation (des prix) relevaient au moins autant de textes juridiques que du fonctionnement des marchés ». Par ailleurs, Renard (2006b) observe que les règles régissant l'urbain (réglementation du sol, fixation du loyer, prix du sol agricole..) ont des impacts distributifs importants (dans un système urbain, la valeur d'un bien foncier ou immobilier est fortement liée aux droits qui lui sont attachés) or la redistribution n'est pas leur objectif premier, elles visent avant tout à la mise en œuvre de politiques sectorielles. La question de la pertinence économique du droit de l'urbanisme est donc essentielle, en particulier dans un système où les marchés sont devenus dominants, car elle détermine l'efficacité et l'équité des politiques (Renard, 2006b). Toutefois le droit de l'urbanisme et les politiques urbaines ne reposent pas sur une telle logique et sont restés sur une logique administrative, il parle d'une « *résistance* à admettre les résultats des mécanismes de marché » (Renard, 2006b). On observe par exemple en France que l'administration publique ne veut pas se référer au prix de marché, à la valeur vénale des biens, et l'on reste à une définition administrative de cette valeur. On comprendra que le manque d'une base rigoureuse participe à rendre plus malaisée encore la pertinence économique des règles et instruments d'urbanisme (Renard, 2006b). Plus généralement la conception française du droit de propriété n'est pas étrangère à cette situation (voir ci-dessous).

Encadré 7 : Les conceptions et organisations juridiques du droit de propriété

On peut identifier deux grandes conceptions du droit de propriété :

- « la tradition civiliste conçoit la propriété comme un bloc assez monolithique de prérogatives attribuées à une seule personne, le propriétaire » (Auby, 2013). Par exemple en France, l'article 17 de la DDH en fait un droit inviolable et sacré en 1789, le citoyen ne peut en être privé sauf par « nécessité publique légalement constaté l'exige évidemment et sous la condition d'une juste et préalable indemnité. » Le code civil de 1804, fait de lui le droit de disposer des choses de la manière la plus absolue et parle ensuite d'utilité publique pour le restreindre. C'est toute l'ambiguïté du concept : il est en même temps installé inaliénable et restreint (Comby, 1989).
- « la tradition de commonlaw conçoit la propriété comme un éventail de droits variés, de nature différente, qui peuvent aisément être dissociés entre plusieurs titulaires : par exemple, un titulaire de droits sur le sol et des titulaires de droits distincts sur ce qui est construit sur lui » (Auby, 2013). Culturellement, dans certains pays (Pays-Bas, Allemagne), au droit de propriété est associée, une certaine notion de devoir, par exemple celui de favoriser l'urbanisation d'un

terrain bien situé et déclaré constructible soit par la vente à la collectivité à un prix fixé soit par la mise en place d'un projet (Renard, 2010). Le propriétaire pourra ainsi avoir à faire construire sur son terrain ou bien il pourra faire jouer son droit de délaissement à la collectivité publique, en échange d'un prix administré. Cela tend à réduire la charge foncière car le propriétaire prend en charge une partie des coûts d'urbanisation. Et dans ces pays la politique foncière est particulièrement bien articulée à la planification (Renard, 2010).

Ainsi alors que c'est un droit économique et social dans d'autres pays, il est présenté comme un droit fondamental en France. Cette façon de se le représenter s'accompagne d'une vision administrative et non économique de ce droit, il y a d'une certaine façon un tabou du droit de propriété selon J.Comby. Cela conduit à une logique où l'on nie les conséquences, en particulier marchandes, des droits concurrents, ce qui n'est pas sans conséquences sur la fabrique de la ville (fiscalité foncière et base fiscale, redistribution dans la planification..).

Les valeurs locatives cadastrales

Les Valeurs locatives cadastrales sont une des principales assiettes d'imposition au sein de la fiscalité directe nationale comme locale (Taxe d'habitation, taxes foncières sur les propriétés bâties et non bâties, taxe d'enlèvement des ordures ménagères (TEOM), cotisation foncière des entreprises). Ces dispositifs fiscaux sont donc dépendants des valeurs locatives et de leur évolution dans le temps. Or ces valeurs reposent sur des évaluations de 1970, et n'ont pas suivi les évolutions du marché. Cela représente donc une source d'inéquité car la valeur locative cadastrale ne représente plus la valeur réelle.

Même si de lourds travaux de révision ont été réalisés dans les années 90, et si le changement de base revient très fréquemment dans le discours politique, cette réforme a pour le moment toujours été repoussée. En effet, au-delà de la complexité technique qu'elle impose pour l'appareil fiscale, du changement de philosophie qu'elle représenterait, elle impliquerait aussi des bouleversements fiscaux pour les contribuables (forte hausse pour certaines parties de la population).

Ce refus de s'appuyer sur la valeur vénale enlève tout poids à la taxe sur le foncier non bâti, ce qui limite l'incitation à vendre pour l'urbanisation. (« les terrains chers et bien placés, classés constructibles par les documents d'urbanisme, sont des « friches » au sens fiscal, c'est à dire qu'ils paient un impôt dérisoire » (Renard, 2006a)). Ce point est significatif du caractère a-économique du droit de l'urbanisme, ce qui a une influence directe sur la planification.

2.3 Quelle maitrise des mécanismes de fabrique de la ville ?

2.3.1 Les mécanismes en jeu.

Les travaux de J.C.Castel, urbaniste de l'Etat et chef de groupe observation urbaine au CERTU visent à combler le manque de prise en compte des logiques économiques dans l'urbanisme (planification) : ils sont donc emblématiques des questionnements qui se posent dans ce travail. Nous les détaillerons dans le chapitre 5, lorsque nous expliciterons les dynamiques urbaines. A ce stade le point qui nous intéresse est que ces travaux de recherche opérationnelle sont significatifs d'un manque. Ce manque

est celui de la vérification du « réalisme des objectifs d'urbanisme relatifs aux densités projetées », du fait de débats n'étant que trop souvent « opposition de principes et de dogmes » (Castel et Jardinier, 2011). Ainsi Castel et Jardinier (2011) et Bouteille (2008) décrivent les mécanismes économiques liant densité et prix de revient, explicatifs des formes urbaines construites, à partir d'une analyse des rentabilités des constructeurs suivant les prix du foncier, la densité et les coûts de revient. Ces travaux explicitent la logique du développement urbain actuel par l'étalement. On remarque ainsi que les règles de densification édictées par les urbanistes se heurtent souvent à la logique économique des acteurs en particulier dans le périurbain, (Castel et Jardinier, 2011), ce qui tend à montrer que ces logiques économiques sont largement ignorées des planificateurs[67], et ce qui explique que les PLU se retrouvent parfois « plantés »[68]. Concrètement cela signifie simplement que les orientations inscrites dans les SCOT en nombre et type de logements, ou les chiffres des PLU indiquant une hausse de la densité par l'intermédiaire de hausses de COS, ne correspondent pas forcément à la réalité des acteurs de l'aménagement ni à celle du marché local. Ainsi, « une analyse économique s'impose pour déterminer les faisabilités réelles et identifier, dans chaque lieu, si les points de blocage à l'évolution des formes urbaines sont de nature économique, réglementaire ou politique » (Castel et Jardinier, 2011) et permettre ainsi d'identifier la contribution nécessaire de la collectivité locale. Cette analyse économique n'est que rarement faite, ainsi, non connectée à la logique du marché et de ses acteurs, la planification est donc souvent impuissante à orienter le développement urbain. Comme le résume P. Miquel, Chef du pôle planification territoriale stratégique au MEEDDM : « Quant au milieu professionnel des urbanistes au sens large, il est souvent divisé entre celui des aménageurs qui pestent après les contraintes fixées par les planificateurs, alors que les planificateurs ne comprennent pas que les projets d'opérations anticipées ne se réalisent pas là où la réflexion globale les avait prévues... » (Miquel, 2012).

Cela s'explique en partie par l'émiettement de la compétence urbanisme. En effet les communes, nombreuses et souvent avec de faibles moyens dans le périurbain, n'ont pas toujours les compétences nécessaires pour réaliser ce type d'analyse. L'existence des communautés d'agglomération ou communautés de communes ne résout pas forcément ce problème car la compétence intercommunale d'urbanisme est largement à construire (l'urbanisme (réalisation et gestion du PLU) n'est pas une compétence obligatoire pour les communautés d'agglomération[69], alors qu'il l'est pour la communauté urbaine). Ainsi pour Bouteille (2008) les plans d'urbanisme ne font pas la ville, car se contenter d'interdire la ville que l'on ne veut pas ne permet pas de construire la ville que l'on veut, si les opérateurs ne trouvent pas d'intérêts financiers à construire dans le contexte induit par la réglementation. Au final "si nos plans d'urbanisme sont si peu efficaces, c'est parce que ce ne sont pas des plans" mais des listes d'interdictions (Bouteille, 2008). On retrouve le sens de la critique d'Auby (2006), taxant de « police administrative » la politique d'urbanisme et appelant au

[67] Dans les grandes collectivités, cela est beaucoup moins valable, car il y a généralement un haut niveau de maitrise technique. Mais l'essentiel de la croissance ne se fait pas dans les grandes villes centres, bien au contraire.

[68] Entretien EP Scot, 2011, O.Alexandre, C. Lousteau, C. Tahmazian ; nous les remercions pour leur disponibilité et les nombreuses discusssions qui ont permis de tester nos analyses de la pratique de la planification.

[69] http://www.legifrance.gouv.fr/affichCodeArticle.do?cidTexte=LEGITEXT000006070633&idArticle=LEGIARTI000020951483&dateTexte=

renouvellement de ses outils, au-delà de l'interdiction réglementaire. Cela oriente vers l'idée d'une planification *active,* c'est-à-dire faisant davantage d'effort pour promouvoir ce que l'on souhaite plutôt que de décourager ce que l'on ne veut pas, plus proche de la logique à l'œuvre en Allemagne ou au Pays-Bas.

On notera selon P.Miquel qu'il y a un travail pédagogique important à faire sur la densification. Une des propositions de la future loi urbanisme (Ministère de Mme. Duflot) serait que dans les SCOT soit réalisée une étude sur la densification des formes urbaines, quel que soit le type de terrain afin de faire en sorte que ce soit accepté, négocié et raisonnable. Le défi est de densifier en préservant l'identité paysagère. Toutefois cela ne comprendra probablement pas des études économiques de faisabilité du type de celle présentée par Castel : selon Miquel ce serait aller trop loin et trop vite et ne semble pas faisable. La réalité est qu'en termes de savoir-faire urbanisme-aménagement, nécessaire pour la réalisation de la planification de la loi SRU, on part de très loin et c'est aussi l'objectif de ces démarches de planification que d'amener à une reconstruction de ces savoir-faire selon Strebler, Directeur de la fédération nationale des SCOT[70]. Cela met en relief un point fondamental : nous sommes dans une période de reconstruction de la planification et concrètement, l'analyse économique n'apparait pas comme le savoir prioritaire à mobiliser.

Pour sortir de la logique réglementaire et pour aller vers une planification davantage capable de se traduire dans la production de la ville, la chaine de transmission semble manquer[71]. Cela s'explique d'une part par l'organisation institutionnelle, comme nous l'avons vu auparavant, les lieux de la planification et de l'urbanisme opérationnel ne sont pas les mêmes. Par ailleurs il est clair que la loi SRU a mis l'accent sur l'encadrement au détriment de la capacité de déclenchement des projets et les acteurs qui portent la planification ne sont plus suffisamment dans l'opérationnel[72]. On le remarque par « une absence de préoccupation économique dans les documents de planification » (Baraud-Serfaty, Renard et Lefèvre, 2011), la pratique de la planification s'est d'une certaine façon autonomisée de la réalité de la fabrique urbaine. La traduction de la planification dans l'opérationnel n'est donc pas aisée car ce ne sont pas les mêmes acteurs qui font la planification et les projets. Selon Brumelot, cela a plusieurs conséquences : d'une part il y a un manque de politique foncière active, d'autre part le manque de connaissance des logiques économiques couplé au manque dans la chaîne de transmission entre plan et projet semblent parfois laisser les acteurs sans ressources face au marché, sans force de négociation. C'est dans cette logique de renforcement des capacités d'urbanisme opérationnel que le département de l'Isère développe un système d'assistance et d'accompagnement pour les petites collectivités afin de les aider dans leurs projets urbains.

2.3.2 La question foncière.

La politique foncière permet de donner les moyens à la stratégie de se traduire par un aménagement faisable pour la collectivité (disponibilité du foncier, niveau de prix, difficulté juridique). Pour Wiel

[70] Entretien J.P.Strebler, Directeur de la federation nationale des SCOT, 11/04/2013
[71] Entretiens EP.Scot 2011
[72] Entretien J.Brumelot, Chef de Service, Direction Aménagement des Territoires, Département de l'Isère, 20/05/2011, elle a précédemment occupé des fonctions à l'agence d'urbanisme de la région grenobloise et à l'agglomération de Grenoble.

(2000), le SCOT est un « projet collectif qui doit se donner les moyens de son passage à l'acte. », et les moyens fonciers sont particulièrement indispensables pour que le SCOT *vive*. La question foncière est donc fondamentale et elle interroge à la fois la planification, la pratique de l'aménagement, la fiscalité et le droit de l'urbanisme avec en particulier la question centrale de la conception du droit de propriété (voir **Encadré 7**). Cela signifie qu'une politique foncière active dans le cadre de la planification est une condition. Pourtant Trapitzine (2001) constate dans la loi SRU « l'absence quasi-totale d'outils fonciers stratégiques permettant aux collectivités locales d'anticiper et de se doter de réserves foncières bien localisées ». Dans le cas de Grenoble, il n'y a semble-t-il pas eu de travail en commun particulier entre la démarche SCOT et l'EPFL (Etablissement Public Foncier Local). Les EPFL restent encore souvent des outils liés aux villes centres, ce sont des outils jeunes et leur approche stratégique et partenariale est en construction selon Strebler. Miquel (2012) met en avant le besoin de mieux formaliser la stratégie foncière afin que le SCOT ne reste pas à l'état d'incantation, l'enjeu est bien « de préparer le passage de la planification à l'aménagement opérationnel » et cela devrait se faire plus étroitement avec les EPF et les SEM. Il est clair que les pratiques sont très différenciées suivant les territoires, certaines agglomérations et communes ayant une politique foncière bien installée, leur donnant les moyens de leur projet (on citera par exemple Montpellier, Rennes ou Plaine Commune en Seine St Denis). D'un point de vue général, ce manque d'outils fonciers est directement lié à la distance entre la démarche de planification et l'urbanisme opérationnel. Renard (2009) observe ainsi qu'en Allemagne ou au Pays-Bas, la philosophie d'une planification active rend très proche la phase de la planification et celle de l'aménagement. Comme nous l'avons expliqué dans la **Encadré 7**, cela est lié à des conceptions différentes de l'urbanisme dans ces pays. En France, la distance entre la planification et les politiques foncières, est la fois une cause de la faiblesse de celles-ci et une conséquence plus large du fonctionnement de l'urbanisme.

Conclusion :

Au final, les outils de planification et leur développement n'ont pas permis d'influer de manière significative sur le développement urbain, c'est donc un relatif constat d'échec pour les politiques publiques (Renard, 2009). Castel (2010) va plus loin et explique que la lutte contre l'étalement urbain via le renforcement des règles de planification a un effet contreproductif car la complexité de ce qu'il faut mettre en œuvre pour satisfaire les exigences du droit de l'urbanisme incite de très nombreuses petites communes françaises, limitées en compétence, à s'accommoder « de l'émiettement de l'urbanisation diffuse » et de ses règles plus simples.

Comme le remarque Castel (2010) « Paradoxalement, plus les lois ont proclamés les vertus du projet urbain, plus le développement se fait en dehors des procédures d'aménagement urbain », comme si la matière urbaine se défilait sous les doigts de l'urbaniste planificateur. Il apparait qu'au-delà de la réglementation, il est nécessaire d'agir sur les mécanismes économiques qui génèrent le développement urbain actuel, pour le rediriger, et cela nécessiterait une plus grande prise en compte et une meilleure connaissance des logiques économiques.

On peut penser que la logique du droit et de l'action publique, telle qu'analysée par les juristes, porte en elle cette faiblesse économique. En schématisant, on pourrait tenir le raisonnement suivant : si la

logique réglementaire est toute-puissante, pourquoi donc se poser la question de la faisabilité économique ? C'est une vision administrative de la planification comme du droit de propriété qui est à l'œuvre : cela joue probablement un rôle structurant. On serait resté dans le paradigme d'un Etat fort qui en effet *faisait*, l'on retrouve l'idée d'un « droit de l'urbanisme hanté par les manies planificatrices de l'économie administrée » qui « développe une sorte de tyrannie douce » développée par Pérignon (2004) (cité dans Auby, 2006). Or aujourd'hui cette chaine de transmission est à reconstruire, d'une part car les marchés ont beaucoup plus de poids, d'autres part car le pouvoir d'agir sur la ville est beaucoup plus dispersé. Corrélativement, on peut se demander si de peur de ne pas savoir agir sur l'essentiel, on multiplierait dans le droit de l'urbanisme les objectifs. Ainsi Tribillon (2001) dit de l'article L121-1 les présentant qu'il est « beau comme un discours de stagiaire de l'ENA qui remplace au pied levé son sous-préfet à l'inauguration d'un comice» et Auby (2006) observe que « le bonheur sur terre et son contraire s'y donnent rendez-vous ».

Plus généralement, on peut considérer que les économistes se sont largement détournés au fil du temps des questions de la fabrique de la ville, avec une vision d'ensemble des processus de production, incluant foncier et immobilier et une compréhension des logiques de formation des prix. Le constat d'un manque global d'expertise sur ces questions est clair. Les années 80, avec l'accent mis sur la compétition entre les territoires ont lancé un processus où c'est bien par l'entrée développement économique que se pose dorénavant la question[73]. Il est symptomatique d'observer que chaque fois que l'auteur a posé cette question du contenu économique de la planification à un acteur local, c'est vers la question du développement économique qu'il s'est vu orienté...

2.4 Les coûts de l'urbanisation : une comptabilisation impossible en l'état actuel des connaissances, un indice fort de l'absence de pilotage économique territorial.

La partie précédente s'intéressait à des parties du « moteur » urbain, les mécanismes économiques et leurs impacts ainsi que leur prise en compte dans le contenu des politiques urbaines. Nous nous intéressons ici à une partie du « tableau de bord », le bilan coût-avantage de différentes formes d'urbanisation. Nous avons vu précédemment que les SCOT ne produisaient généralement pas de scénarios alternatifs, cette limite va prendre tout son sens avec cette question des coûts d'urbanisation.

2.4.1 Un état des lieux des connaissances.

Le débat sur les coûts relatifs de la ville dense et de la ville étalée est un débat toujours bien vivant (Commissariat Général au Développement Durable, 2010), cette opposition constitue toujours la « ligne fédératrice » des travaux s'intéressant à la question des coûts d'urbanisation (Guelton et

[73] Différents éléments ressortent d'un entretien avec Marc Wiel, (urbaniste, ancien directeur de l'agence d'urbanisme de la communauté urbaine de Brest) : il observe un attrait des économistes en agence pour la perspective « développement » plutôt que pour l'investigation des logiques de formation des prix par exemple (plus ardu) ; époque de « la guerre entre les villes » pour attirer le plus de monde ; au niveau national déshérence de l'économie urbaine traditionnelle sans doute liée au dégagement de l'Etat ; localement les agences sont en concurrence avec les services techniques qui revendiquent le suivi de l'opérationnel. Une conséquence sera selon lui la perte de la maîtrise intellectuelle dans les agences des processus opérationnels.

Navarre, 2010). Pour Guelton et Navarre (2010), on peut résumer ainsi le questionnement : « Les retombées positives de l'étalement sont-elles à la hauteur des coûts qu'il engendre? », si les ménages peuvent y voir une solution économique, est-ce le cas pour les collectivités et est-ce une solution soutenable dans la durée ?
Il y a bien sûr toute une diversité de coûts en jeu, entre coûts d'investissements et coûts d'exploitation, coûts collectifs et coûts individuels, et entre différentes composantes de la fabrique de la ville (cette littérature n'intègre pas le coût énergétique, qui représente un niveau de complexité supérieur) :

- Le coût du foncier et de l'aménagement (réseau),
- Le coût de construction du logement proprement dit,
- Le coût des réseaux public, voirie, éclairage public,
- Le coût des services publics (école, transport scolaire, équipements publics…),

On comprend bien que dans une perspective d'aménagement d'une région urbaine, cette connaissance paraît fondamentale. D'une part cela permettrait d'identifier les orientations les moins coûteuses pour la collectivité publique. D'autre part les orientations de développement urbain du SCOT impliquent des coûts pour les différents acteurs, et leur connaissance pourrait ouvrir à de possibles compensations entre gagnants et perdants, facilitant les consensus, en particulier concernant les recettes fiscales. Et c'est bien là la logique que défend J.C.Gayssot, Ministre de l'équipement, lors de la présentation de la loi SRU en 2000, (cité dans Leroux, 2010) ; « Favoriser un développement urbain plus équilibré, plus durable, c'est ne plus se satisfaire de situations que chacun connaît : des communes qui assument seules les charges de centralité tandis que d'autres captent les nouvelles sources fiscales ; le rejet du logement social par certaines, tandis que d'autres assument les coûts du renouvellement urbain… ».

Les travaux fondateurs en France sur le sujet sont l'œuvre de Guengant (1989 ; 1995), qui s'intéressent aux coûts en réseau et en superstructure, suivant la densité, montrant qu'il n'y a pas de rendement croissant avec la densité, au contraire. L'entrée par les budgets communaux et la fiscalité sera aussi analysée par Guengant (1995) révélant alors les grandes difficultés méthodologiques. Depuis, si nombre de travaux sont généralement à la recherche des économies d'échelles apportées par la densité, les analyses révèlent aussi des surcoûts dus à la concentration, mais il manque un travail de synthèse et de mise en cohérence de l'ensemble des travaux et méthodologies pour produire une réponse d'ensemble satisfaisante (Guelton et Navarre, 2010). Par ailleurs l'étalement n'est pas en soi une réalité comptable, il s'agit de définir son intensité, sa forme, car il est variable suivant les contextes (Guelton et Navarre, 2010). La densité ne peut pas servir d'indicateur unique, elle n'épuise pas la réalité urbaine, ses fonctions comme sa morphologie. Enfin, l'estimation des coûts devrait reposer sur des hypothèses de durée de vie des équipements et de besoin de renouvellement et de maintenance, dépendant du niveau de fréquentation. Or ces éléments sont rarement analysés et pris en compte (Guelton et Navarre, 2010 ; Castel, 2006), de par les difficultés que cela représente, induisant une imprécision de plus. La littérature ne donne donc pas un résultat univoque, mais soulève toutefois des éléments utiles à notre réflexion sur l'analyse économique pour la planification.

2.4.2 Deux exemples d'analyse des coûts des équipements publics et des dépenses communales.

Morlet (2001), dans son étude des budgets communaux sur une zone d'Ile de France, remet en cause l'idée selon laquelle l'habitat individuel peu dense impliquerait une hausse des dépenses publiques des communes concernées. A travers une étude économétrique sur 248 communes de la 2ème couronne parisienne, (dont on fait l'hypothèse qu'elles ne supportent pas de charges de centralité, ce qui limiterait la comparaison, tout en présentant une diversité de formes d'habitat et de densité), l'auteur observe que le taux de logement individuel n'explique que 7% de la variance des dépenses de fonctionnement des communes, et que son impact est négatif, ce qui est l'inverse de l'idée préconçue. Le facteur explicatif le plus important de la dépense de fonctionnement s'avère être la richesse fiscale (explique 53% de la variance). Quant aux dépenses d'investissement, seule la richesse fiscale explique les variations mais de manière moins significative que pour les dépenses de fonctionnement, d'autres facteurs, probablement d'ordre politique, expliquent davantage la variabilité. Ces études économétriques semblent donc montrer que la forte présence d'habitat individuel sur une commune ne renchérit pas les coûts de fonctionnement de celle-ci. L'auteur émet même l'idée que « les formes d'habitats collectifs ne procurent pas de baisses des charges collectives ». Fouchier (2001), oppose deux types de critiques à ce résultat. La première est que le budget communal en soi n'est pas significatif car une partie des dépenses publiques est prise en charge par les intercommunalités, le département ou la région et car une partie des dépenses peut être externalisée vers des sociétés d'économie mixte ou autres acteurs économiques liés à la commune ; la seconde est que le niveau de service public par commune diffère, et que même dans l'anneau étudiée par Morlet, des communes supportent des charges de centralité.

Nous retenons plusieurs conclusions de ce débat entre Morlet, (2001) et Fouchier (2001) sur la question du coût des équipements publics. Allant à contre-courant des inclinations habituelles de ceux qui s'intéressent à ces questions, l'étude de Morlet, qui a suscité des polémiques, a eu le mérite de faire progresser le débat et de mettre en avant les difficultés méthodologiques et l'importance de se prémunir de tout biais dans les données (Guelton et Navarre, 2010). D'autre part le budget communal n'est pas forcément le bon indicateur car des coûts sont externalisés, ce n'est donc pas le bon périmètre pour étudier cette question car les comptes communaux sont partiels. Enfin la question des surcoûts issus d'une forte proportion d'habitat individuel reste posée. En effet, et en étant bien conscient des problèmes méthodologiques soulevés précédemment, force est de constater que les statistiques présentées par Morlet ne présentent pas un accroissement des dépenses communales. Cela ne signifie pas que ces surcoûts n'existent pas mais cela circonscrit certainement leur potentielle ampleur. Inversement, on ne peut toutefois pas conclure que l'habitat collectif n'implique pas une baisse des charges publiques car la question des charges de centralité reste entière. Malheureusement, ces travaux risquent de toujours buté sur un exercice de reconstruction des bilans particulièrement difficile en comptabilité publique (Castel, 2006).

Guelton et Navarre (2010), choisissent deux territoires dynamiques de Bretagne (zones autour de Rennes et Lorient), et mènent une étude à partir des budgets communaux sur la période 1999-2006

(incluant dépenses de fonctionnement et d'équipement, situation fiscale). L'étude globale (sans différenciation des communes du périurbain) sur la période ne révèle pas de lien entre périurbanisation et dépenses d'équipement, on n'observe pas de surcoûts communaux dépendants des dynamiques de peuplement (changement de la nature socio-économique des populations, rythme de croissance, augmentation de la densité). L'étalement ne bouleverse pas les coûts et les recettes des communes, le constat de Guelton et Navarre (2010) est celui d'une certaine déconnexion : « Tout se passe comme si les évolutions financières et les dynamiques urbaines se réalisaient selon des modes propres et relativement autonomes que l'étalement urbain ne viendrait pas à lui seul bouleverser à moyen terme ».

Figure 11 : Variation de la pression fiscale et évolution démographique

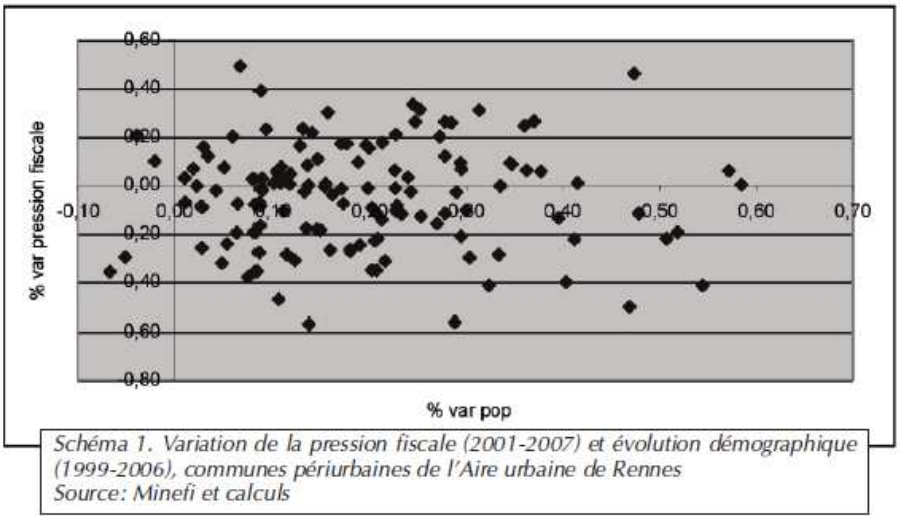


Schéma 1. Variation de la pression fiscale (2001-2007) et évolution démographique (1999-2006), communes périurbaines de l'Aire urbaine de Rennes
Source: Minefi et calculs

Source : (Guelton et Navarre, 2010)

Toutefois, les zones périurbaines ne sont pas uniformes, et les auteurs distinguent ensuite deux types de communes du périurbain avec des profils particuliers. L'un appelé « pro-urbain », est constitué de communes plus grosses, plus denses, plus urbaines que la moyenne, avec davantage de logement collectif et d'emplois, et pour lesquelles le phénomène d'urbanisation est plus ancien. Pour ces communes, on observe plutôt un niveau de dépense plus élevé, de manière cohérente avec les résultats de Morlet, ainsi qu'une fiscalité plus importante. Les communes plus rurales, plus petites, moins denses, ont des dépenses, ainsi qu'une fiscalité, moins importantes. Toutefois l'écart est en train de se réduire entre une partie de ces communes et les communes « pro-urbaines », leurs dépenses augmentant assez fortement. Ainsi il apparait que les conséquences de l'étalement sur les finances locales dépendent du contexte de la commune et de son histoire.

Trois enseignements ressortent de cette étude. Le premier est qu'entre poids fiscal et dépense, ce type d'observations ne permet pas d'établir des liens de cause et de conséquence, ni d'identifier les espaces de choix et de contraintes pour ces communes. Cela nous ramène à la question de la maitrise des processus de développement urbain à l'œuvre et à celle des choix politiques. Le second est que ces résultats soulèvent la question des liens de dépendance entre les communes et orientent la réflexion vers le couple intercommunalité-commune dans un contexte de mobilité où les services de certaines communes peuvent être utilisés par les habitants d'autres lieux. Enfin ils mettent en avant la diversité du périurbain et l'importance du stade d'urbanisation sur les dépenses.

2.4.3 Les effets de seuil.

Le point précédent nous a incités à analyser le phénomène de manière dynamique, et cela met en avant la notion de seuil. Pour Castel (2006) les communes ne raisonnent pas en termes de coût global mais en termes de coût marginal. Et on observe que le coût marginal supporté par une commune pour accueillir des logements et des habitants supplémentaires dépendra fortement du niveau de saturation de la commune. Si elle se trouve dans une situation où il y a encore des places disponibles à l'école, un volume de traitement des eaux dans la station d'épuration, si l'urbanisation se fait sans ajout de nouvelles voiries… alors le surcoût sera faible. Si au contraire le seuil de saturation est dépassé et que l'on doive construire de nouvelles infrastructures, alors le surcoût pourra être conséquent. **Il est donc illusoire de chercher un surcoût général de l'étalement urbain en termes de réseau et de services publics sans connaître le niveau de saturation des communes correspondantes.** Cet élément est un facteur d'explication de l'éloignement progressif de la vague de périurbanisation, les communes déjà à saturation limitent les constructions sur leur territoire, repoussant plus loin la demande (Castel, 2006). Nous noterons néanmoins la diversité des vues sur le niveau de saturation, Castel (2004) considère que les communes rurales disposent généralement d'une marge en termes d'équipement public pour accueillir de nouvelles populations. D'autre part il considère que les réseaux des villes centres ne disposent généralement pas de marge et sont à saturation. A Grenoble, l'analyse de la fuite de population de l'agglomération pour ses périphéries part au contraire de l'idée que cela implique la construction de nouveaux équipements publics alors que certains sont sous-utilisés dans l'agglomération (La Métro, 2010b). Il est clair que des analyses fines sont nécessaires pour estimer ces éléments. De manière symétrique, la construction de logement collectif en milieu urbain dense peut impliquer une grande diversité de coûts publics. Suivant le statut du sol ; la nécessité d'assurer une dépollution, des démolitions ou des réhabilitations ; la complexité de l'opération de renouvellement urbain, le coût public pourra varier considérablement. Par ailleurs, aux coûts de réseaux et d'équipement public, il faut ajouter les coûts de construction, et Castel montre que ces coûts augmentent avec la densité (ces éléments seront détaillés dans le chapitre 4 - 2.3) avec là aussi des effets de seuil.

2.4.4 Quelques enseignements.

Ainsi, si on veut aborder cette question des coûts de manière globale, la répartition des coûts de centralité ainsi que la diversité des communes en jeu brouillent l'examen des coûts et surcoûts et ouvrent des questions plus larges, celle de la solidarité locale pour les coûts d'équipement public. Si on veut l'aborder de manière marginale, alors c'est du cas par cas car les effets de seuils et les questions de renouvellement urbain modifient fortement les résultats. La conclusion qui nous parait la plus pertinente est qu'un résultat général et robuste en termes de coûts globaux est difficilement atteignable. Cette connaissance, même si elle était disponible, n'apporterait probablement pas de réponses simples aux politiques urbaines (Jaglin et May, 2010) du fait du « caractère illusoire d'une pondération « objective » des différents enjeux ». Elle constituerait toutefois un élément précieux parmi d'autres pour fonder les choix dans le cadre de la planification territoriale.

Par ailleurs, au-delà des difficultés méthodologiques, il faut considérer que le bilan d'un projet au même titre que le coût n'existe pas en soi, on le définit par convention de comptabilité. Cette

convention est choisie en fonction de l'usage que l'on veut faire de cet indicateur dans un cadre partagé, (Riveline, 2005 ; Castel, 2006). Et c'est le cadre de la planification qui doit donner un sens à cet indicateur et chercher à limiter la place des calculs marginaux au profit d'une logique d'ensemble. Plus important que de rechercher un jugement général sur la forme urbaine à privilégier suivant une logique de minimisation des coûts, il nous paraît fondamental que le choix des orientations d'un document de planification se fasse sur une certaine connaissance des coûts impliqués. Il ne s'agit pas de savoir dans l'absolu si la périurbanisation coûte plus cher qu'une forme de développement plus compacte, cette question est mal posée et n'admet pas de réponse, mais il faut identifier pour un territoire donné, les fonctions marginales de coût des différentes zones du territoire et analyser l'impact de différentes orientations d'aménagement. Il est nécessaire de recourir à l'écriture de différentes histoires, de différents scénarios d'urbanisation, et d'estimer alors les surcoûts, cette option paraissant plus facilement atteignable (CGDD, 2010). La connaissance des coûts devrait ensuite se traduire dans les mécanismes de financement de l'aménagement (y compris fiscalité). S'il ne faut pas tomber dans le rêve d'une internalisation complète, assise sur une comptabilité analytique, il apparait toutefois légitime de vouloir redonner un peu de réalité économique à ces choix.

Au vu des savoirs aujourd'hui disponibles, l'argument en faveur de la ville dense ne peut être celui d'un moindre coût, et il doit s'appuyer sur une autre logique car « l'urbanisme ne consiste pas à dire que ce qui a de la valeur coûte moins cher, mais à faire que ce qui coûte ait de la valeur ! » (Castel, 2006). Pour avancer sur la voie de cette connaissance, il serait nécessaire de développer une expertise locale, reposant sur des coûts réels d'opérations évaluées ex post, et non sur des coûts normalisés, afin de mieux représenter les spécificités du territoire (en particulier les effets de seuils), (Jaglin et May, 2010). Les échanges financiers entre les différents échelons locaux sont aussi cruciaux à prendre en compte.

2.4.5 Les coûts de la centralité.

Cette étude menée par Charmes (2008) illustre la question soulevée sur les liens communes – intercommunalités. Charmes (2008) décrit le cas d'une « sécession fiscale » de deux communes ayant précédemment fusionnées, l'une étant une commune périurbaine à forte proportion de maison individuelle, Verquigneul, et l'autre étant la ville de Béthune. La fusion avait entraîné une hausse importante de la taxation locale pour les habitants de Verquigneul, sans améliorer leur facilité d'accès aux équipements publics du territoire, en tout cas de manière comparative avec les autres communes de l'intercommunalité. Ainsi une partie importante des habitants de cette commune ne voyait pas l'intérêt de rester lié à Béthune et la défusion a été promulguée. Cet exemple permet de comprendre une situation générale dans laquelle les communes périurbaines pavillonnaires « ne participent qu'avec réticence au financement des services et équipements dont bénéficient leurs administrés » (Charmes, 2008) et peuvent se permettre d'avoir une offre minimale de services sur leur commune. Charmes, allant dans le sens de Fouchier (2001), explique de cette façon le résultat de Morlet (2001) qui tend à montrer que l'habitat peu dense n'implique pas une hausse des dépenses communales et en impliquerait même une baisse.

Néanmoins ces échanges ne vont pas que dans un sens, c'est-à-dire dans le sens d'une ville centre offrant des services publics aux communes périurbaines. En effet les habitants du périurbains, en consommant dans la ville centre, participent à son dynamisme et à la génération de recettes grâce à la taxe professionnelle, souligne Morlet. Il y aurait donc une sorte d'échange tacite entre une ville centre qui fournit plus de services publics que les communes avoisinantes, mais qui recevrait aussi davantage de dépenses privées de la part des habitants de ces communes. L'analyse de la défusion et des coûts de centralité montre à quel point ces éléments devraient être pris en compte dans la planification car ils sont clés pour la coordination entre communes, en particulier dans un contexte de réforme de la fiscalité locale (par exemple la réforme de la taxe professionnelle redessine la géographie fiscale et modifie les incitations pour les collectivités (Delpech, 2012)). Seul un pilotage territorial capable d'organiser des compensations peut permettre la gestion de ces dynamiques en cohérence avec les orientations du document de planification.

2.4.6 La question des systèmes de solidarité.

Ces éléments nous font revenir à la question de la compensation **entre ceux qui gagnent et ceux qui perdent avec les orientations de la planification, seule façon de réellement problématiser la planification.** Les disparités de richesse locale ont deux origine : les dynamique urbaines de peuplement et l'architecture de la fiscalité : elles ont ensuite des effets sur le peuplement et la qualité des équipements publics et leur distribution sur le territoire : c'est donc une question pour la planification. Le SCOT grenoblois identifie d'ailleurs bien « Une situation de « concurrence financière objective » entre les intercommunalités » comme un défi à surmonter (EP SCOT, 2012a).

Le débat autour du projet de loi de décentralisation, visant à clarifier la répartition actuelle des compétences entre les différents niveaux de collectivités locales apporte des illustrations intéressantes de ces questions. Pour S.Troussel, Président du conseil général de Seine St-Denis, cet acte III de la décentralisation sera un échec s'il n'est pas volontariste sur la redistribution des richesses. Il résume ainsi le problème des inégalités territoriales entre collectivités locales : « Vu que nos populations vont travailler à l'Ouest et y créer de la richesse, il serait juste et légitime qu'une partie de cette richesse revienne effectivement à l'Est pour financer des logements, des équipements, des crèches, etc.. »[74]. Cela illustre de manière concrète cette question. Bouvier (2013) fait un point sur cette notion complexe qu'est la péréquation. Si l'objectif général est "de favoriser une harmonisation de l'espace, une redistribution des richesses et par là même une réduction des inégalités", en représentant un contrepoids à la compétition entre territoires, la notion de péréquation financière ne fait toutefois pas l'objet d'une définition unanime. Ce qui est visé in fine par la péréquation, c'est bien sûr le bien-être des citoyens. La révision constitutionnelle de 2003 porte cette vision avec l'article 72-2 de la Constitution disant « la loi prévoit des dispositifs de péréquation destinés à favoriser l'égalité entre les collectivités ». Si cette constitutionnalisation parait absolument nécessaire du fait de la logique de transfert de compétence aux collectivités locales, et celle d'autonomie financière, Bouvier considère que la conception portée n'est pas exacte, « car elle ne tient pas compte de la nécessité de

[74] Interview du 11 février 2013 dans AEF Habitat Urbanisme

situer les questions financières dans la dynamique qui est la leur aujourd'hui » (Bouvier, 2013). Il s'agit donc de construire une conception de la péréquation qui puisse concilier le contexte d'autonomie financière, le besoin de responsabilisation des collectivités et un objectif d'équité. Pour cela, il ne faut pas simplement égaliser ou compenser, il faut associer cette action de solidarité à des mécanismes qui permettent de recréer de la richesse là il en manque, à des outils permettant d'agir sur le territoire et son développement (développement économique mais pas seulement car ce n'est pas la seule source de richesse fiscale) (Bouvier, 2013). C'est à ce niveau que l'articulation avec la planification stratégique pourrait se faire.

En conclusion, nous retenons deux grands enseignements de cette analyse. Le premier est que la méconnaissance des coûts globaux, au-delà des difficultés conceptuelles et méthodologiques, est le signe clair d'un manque de pilotage territorial fondé sur une analyse économique. Dans la pratique les autorités locales ne se posent pas la question des coûts globaux, car il n'y a pas un acteur doté des compétences et des responsabilités nécessaires pour produire et s'appuyer sur ce type d'analyse. Jaglin (2010) va dans ce sens en expliquant que « Cette méconnaissance des coûts s'inscrit de façon plus générale dans une « insuffisante articulation entre les dispositifs financiers et fiscaux, d'une part, et les politiques d'urbanisme, d'autre part » (Renard, 2006a). La situation n'est pas celle d'acteurs publics prenant des décisions d'aménagement à partir d'une analyse, même partielle, des coûts globaux, c'est une situation inverse où « les acteurs publics ne sont que partiellement impliqués dans ce processus de périurbanisation » (Guelton et Navarre, 2010) et où l'on cherche à posteriori à dégager des coûts d'un processus non maîtrisé. Améliorer cette connaissance et la mettre au service d'une décision collective constituent des enjeux fondamentaux pour la planification. Pour cela, et c'est le deuxième grand enseignement, la simple connaissance n'est pas suffisante dans le système institutionnel actuel : des cadres de solidarité doivent être institués, permettant de rééquilibrer les territoires ainsi que de permettre à la planification de faire des choix clairs, tout en organisant une compensation entre gagnants et perdants. Enfin gardons à l'esprit que les gagnants et les perdants des modes d'urbanisation ne sont pas uniquement les collectivités publiques, ce sont aussi des ménages, en particulier lorsqu'on considère en prospective les coûts énergétiques pour se loger et se déplacer. Cette question nous intéressera dans le chapitre 8.

3. Comment expliquer le manque d'analyse économique ?

3.1 Une planification en reconstruction.

Nous l'avons déjà expliqué : dans cette période de relance de la planification, dans un contexte institutionnel local en perpétuelle reconfiguration, dans une situation où un certain nombre de savoir-faire sont partiellement à reconstruire, l'économie n'apparait pas comme le savoir à mobiliser en priorité dans le cadre de la planification. La planification est perçu comme un moyen permettant aux territoires de dialoguer, d'échanger sur les nouveaux thèmes introduits par le développement durable, de se forger progressivement une vision commune. Des travaux de nature économique seraient bien

sûr utiles dans cette perspective, afin d'éclairer les analyses et les diagnostics, mais ils représenteraient un approfondissement important des travaux menés aujourd'hui. C'est ce qui explique largement ce manque de contenu. Pour aller plus loin dans cette explication, il est toutefois intéressant de s'intéresser à la pratique de l'urbanisme et aux agences d'urbanisme.

3.2 Le métier d'urbaniste.

Une première explication tient à la logique de l'urbanisme et du métier d'urbaniste. Comme nous l'avons expliqué dans le chapitre 2, l'urbanisme comprend deux fonctions bien distinctes : l'une vise à construire la ville de manière concrète via des opérations d'aménagement, l'autre vise davantage à encadrer la production urbaine que ce soit par le biais de la réglementation ou de la stratégie, les deux facettes de la planification. En France on parle généralement des métiers de l'urbanisme et de l'aménagement au sens large ce qui comprend l'ensemble des deux (Frébault et Pouvier, 2006). En Allemagne et aux Pays-Bas par exemple, il y a une différence marquée entre conception urbaine et planification urbaine, toutefois les passerelles sont nombreuses à la fois dans la formation et dans l'organisation professionnelle (possibilité d'un seul et même titre pour les lands allemands qui en disposent ; interprofession aux Pays-Bas) (pp205-213). Les pays européens présentent une grande diversité de formation ainsi que de reconnaissance de la profession, aux Pays-Bas c'est surtout le métier d'urbaniste qui est le plus reconnu alors qu'au Royaume-Unis, c'est davantage le *planner*. Dans le cas de la France, le rapport sur les métiers de l'urbanisme (Frébault et Pouvier, 2006) met en avant le besoin de clarifier « l'identité du champ professionnel » et parle d'une « communauté professionnelle à ancrages multiples, qui cherche à se structurer » et à être reconnue. De ce point de vue, les auteurs considèrent que la France est moins bien lotie que certains de ses voisins européens. Les débats lors la loi Alur[75] de Mme. Duflot ont bien fait ressortir ce point : J.P.Mispelon (Président du Conseil français des urbanistes) parle « d'inorganisation totale de la profession. N'importe qui peut faire n'importe quoi »[76] et pointe un « effet de cisaille entre, d'une part, les collectivités locales qui exercent leur compétence d'urbanisme chacune dans leur coin et d'autre part, l'Etat qui a empilé les lois sans vision globale ». Après une génération d'urbanistes formés dans le contexte d'un Etat centralisé, mais qui disparait peu à peu, il considère qu'il y a un enjeu important de structuration de la filière dans le nouveau contexte de décentralisation.

Un autre point de différence relevé est une certaine atomisation de la formation en France « contrairement aux formations anglo-saxonnes où les étudiants trouvent quasiment tous les domaines de la ville au sein d'une même université » (Frébault et Pouvier, 2006, p72), dans un contexte particulier de la différenciation française Ecole-Université. La formation d'urbaniste souffre d'un manque de visibilité, au contraire par exemple de celle d'architectes (écoles d'architecture autonomes). Au final, dans le contexte urbain actuel, le constat du rapport est que les attentes sont fortes et qu'il est nécessaire de développer en quantité et qualité l'offre d'urbanistes. Si la formation a progressé en qualité, le niveau de compétence reste encore hétérogène, d'autant qu'on peut se

[75] Loi Alur : loi pour l'accès au logement et un urbanisme rénové

[76] AEF, « Le projet de loi Alur doit définir qui fait quoi » dans le métier d'urbaniste (J-P. Mispelon, président du CFDU) Dépêche n°11834, Poitiers, jeudi 29 août 2013

présenter comme urbaniste, sans en avoir suivi la formation (Frébault et Pouvier, 2006). Ces développements ne comportent pas d'éléments décisifs pour nous aider à comprendre pourquoi la composante économique est en retrait, toutefois la description d'une filière française qui cherche à se clarifier et à renforcer sa reconnaissance donne une lumière particulière à notre questionnement.

Dans ce même rapport, M.Micheau, Directeur du Cycle d'urbanisme de l'Institut d'Etudes Politiques de Paris, fournit des statistiques intéressantes quant à l'évolution des disciplines dans le métier d'urbaniste. Ainsi dans le tableau suivant, figure le métier exercé après le Cycle d'urbanisme de SciencePo, suivant l'origine disciplinaire. On observe que les économistes sont très peu présents dans la planification et la stratégie et se concentrent plutôt dans le développement économique. De même les juristes sont peu présents sur la question de planification et davantage dans les domaines de l'immobilier et de la finance.

Figure 12 : Métier d'urbaniste exercé après le Cycle d'urbanisme suivant l'origine disciplinaire

	Urbanisme : Planification et stratégie	Maîtrise d'ouvrage urbaine (yc chef de projet PdV)	Maîtrise d'œuvre urbaine et architecturale	"Urba et aménagement opérationnel ; chargé d'opération"	Chargé d'études ou de mission (Habitat ou Urbanisme)	Développement économique	Administration et gestion territoriale	Métiers de l'immobilier (social et privé) et BTP	Finances	Autre en Urbanisme et métiers connexes	Total
Juriste+	4,8%	3,3%		9,7%	3,2%	3,2%	10,2%	11,6%	23,5%	10,7%	6,9%
Sciences Po+	24,2%	25,3%	1,7%	11,7%	32,5%	41,9%	30,7%	18,8%	23,5%	34,8%	22,9%
Géographe+	12,9%	12,1%	1,7%	10,7%	11,9%	12,9%	9,1%	7,1%	5,9%	11,6%	9,4%
Sociologue +	4,8%	1,1%		1,9%	3,2%		1,1%	2,7%	5,9%	8,0%	2,8%
Architecte+	21,0%	20,9%	81,4%	26,2%	8,7%	6,5%	10,2%	17,9%		5,4%	23,6%
Économiste +	3,2%	7,7%		8,7%	10,3%	12,9%	9,1%	8,9%	17,6%	10,7%	7,9%
Autre		2,2%		1,0%	,8%		3,4%	,9%		3,6%	1,4%
Aménageur+	14,5%	16,5%	4,2%	16,5%	18,3%	19,4%	14,8%	17,0%	11,8%	10,7%	14,1%
Ingénieur	11,3%	9,9%	9,3%	12,6%	9,5%	3,2%	9,1%	11,6%	5,9%	2,7%	9,1%
Historien +	3,2%	1,1%	1,7%	1,0%	1,6%		2,3%	3,6%	5,9%	1,8%	2,0%
Total	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%

Source : (Frébault et Pouvier, 2006)

Par ailleurs on observe que les économistes, qui représentaient 12.5% des entrées dans les années 70 ne représentent plus que 8% dans les décennies suivantes.

Figure 13 : Origine disciplinaire en entrée du Cycle d'urbanisme entre 1969 et 2002

Période décennale	1969-1980	1980-1991	1991-2002	Total
Juriste+	6,1%	10,1%	6,3%	7,5%
Sciences Po+	37,7%	13,8%	25,1%	25,3%
Géographe+	7,8%	13,5%	7,9%	9,7%
Sociologue +	4,2%	4,5%	0,5%	3%
Architectes +	15,8%	17,7%	24,8%	19,5%
Economiste +	12,5%	7,4%	7,9%	9,2%
Autre	5,3%	2,1%	1,1%	2,8%
Aménageur+	3,6%	21,7%	14,0%	13,2%
Ingénieur	5,3%	6,6%	11,9%	8%
Historien +	1,9%	2,6%	0,5%	1,7%
Total	100%	100%	100%	100%

Source : (Frébault et Pouvier, 2006)

Dans le chapitre 2, nous avions vu que les années 80 avaient pu se traduire par un basculement des praticiens aux profils davantage économistes de la planification vers le développement économique. Les données du Cycle d'urbanisme sont cohérentes avec cette idée. SciencePo est une des filières d'urbanistes françaises et ces résultats ne sont pas à priori généralisables, ils donnent toutefois des indices intéressants sur les évolutions qui ont pu avoir lieu, réduisant le rôle de l'économie dans la planification.

Une autre contribution à ce rapport apporte des éléments importants à notre analyse. C'est celle de B.Lugaz, Directeur du Conseil d'Architecture, d'Urbanisme et de l'Environnement de la Savoie. Il dresse un constat sévère quant à la situation du savoir-faire dans les zones rurales : il y a un déficit clair de compétence urbanistique. Plusieurs explications sont avancées : le désengagement de l'Etat dans son rôle de conseil et d'assistance, le manque de bureau d'études, la volonté des élus de ne pas trop dépenser dans la mise en place des documents de planification, qui peuvent être onéreux s'ils sont réalisés de manière sérieuse (B.Lugaz le note non sans ironie : « à peine 10% du budget moyen d'investissement communal annuel ! » (Frébault et Pouvier, 2006)). Cela n'est pas sans conséquence : « Sans définition de projet urbain, le PADD ne hiérarchise ni les enjeux ni le phasage des actions et n'est souvent qu'un copier-coller de bonnes intentions » (Frébault et Pouvier, 2006), par ailleurs il s'interroge sur le niveau de compétence juridique dont disposent ces professionnels, quant on connait le potentiel de contentieux. Ce manque de compétence globale concourt particulièrement à la faiblesse du contenu économique, qui n'est pas, à l'évidence, la priorité lorsqu'on met en place un document d'urbanisme.

3.3 Les agences d'urbanisme.

Afin de comprendre et confirmer ces éléments sur le manque de chaîne de transmission entre planification et mise en œuvre et de contenu économique dans la planification, il est utile de s'intéresser à une des chevilles ouvrières de la planification : les agences d'urbanisme. On peut, en remarque préliminaire, noter que la recherche sur ces objets de la planification, « quadragénaires mais méconnues » que sont les agences d'urbanisme, est très récente, et qu'il existe peu de travaux disponibles (Prévot, et al., 2008). L'agence d'urbanisme n'est pas une institution, avec les compétences et pouvoirs associés, ce n'est pas non plus un service technique de collectivité ni un bureau d'étude, c'est une association de loi 1901, dont les membres et le conseil d'administration, les collectivités et l'Etat, financent et définissent le programme de travail partenarial. C'est donc un outil d'études urbaines, mutualisé et partenarial car il permet l'échange entre les membres sur des dossiers communs, au service de la prise de décision des membres, qui ont la compétence en matière d'urbanisme. Ainsi, l'agence d'urbanisme ne décide pas, ne s'impose pas, de part ses statuts, mais aussi probablement du fait « d'une certaine insécurité existentielle » (Prévot, et al., 2008), liée à l'incertitude sur son statut, et ce dès ses origines (des décrets de le Loi d'orientation Foncière de 1967 qui auraient pu faire des agences des établissements publics administratifs, assurant ainsi leur permanence, n'ont jamais été publiés).
Ces éléments sont éclairants par rapport à notre questionnement sur l'effectivité de la planification. En effet, Prévot, et al. (2008) s'interrogent : « elles se veulent désormais plus que jamais les garantes de

la cohérence des différents documents d'urbanisme et politiques sectorielles menées à l'échelle de leurs territoires et au-delà. En ont-elles réellement les moyens, ne serait-ce qu'au regard de la faiblesse de leur statut ? ». Cette volonté de se recentrer sur la planification à l'échelle de leur territoire, s'est accompagnée d'une volonté de se retirer, au moins partiellement, « de missions quasi-opérationnelles et spatialement circonscrites », en même temps que les intercommunalité montaient en compétences (1980-2000) (Prévot, et al., 2008).

On peut penser, et cela tend à confirmer les arguments des paragraphes précédents sur les manques économiques de la mise en œuvre de la planification, que cette distance prise vis-à-vis de l'urbanisme opérationnel représente un affaiblissement (Prévot, et al., 2008). En effet, non dotée des compétences d'urbanisme qui produisent les PLU, l'agence joue un rôle important dans l'élaboration des SDAU et des SCOT sans toutefois « disposer des outils de son application concrète » (Prévot, et al., 2008). Et en perdant progressivement une partie importante de son expertise opérationnelle, elle se réfugierait dans une planification non adaptée à la réalité de son terrain d'application et non pensée pour être mise en œuvre concrètement. Prévot, et al. (2008) vont jusqu'à parler de glissement d'un urbanisme opérationnel[77] à du « marketing territorial ».

A partir d'un travail de sociologie du travail appliqué aux planificateurs, Leroux (2010) va plus loin et rentre en profondeur dans la machine à élaborer les documents de planification qu'est le syndicat mixte. Les syndicats mixtes, responsable de l'élaboration, de la révision et du suivi du SCOT, sont petits, en moyenne 2 personnes (Leroux, 2010). L'appui sur les agences d'urbanisme pour toutes les études nécessaires est donc fondamental. Il remarque le « caractère central du droit » pour les professionnels de l'urbanisme, ceux-ci mobilisent de manière constante des ressources juridiques pour assurer la réalisation de la démarche de planification. Pour répondre à cette attention soutenue pour les considérations juridiques et mieux maîtriser le droit, les planificateurs, qui ne sont généralement pas juristes, doivent s'outiller (Leroux, 2010). Cela confirme que l'on se place de manière prédominante dans le registre réglementaire. Ce point est confirmé par nos propres entretiens avec des planificateurs de Grenoble : les techniciens du SCOT pouvant d'ailleurs regretté que l'on passe plus de temps sur les questions juridiques que sur l'analyse du diagnostic par exemple. On observe aussi la présence croissante des juristes au ministère dans les équipes qui traitent ces questions[78].

Par rapport aux éléments développés plus haut, on peut se demander si l'inflation législative, la complexité croissante du droit, n'est pas à l'origine de cette focalisation des acteurs sur le droit, devenant plus exigeant, celui-ci prendrait beaucoup d'attention, au dépens des autres savoir-faire. Cette focalisation sur le droit s'explique aussi par l'importance du contentieux, et donc celle de maîtriser le droit pour éviter les difficultés juridiques (croissante avec la complexité du droit) et par la nécessité d'imposer la démarche SCOT auprès des acteurs locaux. Non dotés de pouvoirs politiques

[77] Est-il est significatif de remarquer que dans sa présentation des agences d'urbanisme, le délégué général de la FNAU en 2009, décrive la pluridisciplinarité des agences en citant urbanistes, ingénieurs, géographes, architectes, environnementalistes, sociologues, documentalistes, graphistes… mais sans citer d'économistes… ? Difficile à dire d'autant plus que ce délégué général est l'auteur de travaux économiques sur le foncier dans les années 80, toutefois cela va dans le sens de l'idée selon laquelle l'économie n'apparait clairement pas comme un point central.

[78] Entretien P.Miquel 11/01/2013

ni de pouvoir opérationnel, les planificateurs se concentreraient alors sur l'outil juridique pour peser et assurer que la démarche SCOT se réalise. Ces éléments sont confirmés par nos propres entretiens avec l'EP SCOT de Grenoble.

Pour la question du contenu économique de la planification, qui nous intéresse ici, il apparait que du fait de logiques propres, agence d'urbanisme et syndicat du SCOT, ne se positionnent pas dans un registre de mise en œuvre opérationnelle des grands principes de la planification, avec un souci de pertinence économique. **La conformité au droit semble clairement l'emporter sur l'adéquation avec les mécanismes de marché en termes de préoccupation des planificateurs.** L'inflation législative et la peur du contentieux jouent ici probablement un rôle non négligeable.

4. Analyse des documents du SCOT de Grenoble.

L'analyse des documents du SCOT de Grenoble (Rapport de présentation, PADD, DOO) confirme l'analyse de la littérature réalisée. Ce triptyque se comprend de la manière suivante : le rapport de présentation fait un diagnostic du territoire ; le PADD présente le projet, ce que l'on veut faire ; le DOO détaille les moyens, « comment faire ? ». L'objectif de cette analyse est d'observer **si une préoccupation économique ou des logiques économiques sont à l'œuvre dans ces différents documents**.

Bien sûr tout n'est pas légitime à figurer dans de tels documents. Mais si le SCOT n'est à l'évidence pas un lieu légitime par exemple pour une stratégie fiscale et la définition d'outils, le diagnostic et l'analyse du territoire devraient toutefois être imprégnés des réalités fiscales et du rôle que cette dimension peut jouer pour maitriser la trajectoire urbaine. Par ailleurs, les documents ne rassemblent pas non plus l'ensemble de la démarche de planification, par exemple même si on a pu produire différents scénarios à un moment donné de la réflexion, les documents finaux peuvent n'avoir conservé qu'un seul scénario au final. Toutefois cela devrait néanmoins se traduire par une certaine logique dans la démarche présentée par les documents. Notons enfin que le SCOT grenoblois est un SCOT ambitieux avec des moyens importants et une agence d'urbanisme solide : il a d'ailleurs été élu SCOT Grenelle[79] par le Ministère de l'Ecologie. Il ne représente donc pas un exemple *moyen* de ce qui peut exister en France mais plutôt une démarche de pointe.

[79] « Le SCoT de la région urbaine de Grenoble est un des 11 SCoT exemplaires (sur 380, en cours ou approuvés), désignés SCOT du Grenelle par le Ministère de l'Ecologie, de l'Energie, du Développement durable et de la Mer (MEEDDM). La désignation des SCOT du Grenelle est une initiative du MEEDDM Son objectif est de constituer un réseau d'expérience entre des SCOT faisant écho aux orientations que doivent porter les politiques d'aménagement du territoire. Dans le cas de la Région Urbaine de Grenoble, il s'agit de contenir l'étalement urbain et de favoriser la proximité : par la définition de limites entre les espaces urbains et naturels, par la reconquête d'un bâti de qualité dans les espaces urbains, par la régulation des flux routiers et la fiabilisation des temps de transport. Le qualificatif de Grenelle n'est pas une décoration ! Il s'agit d'abord d'une exigence de qualité : l'objectif est de repérer les capacités des territoires à « passer à l'acte », à décliner des outils pour atteindre leurs objectifs. Les recommandations issues de ces travaux permettront ensuite d'accompagner d'autres SCoT dans leur appropriation des thèmes et des objectifs du Grenelle. » http://www.region-grenoble.org/index.php?option=com_content&view=article&id=14:un-scot-pas-comme-les-autres&catid=21:un-scot-pas-comme-les-autres&Itemid=248

Le premier document censé porter le diagnostic est le Rapport de présentation (environ 700 pages). Il constitue la base d'analyse sur laquelle reposent les autres documents. Dans ce document nous pourrions voir décrits quelques bilans financiers traduisant les équilibres du territoire : organisation du transport, collectivités locales… Nous pourrions aussi avoir une analyse des dynamiques urbaines avec un intérêt particulier pour les mécanismes de marchés qui les créent et les règles de droit qui les encadrent. Cela pourrait se doubler d'une analyse de l'efficacité des dispositifs utilisés pour densifier le logement par exemple. On pourrait aussi retrouver un bilan, ou au moins une tentative vu la difficulté méthodologique de le faire, des coûts engendrés par les dynamiques urbaines passées en termes d'équipement ou d'aménagement.

Au final, le contenu économique du rapport de présentation est relativement faible même si quelques pistes sont abordées. Les diagnostics restent assez descriptifs et ne rentrent pas dans le détail des mécanismes à l'œuvre. Cela ne permet pas à ce stade de réellement identifier de possibles pistes d'action. Les éléments de type économique qui peuvent être identifiées restent à un niveau général : c'est par exemple les évolutions des prix énergétiques et leurs possibles conséquences. Pour l'habitat, une description des hausses de prix du logement sur le territoire est présentée et l'on mentionne les effets ségrégatifs observés. Des développements intéressants sont réalisés concernant les contraintes croissantes sur le budget des ménages du fait des prix énergétiques et du logement, ainsi que la crise des finances publiques. On présente en particulier un diagnostic concernant la mobilité, avec le constat de limites financières des collectivités sur ce domaine. Toutefois nous pouvons dire que cela ne constitue pas des analyses détaillées pour le territoire grenoblois, mais plutôt une prise de connaissance sur ces questions. De même on ne va pas jusqu'à identifier des pistes de solution.
En propos conclusifs, et pour expliquer la difficulté qu'éprouve la planification à répondre aux grands objectifs de lutte contre l'étalement et la ségrégation socio-spatiale, les auteurs identifient d'ailleurs la complexité et la difficulté du sujet, en particulier les mécanismes d'interactions, sujets « peu étudiés […] et peu reconnus par les acteurs eux-mêmes – comme les impacts de l'offre de déplacement et des mécanismes de marché sur l'organisation des territoires. » (EP SCOT, 2012a). Les auteurs considèrent aussi que « les à deux ou trois années imparties pour élaborer le SCOT peuvent apparaître comme une durée trop limitée pour appréhender cette complexité et ces difficultés » (EP SCOT, 2012a). Enfin, dans ce document les auteurs identifient bien une faiblesse de la puissance publique à réellement maitriser la fabrique de la ville, dans un contexte où ce sont les acteurs du marché qui la construisent réellement. Cette insuffisance s'explique aussi selon les auteurs par le manque d'outils prévu par la loi d'urbanisme. Les auteurs visent ainsi une démarche innovante et décidée pour surmonter ces difficultés.

Sur cette base le PADD (environ 80 pages) expose le projet politique et fixe les grands objectifs. Dans ce document, nous sommes donc dans l'ordre du déclaratif, avec un niveau assez général d'objectifs. Ce n'est donc pas vraiment le lieu d'un contenu économique. Nous remarquons toutefois un manque de hiérarchisation des objectifs et d'estimation de coûts de telles politiques.

Le DOO (environ 300 pages) constitue la boite à outils normative du SCOT, et traite de l'ensemble des problématiques du SCOT. Dans cette analyse nous nous concentrons sur les moyens décrits pour la gestion de l'étalement urbain et le rééquilibrage du territoire, en particulier en confortant les pôles urbains en dehors de l'agglomération. Voici le type d'orientations qui sont apportées dans le DOO : « Pour les bourgs ruraux, les documents d'urbanisme locaux et les politiques et projets d'aménagement veilleront à : créer les conditions permettant de maintenir, développer et de diversifier l'offre d'équipements, de commerces et de services pour répondre aux besoins des habitants de leur bassin de vie ; diversifier leur offre d'habitat pour favoriser une plus grande proximité entre habitat, emplois, commerces, services et équipements. » (EP SCOT, 2012d). Pour chaque territoire du SCOT est ainsi décrit les orientations d'aménagement à suivre. Pour la question du logement, il y a à la fois des orientations, par exemple « **accroître son parc de logements locatifs sociaux** en partenariat avec les financeurs du logement, c'est-à-dire l'Etat, les bailleurs sociaux, les collectivités territoriales » et des objectifs plus précis, comme un objectif de progression du taux de logements sociaux par territoire (plus 2 pts en 6 ans par exemple). Il y a aussi des recommandations pour la mise en œuvre, ici par exemple : « Les collectivités demandent à ce que l'ensemble des partenaires du financement du logement social mobilise les moyens financiers nécessaires à l'atteinte des objectifs fixés » (EP SCOT, 2012d). Toutefois il n'y a pas de bilan économique mentionné.

A l'échelle du territoire, le DOO donne une règle de calcul et des résultats en nombre de logements à construire par an pour 1000 habitants suivant le territoire. En termes de faisabilité, les recommandations restent très générales, par exemple : « La mise en œuvre des orientations et objectifs de construction de logements implique une meilleure articulation entre les orientations des documents de planification et de programmation et la stratégie foncière des secteurs permettant de définir les modalités d'intervention des collectivités. L'implication des collectivités dans l'aménagement via des procédures permettant de mettre en œuvre des projets urbains d'envergure et de réguler le marché en agissant sur les prix et l'offre foncière s'avère fondamentale. Il est donc recommandé aux PLH et PLU intercommunaux d'anticiper les actions foncières à mener en recensant les tènements fonciers supports de la programmation logements à moyen et long terme, afin que les collectivités locales puissent y conduire des actions. » (EP SCOT, 2012d). Globalement il n'y a donc pas d'estimations des besoins financiers, pas d'outils spécifiques à utiliser, pas d'analyse de la faisabilité économique à remplir l'ensemble de ces objectifs à la fois… Il n'y a pas non plus d'éléments plus concrets sur les marchés, par exemple pour la question du logement abordable, on note simplement qu'une « offre complémentaire en logements abordables doit être développée en fonction des besoins et de la situation de chaque territoire au regard de son marché foncier et immobilier. ». Ces éléments plus concrets sont reportés aux documents de planification et de programmation inférieurs (PLU, PLH) (par exemple « Les documents de programmation établis à l'échelle intercommunale apporteront un diagnostic approfondi des besoins des jeunes et définiront les actions les plus adaptées au territoire » (EP SCOT, 2012d)).

Au final que pouvons-nous retenir ? L'ensemble de ces documents dresse un tableau très riche et complet de la situation et des problématiques à surmonter. Toutefois il est clair que le SCOT est dépendant des documents inférieurs, mis en place territoire par territoire voire commune par commune, à la fois pour concrétiser cette ambition mais aussi pour préciser les moyens à mettre en

œuvre. Or si les ressources semblent manquer pour mener un certain nombre d'études techniques dans le cadre du SCOT, comment penser qu'elles seront suffisantes dans un PLU ou un PLH, en particulier en dehors de l'agglomération grenobloise ? Concernant la dimension économique, elle apparait clairement très limitée, à la fois en termes de contenu et de démarche. Dans le DOO, on ne mentionne à aucun moment un levier économique ou fiscal à actionner ou des éléments d'évaluation de coûts ou de bénéfices. Cela ne constitue tout simplement pas une préoccupation essentielle.

5. Conclusions et formulation d'un cahier des charges pour l'analyse économique.

Dans ce chapitre nous avons analysé la portée et l'efficacité des SCOT, nous avons identifié le manque de contenu économique et nous avons tenté d'expliquer cette situation. Nous avons vu que les nombreuses critiques issues de différentes disciplines (économie, urbanisme, droit, géographie) laissent à penser que la planification est aujourd'hui peu efficace. Dans le contexte institutionnel de la décentralisation des pouvoirs d'urbanisme, la capacité à définir et appliquer une stratégie ambitieuse et contraignante sur un périmètre adapté est limitée. De plus le droit de l'urbanisme est très complexe et inadapté aux capacités de nombreuses petites collectivités locales, et l'intégration récente d'objectifs environnementaux rend plus difficile encore son application. Il est de plus confiné à une conception étroite de l'action publique.

Dans le même temps, nous pouvons remarquer le caractère a-économique de la planification. Il y a une carence dans la prise en compte des logiques fiscales et financières, certains dispositifs ont un impact considérable sur le développement urbain de part leur caractère incitatif mais leurs effets ne sont généralement pas évalués et pas accordés aux objectifs des politiques d'urbanisme. Les règles de densification édictées par les urbanistes se heurtent à la logique économique des acteurs qui produisent la ville ce qui tend à montrer que ces logiques économiques sont souvent ignorées des planificateurs. Mal connectée à la logique du marché et de ses acteurs, la planification est donc souvent impuissante à orienter le développement urbain et l'on remarque une relative absence de préoccupation économique dans les documents de planification (manque de hiérarchisation des objectifs et des actions à mettre en place, manque d'évaluation des impacts attendus). La planification apparait comme déconnectée du modèle économique de la ville, alors même qu'elle devrait être un préalable à la redistribution.

Plusieurs raisons peuvent être identifiées. D'une part nous sommes dans une période de reconstruction de la planification, dans laquelle l'analyse économique n'apparait pas comme le savoir prioritaire à mobiliser pour la planification. La pédagogie sur le développement durable et la nécessité de construire un dialogue entre collectivité sont plus fondamentales. D'autre part les deux branches de l'urbanisme que sont l'aménagement, en prise elle avec les mécanismes de marché, et la planification communiquent trop peu. Enfin le registre juridique est aujourd'hui prédominant dans la pratique de la planification, conséquence d'une vision administrative de l'action publique dans le domaine de l'urbanisme et de l'organisation concrète de sa production (nature des acteurs en jeu). Enfin il est important de signaler que la pratique de la planification territoriale est hétérogène suivant les territoires, ce qui module notre propos.

Nous déduisons de cette analyse ce que devrait en priorité et de manière réaliste apporter l'analyse économique à la planification. Ce cahier des charges fixe le contenu et les objectifs des chapitres suivants. Il est important de dire à ce stade que l'on ne se place pas dans une logique où l'analyse économique emporte la décision publique. Nous considérons l'analyse économique comme l'un des éléments devant conduire à la décision, comme un élément de méthode, un outil de réflexion pour élaborer une stratégie, dans le cadre de la planification. Nous reviendrons dans le chapitre 9 sur cette question de la place de l'analyse économique dans les processus de décision.

En termes de contenu, il est nécessaire de produire des bilans socio-économiques afin d'estimer le caractère bénéfique pour la collectivité des scénarios testés. Cela nécessite au préalable de formuler des alternatives. On est bien là dans l'essence de la planification, Webber (1969) la considère comme « *essentially an economizing approach to the future, constantly appraising trade-offs among alternative investment strategies* » et estime que les décisions doivent être nécessairement guidées par la mesure des bénéfices engendrés. La méthodologie d'analyse économique doit aussi permettre de hiérarchiser la stratégie par l'analyse de l'efficacité, d'informer le processus de réflexion, ce qui peut passer par de la modélisation comme support de la réflexion, de spécifier les moyens et les outils à mettre en œuvre pour atteindre un objectif donné. Nous avons vu que ces conditions n'étaient que rarement présentes ce qui affaiblit la portée stratégique de la planification. Notre objectif est de construire une méthodologie et des outils permettant de réaliser cette tâche. L'analyse économique doit s'intéresser à l'influence des dispositifs fiscaux sur la fabrique urbaine, afin d'aider le travail d'articulation avec la planification. Nous avons aussi vu que la question des effets redistributifs était centrale. Nous porterons donc un intérêt particulier à ces questions. Enfin, en terme procédural, nous avons vu dans le chapitre 2 que les méthodes du planificateur devraient davantage s'inspirer de ceux de l'économiste, ainsi un intérêt plus important doit être porté aux mécanismes de marchés et aux mécanismes à l'œuvre sur le territoire.

Chapitre 4 La région urbaine de Grenoble : des mécanismes urbains à la prospective.

Le territoire de la région urbaine grenobloise nous apparait particulièrement intéressant pour traiter notre problématique du fait du caractère ambitieux de son SCOT, du dynamisme de sa politique de transport, mais aussi du fait des problématiques de pollution comme de financement des transports en commun. Ce territoire se caractérise aussi par un étalement urbain important ainsi que des hausses lourdes des prix fonciers et immobiliers durant la dernière décennie. Par ailleurs, l'agglomération grenobloise est pionnière en termes de mise en place de Plan Climat et les collectivités locales y sont aussi très actives en termes de modélisation du transport.
Dans ce chapitre, nous présentons ce territoire et ses spécificités. Nous décrivons la dynamique de l'étalement urbain à l'œuvre nationalement et sur le territoire étudié. Cette description des mécanismes à l'œuvre est nécessaire afin de pouvoir mieux positionner nos scénarios dans la réalité du fonctionnement des systèmes urbains. De plus, cette analyse des mécanismes en jeu permet de mieux comprendre les phénomènes que les outils de planification, décrits et analysés dans notre chapitre 3, sont en charge de maîtriser. Nous expliquons ensuite la logique qui nous conduit à notre travail de scénarisation et nous décrirons les principales hypothèses de notre prospective ainsi que l'histoire de nos trois scénarios.

1. Présentation du territoire d'étude.

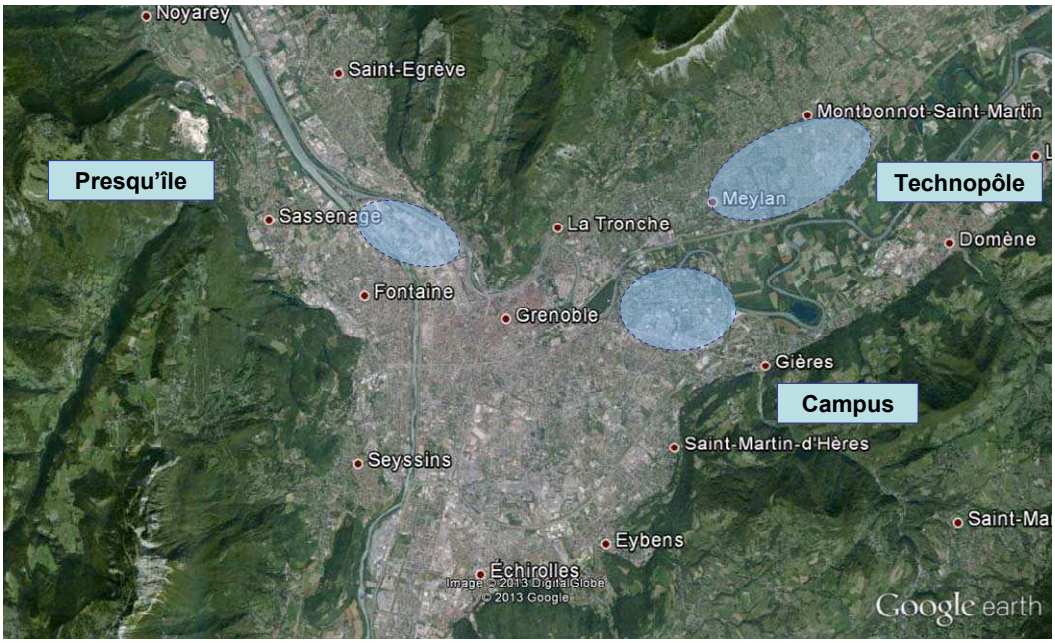
1.1 Une ville scientifique.

La ville de Grenoble est reconnue pour être un lieu d'avant-garde scientifique et industrielle depuis ses origines, ce qui n'a cessé d'interroger du fait de sa situation géographique, comme l'exprime déjà le géographe Raoul Blanchard en 1911 : *«* comment une ville d'industrie a pu naître au milieu des montagnes, loin des grandes régions de consommation ou de production de France ou de l'étranger ? *»* (Novarina, 2010). Nous avons là deux caractéristiques clés de la ville : son enclavement entre trois massifs montagneux : le massif du Vercors (Parc naturel régional), le massif de Belledone et le massif de la Chartreuse (Parc naturel régional). Son aptitude à l'innovation scientifique et industrielle, symbolisée par la découverte de l'hydro-électricité par Aristide Berges, un industriel papetier local, en 1869, et qui a suscité l'essor de l'industrie fortement consommatrice d'électricité au sein de ce territoire (Novarina, 2010).

Ce tissu industriel important et son développement ont très rapidement suscité l'essor de l'université. En effet, les industriels ont eu un grand besoin de techniciens et d'ingénieurs et ils ont alors investi directement dans la mise en place d'instituts et d'écoles, et ce dès 1900 (Novarina, 2010). Sous l'impulsion du futur prix Nobel Louis Néel (Prix Nobel de Physique en 1970), le pôle universitaire scientifique se consolide, en particulier sur la science physique, et Grenoble accueille l'installation du

CEA en 1956. A la fin des années 60, les collectivités locales mettent en place un technopôle afin de favoriser le dynamisme des industries technologiques sur le modèle par exemple de la Silicon Valley. Il fournira une base clé pour le développement des activités de hautes technologies, en particulier dans les domaines de l'électronique et de l'informatique, qui constituent aujourd'hui une part importante de l'économie (Novarina, 2010). Au début des années 2000, le secteur des nanotechnologies prend de l'importance et le campus Minatec est créé sur la presqu'île, lieu d'implantation du CEA. Minatec est conçu pour relancer le dynamisme grenoblois avec les recettes qui ont fait son succès : une forte collaboration entre la recherche scientifique, l'éducation et les milieux industriels. Il donnera lieu au pôle de compétitivité Minalogic labellisé et soutenu financièrement par l'Etat (Novarina, 2010). Ces différents éléments sont à la base d'un espace dense en lieux d'enseignement toujours présent aujourd'hui avec en particulier un réseau important d'écoles d'ingénieurs. Avec ses 54 000 étudiants en 2009, la région grenobloise est 6ème au niveau national en termes de ratio étudiants/habitants, l'aire urbaine de Grenoble se classant même 2ème derrière Montpellier (EP SCOT, 2012a). C'est aussi ce qui explique que Grenoble ait été choisi en 2009 parmi les 10 villes qui profiteront d'un Plan Campus national avec des investissements importants de l'Etat. Cela inclut le projet Giant sur la presqu'île, où, pour la première fois, « la nécessité d'intégrer leurs nouvelles installations dans un projet urbain global » apparait à la communauté scientifique et politique aux manettes de ce projet (Novarina, 2010). Ces développements successifs ont à la fois marqué l'histoire de Grenoble mais aussi, comme nous l'avons brièvement décrit, son espace géographique, avec en particulier ce trio Presqu'île, Campus scientifique et Technopôle de Meylan-Montbonnot.

Figure 14 : le trio presqu'île, campus scientifique et technopôle



1.2 Un lieu d'urbanisme.

L'aménagement du territoire se comprend en premier lieu par des grands plans d'urbanisme pour la ville de Grenoble avec : le Plan Jaussely en 1923, qui a comme objectif l'extension de la ville alors en plein développement industriel ; le plan Prud'homme Marchand en 1938, qui vise à la définition d'axes radiaux marquant les prémices du réseau viaire de la future agglomération ; enfin le Plan Bernard en 1964, qui, dans une ville dynamique démographiquement et économiquement, où le CEA vient de s'implanter et où les Jeux Olympiques d'Hiver arrivent (1968), se veut visionnaire et audacieux (Denizot et Vanier, 2006).

L'Agence d'urbanisme de la région grenobloise est créée en 1966, afin d'élaborer le SDAU (Schéma Directeur d'Aménagement et d'Urbanisme) qui couvre 101 communes ce qui constitue un « saut d'échelle » par rapport aux plans d'urbanisme précédents (Denizot et Vanier, 2006). Le SDAU de 1973, considéré par Denizot et Vanier (2006) comme « l'ultime élan de l'Etat technocrate », avant la décentralisation de 1983, s'intéresse à la région urbaine avec l'axe du Grésivaudan au Nord Est et le Voironnais au Nord Ouest, préfigurant ainsi une vision prospective de polycentrisme. Au début des années 2000, c'est-à-dire vingt ans après le schéma directeur « s'ouvre le débat sur les nécessités de le réviser, et avec lui la confrontation des opinions quant à l'intérêt de ce genre d'exercice à long terme. Il faudra des efforts opiniâtres, notamment de la part de l'Agence d'Urbanisme de la Région Grenobloise qui jouait là sa légitimité et son avenir, pour que les édiles concernés convergent vers ce nouveau dispositif prospectif. » (Denizot et Vanier, 2006). On voit ici l'illustration des éléments développés dans les chapitres 2 et 3 : le statut de l'agence et de la pratique de la planification ont été très fragiles durant cette période et cela se ressent dans la nature même de la planification. Ainsi l'objectif de ce plan n'est pas tant de porter un grand projet de territoire que de représenter un outil de gouvernance dans la nouvelle configuration institutionnelle de l'après décentralisation et le mot d'ordre qu'identifient Denizot et Vanier (2006) dans ce schéma directeur est le suivant « prudence et souplesse face aux incertitudes de l'avenir ». Ce schéma directeur est l'étape précédant la mise en place du SCOT, c'est elle qui explique le caractère ambitieux du périmètre du schéma de cohérence territoriale grenoblois, regroupant l'ensemble du territoire (zone d'emploi[80] selon l'Insee) et non recentré sur l'agglomération comme cela est souvent le cas[81].

En 1973, au moment de l'approbation du premier Schéma Directeur d'Aménagement et d'Urbanisme, le périmètre de la Région Grenobloise (RG) regroupe donc les trois vallées de l'Y grenoblois et 115 communes. En 2000, le secteur de la Bièvre est ajouté pour former un périmètre de 157 communes. En 2007, le périmètre comprend 244 communes, après s'être étendue vers la Bièvre-Valloire et le Sud Grésivaudan. Enfin en 2010, c'est le Trièves qui fait son entrée (EP SCOT, 2011a). Le périmètre comprend aujourd'hui 18 EPCI (Etablissement Public de coopération intercommunale) : 2 communautés d'agglomération (Grenoble et Voiron) et 16 communautés de communes. Le périmètre de la communauté d'agglomération Grenoble Alpes-Métropole, le cœur de la région, a très peu évolué

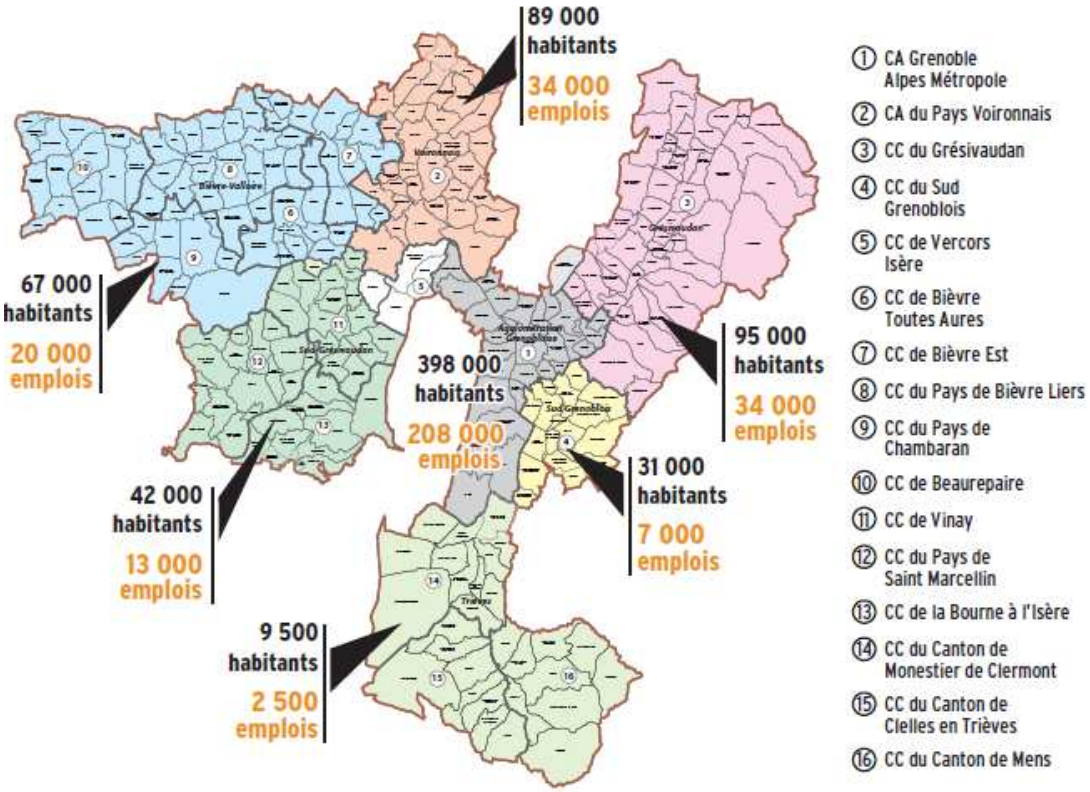
[80] Selon l'Insee, une zone d'emploi est un espace géographique à l'intérieur duquel la plupart des actifs résident et travaillent, et dans lequel les établissements peuvent trouver l'essentiel de la main d'œuvre nécessaire pour occuper les emplois offerts.

depuis ses origines. En effet dès 1966, 23 communes se sont rassemblées dans un syndicat intercommunal pour traiter des questions d'urbanisme, un des premiers exemples français. Le syndicat évoluera jusqu'à donner naissance à une communauté de communes en 1994 puis à une communauté d'agglomération en 2000. Aujourd'hui la Métro (nom qui désigne généralement la communauté d'agglomération) compte 28 communes. **C'est à partir de cette histoire et dans ce contexte multi-acteurs que se comprend la planification avec le Schéma de Cohérence Territoriale.**

1.3 L'espace géographique.

En 2007, la région grenobloise et ses 273 communes représentaient 731 000 habitants, (63% de l'Isère et 12% de Rhône-Alpes). Ce périmètre correspond bien à un bassin de vie, il est centré sur l'aire urbaine de Grenoble (533 000 habitants) et comprend deux autres aires urbaines, celles de Voiron (45 000 habitants) et de Saint-Marcellin (16 000 habitants) (EP SCOT, 2012a). Depuis 2010, l'aire urbaine de Grenoble englobe celle de Voiron[82]. Par ailleurs, 8 habitants sur 10 du Grésivaudan résident dans une commune de l'aire urbaine de Grenoble.

Figure 15 : les secteurs du SCOT grenoblois



Source : (EP SCOT, 2012)

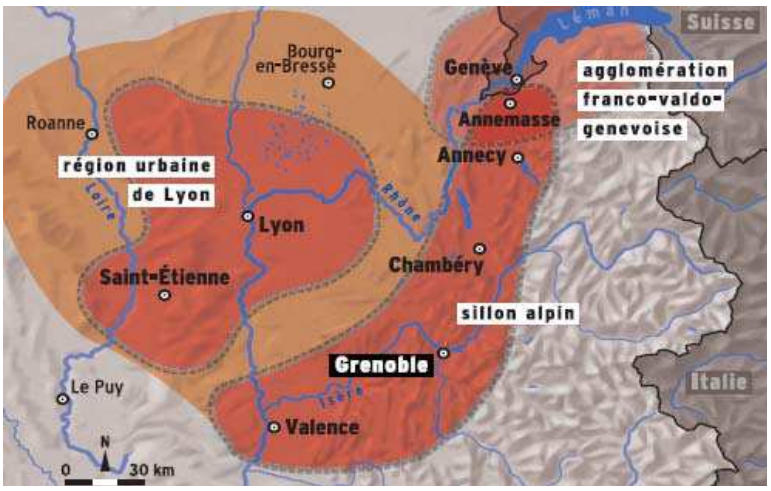
[82] http://www.insee.fr/fr/methodes/nomenclatures/zonages/zone.asp?zonage=AU2010&zone=010

Ce périmètre comprend 7 secteurs aux caractéristiques très variées :

- L'agglomération de Grenoble, au centre, avec ses 398 000 habitants, le cœur du bassin, avec une densité moyenne de 1300 hab/km².
- Le Trièves, tout au Sud avec 9500 habitants, c'est un territoire de montagne, très attractif démographiquement, une densité de 15 hab/km².
- Le Voironnais au Nord et ses 89 000 habitants, avec des espaces ruraux et des pôles urbains, qui doit jouer un rôle de pôle d'équilibre vis-à-vis de l'agglomération, une densité de 232 hab/km².
- Le Grésivaudan à l'Est et ses 95 000 habitants, une vallée avec des pôles d'emplois très dynamiques et une attractivité forte du fait de sa qualité environnementale, mais un espace contraint par les deux massifs montagneux qui le bordent, une densité de 130 hab/km².
- Le Sud Grenoblois, 31 000 habitants dans un territoire marqué par l'industrie chimique et les risques naturels et technologiques et avec un fort caractère rural, une densité de 192 hab/km².
- La Bièvre-Valloire tout à l'Ouest, et ses 67 000 habitants, un territoire rural disposant de vastes ressources foncières abordables et d'une activité agricole forte, une densité de 76 hab/km².
- Enfin le Sud Grésivaudan, et ses 42 000 habitants, centré sur l'aire urbaine de Saint Marcellin, mais comprenant aussi des zones rurales et agricoles importantes, une densité de 71hab/km².

Au niveau régional, la région grenobloise se comprend comme un contrepoint à la région urbaine de Lyon. Elle constitue le cœur d'un sillon alpin, allant de Valence à Genève, espace culturel et d'échanges économiques important.

Figure 16 : le sillon alpin



Source : (EP SCOT, 2012)

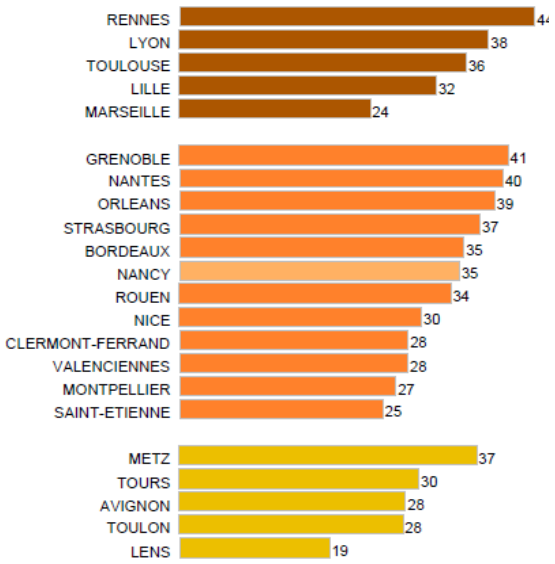
C'est dans un territoire d'une grande hétérogénéité en termes géographiques que se décline l'ambition de cohérence du SCOT.

1.4 La ville des tramways, les caractéristiques de la mobilité sur le territoire.

1.4.1 Les partages modaux sur le territoire

L'analyse de la mobilité doit se faire à plusieurs échelles, celle de l'agglomération dense, avec son réseau de transport urbain, et à l'échelle plus large du territoire, moins dense, où la voiture domine. L'agglomération a fortement investi dans son réseau de transports collectifs depuis les années 90 où elle fût une des agglomérations pionnières à revenir au tramway. Et la politique de mobilité a joué un rôle important dans la construction politique du pouvoir de l'intercommunalité (Novarina, 2001). Le SMTC a été créé en 1973, c'est l'autorité organisatrice des transports urbains, dont le périmètre est celui de l'agglomération. Le comité syndical du SMTC est composé de 16 élus issus de la Métro et du Conseil Général. Le SMTC est le propriétaire des véhicules, des infrastructures et du patrimoine foncier. Il finance, construit et organise le réseau de transports de l'agglomération grenobloise et participe à la définition de la politique des déplacements. De ce fait, il détermine en lien avec l'exploitant l'offre de transport. Il élabore le PDU en partenariat avec les collectivités locales et la communauté d'agglomération (dans les faits, le SMTC est un service de la Métro), et ce document devient le document stratégique guidant ses actions. Aujourd'hui le réseau comprend 4 lignes structurantes de tramway. Le réseau grenoblois est ainsi au dessus de la moyenne nationale des villes disposant de sites propres avec 42km/hab/an de TCSP contre 33km/hab/an en moyenne en 2008 (Certu, 2010a).

Figure 17 : Offre en kilomètre par habitant du PTU



Source : (Certu, 2010a), (marron - réseaux à métro, orange - réseaux à tramway, jaune - réseaux à BHNS)

Les tramways desservent 44% de la population de l'agglomération (bande de 400m autour de la voie) et environ 50% des emplois (Certu, 2010a). Ces politiques ont réussi à créer une hausse forte de la fréquentation, entre 1999 et 2004 par exemple, le nombre de voyages en transports en commun a augmenté de plus de 21 % (+ 24 % pour le tramway, + 18 % pour les bus) pour atteindre plus de 70

millions de voyages annuels, dont la moitié en tramway. Toutefois, malgré ces fortes hausses, la part des transports en commun dans l'agglomération reste minoritaire (16% des déplacements) et la voiture reste dominante (48%). L'Enquête Ménages Déplacements permet d'avoir une vision de la mobilité à l'échelle de la région urbaine (l'EMD 2010 ayant un périmètre légèrement plus grand que celui du SCOT). La **Figure** 18 permet de situer la mobilité du territoire vis-à-vis d'autres territoires comparables. On observe que les résultats sont similaires à ce que l'on trouve à Strasbourg ou Lyon et très proches de ceux de Bordeaux ou Chambéry.

Figure 18 **: Mobilités et parts modales dans la grande région grenobloise, en nombre de déplacements**

Mobilités et parts modales en 2010 dans la grande région grenobloise

	Marche	Voiture	Transports collectifs	Vélo	Autres	TOTAL
Mobilité par mode	0,90	2,15	0,41	0,09	0,06	3,63
Parts modales des déplacement	25%	59%	11%	3%	2%	100%

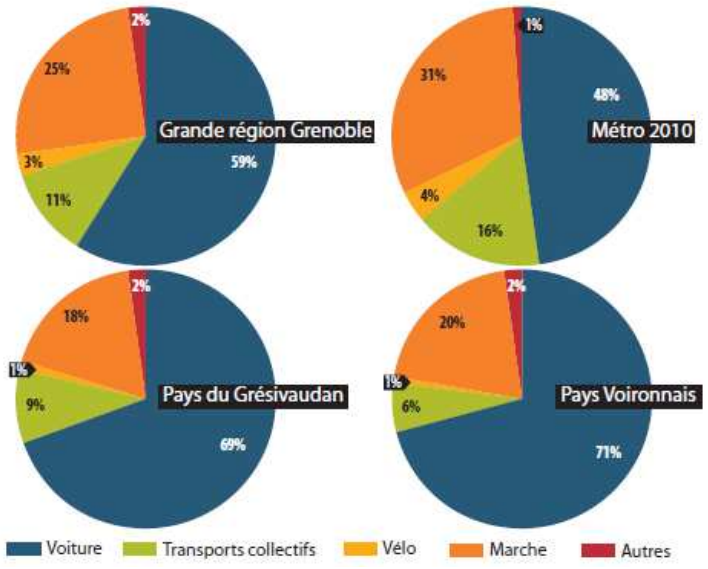
Cette hiérarchie dans l'utilisation des modes de transport est à l'image des pratiques nationales.

Parts modales des déplacements	Marche	Voiture	Transports collectifs	Vélo	Autres	TOTAL
EMD Strasbourg 2009 (périmètre Bas-Rhin)	25%	60%	8%	6%	1%	100%
EMD Bordeaux 2009 (Périmètre SCoT)	21%	63%	9%	3%	3%	100%
Lyon 2006 (Grand territoire)	27%	59%	11%	1%	2%	100%
Chambéry 2007 (Grand territoire)	24%	68%	5%	1%	2%	100%

Source : (SMTC, 2010b)

Les partages modaux sont assez contrastés suivant les territoires : en effet le réseau de transport en commun est beaucoup plus dense dans l'agglomération grenobloise que dans le reste du territoire. Les transports en commun, ainsi que les modes non motorisés, ont des parts modales bien plus importantes dans l'agglomération que dans les autres secteurs du SCOT (y compris ceux disposant d'une offre organisée à partir d'un Plan de Déplacement Urbain).

Figure 19 : parts modales dans les différents secteurs, Source : (SMTC, 2010b)



Des évolutions intéressantes peuvent être identifiées en comparant l'EMD de 2002 à celle de 2010. On remarque que la mobilité par habitant diminue et que l'usage des transports collectifs augmente significativement sous l'effet des politiques d'investissements.

- Population : **+6%**
- 3.6 déplacements quotidiens par habitant : **- 7%**
- 1.6 millions de déplacements quotidiens en voiture : **- 6%**
- 320 000 déplacements quotidiens en transports collectifs : **+19%**
- 70 000 déplacements en vélo : **+33%**
- 439 000 voitures à disposition : **+12%**
- 0.58 voiture par habitant : **+3%**

Dans le même temps la motorisation des ménages n'augmente plus que très peu. La dernière période constitue donc une période charnière pour la mobilité urbaine. On retrouve les mêmes évolutions dans les autres agglomérations françaises de taille comparable.
La mobilité au sein de la région urbaine s'envisage globalement mais aussi via les jonctions entre les différents territoires qui la composent. Il y a une congestion importante en entrée d'agglomération et celle-ci augmente : 106 000 véh./jour dans la cluse de Voreppe, jonction avec la partie Nord-Est du de la région urbaine et + 7,5 % entre 2000 et 2004 ; 98 500 véh./jour dans la jonction avec le Grésivaudan et + 5,5 % entre 2000 et 2004 ; 63 000 véh./jour dans le sud de l'agglomération et + 10 % entre 2000 et 2004 selon les mesures du SMTC. Cela s'explique par la présence des massifs du Vercors et de la Chartreuse, qui concentrent les passages de voitures sur quelques axes de circulation. Ce phénomène s'accroit du fait de l'augmentation des trafics entre l'agglomération et les autres secteurs, liée aux dynamiques urbaines.

1.4.2 Les émissions du transport sur le territoire

Il s'agit de décrire la structure des émissions du territoire, et de replacer l'objet de notre étude, la mobilité locale des passagers, dans un cadre plus large. La mobilité locale représente 60% des kilomètres parcourus par les Français, ainsi la mobilité locale quotidienne (uniquement déplacement en semaine) représente 54% des émissions du transport de passagers (Longuar et Nicolas, 2010). Au niveau du périmètre du SCOT, le secteur du transport, incluant transport de passagers et marchandises, représente 29% des émissions de GES du périmètre du SCOT, en augmentation de 10% entre 1990 et 2006. Au niveau de l'agglomération, le transport de passagers, auquel nous nous intéressons spécifiquement, représente 60% de ces émissions et les marchandises 40% (La Métro, 2007). La mobilité locale des passagers représente donc une part significative des émissions globales du transport (environ 25%) et ainsi un potentiel important pour les politiques de réduction dans le cadre de la planification urbaine.

1.4.3 Situation financière : Grenoble dans le contexte français.

Dans le contexte français, les rapports de la Cour des Comptes (2005) et de Faivre d'Arcier (2008) dressent un constat assez sévère sur l'état des financements des systèmes de transport urbain. Ils

sont dorénavant limités du fait de la limite atteinte par le versement transport ; du rendement décroissant des futurs investissements (les axes principaux sont déjà dotés) ; de l'investissement conséquent dans des tramways onéreux qui pèsent sur les finances ; de la difficulté à augmenter les tarifs du fait du rôle social mis en avant pour les transports en commun ; de la fréquentation (et la recette) qui a certes augmentée mais moins que les dépenses, creusant ainsi les déficits. Ce constat est national même s'il est contrasté suivant la taille des réseaux, les grands réseaux s'en sortant plutôt mieux du fait de leurs investissements importants entre les années 90 et 2000. Pour résumer la situation dans les réseaux de plus de 300 000 habitants comme celui de Grenoble, on utilisera la formule suivante :

R/D = R/V*V/K*K/D

- R/D représente la recette sur les dépenses, il est passé de 50% à 40% entre 98 et 2007.
- R/V représente la recette par voyage, il est passé de 0,6 euros à 0,5 euros, (en euros constants 2007).
- V/K représente le nombre de voyageurs par kilomètre offert, la fréquentation a augmenté passant de 3,8 à 4,6 entre 98 et 2007.
- D/K représente la dépense par kilomètre offert, elle est passée de 4,5 euros à 5,75 euros (en euros constants 2007).

Ainsi l'augmentation mesurée de la fréquentation s'est faite au prix d'un investissement important dans un contexte de stabilité de la tarification, expliquant ainsi la baisse de la couverture des dépenses par les recettes. ((UTP, 2009) d'après données Certu, Annuaire statistiques). Les réseaux plus petits (entre 100000 et 300000, entre 50000 et 100000, et moins de 50 000) ont tous vu leur fréquentation baisser, avec une baisse de la tarification et une légère hausse du coût par kilomètre offert, aggravant ainsi les déficits.

Sources : (Certu, 2010a) ; Audit Fitch 2007, EMD 2002, Comité Syndical SMTC 2011 ; calculs par l'auteur	**Tableau simplifié du bilan financier du SMTC, 2008**
Recette sur dépense	26%
Recette par déplacement	0.45 €
Voyageur/ km offert	5.5
Dépense /km	6.4 €/km
Charges d'exploitation	Env 100 M€
Recettes commerciales (26% des charges d'exploitation Certu, 2010)	27M€
Versement transport	76M€
Résultat d'exploitation	Equilibré
Dettes en 2011 (ne contient pas le coût de la construction actuelle du Tram E, Fitch 2007)	600 M€

Tableau 5 : situation financière du système de transport en commun

Grenoble se distingue par un taux particulièrement bas de participation des usagers au financement des charges d'exploitation (26% contre 49% à Lyon, (Certu, 2010a)), un niveau de dépense par kilomètre relativement élevé et une bonne fréquentation. L'agglomération et le département financent

le SMTC chacun à hauteur de 30M€/an (Budget 2008 du SMTC). On notera enfin l'endettement assez important du SMTC. A ce bilan il faut ajouter la construction actuelle du tramway E, pour un investissement d'environ 300M€.

L'équilibre financier est donc fragile, et la question des marges de manœuvre pour continuer à investir et poursuivre l'effort de hausse de fréquentation des transports en commun et afin d'atteindre les objectifs de mobilité durable est posée. Ce constat de faible marge de manœuvre est aussi valable pour la région Rhône-Alpes, qui finance les TER, et le département de l'Isère qui finance un réseau de bus. Par ailleurs, le défi du territoire du fait de sa grande hétérogénéité est de trouver des solutions adaptées aux différents types de tissus.

Au final, le territoire grenoblois nous apparait particulièrement intéressant pour traiter notre problématique et être le support de notre analyse économique du fait du caractère ambitieux de son SCOT et du dynamisme de sa politique de transport, mais aussi du fait des problématiques de pollution comme de financement des transports en commun. Nous verrons aussi par la suite que le territoire est particulièrement sujet à l'étalement urbain et à la hausse des prix fonciers et immobiliers. Par ailleurs, l'agglomération grenobloise a été une des premières à se doter d'un plan climat et à mettre en œuvre des actions de réduction des émissions, ce qui a motivé son choix dans le projet AETIC.

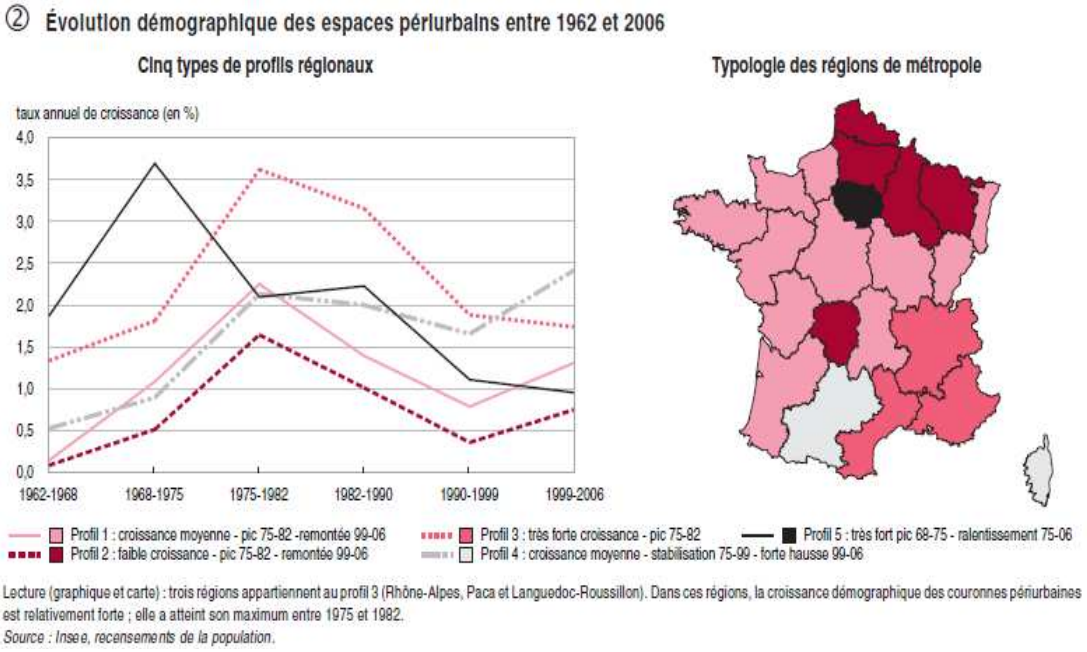
2. Les dynamiques des aires urbaines françaises.

2.1 Les tendances passées.

Bessy-Pietri (2000) permet de replacer les évolutions urbaines qu'a connues Grenoble parmi les évolutions des aires urbaines françaises de plus de 100 000 habitants. L'analyse repose sur les dynamiques démographiques respectives des villes centres, des banlieues (inclues dans l'unité urbaine) et des couronnes des aires urbaines pour les périodes **75-82, 82-90 et 90-99**. Elle permet de dire que la région grenobloise a vécue un étalement **marqué** (l'écart entre le taux d'évolution annuel de la couronne et de la ville est supérieur à l'écart moyen) et **régulier** durant les 3 périodes.

La **figure 20** permet de comprendre les différences entre les 3 périodes et entres les différentes régions françaises. On voit que le pic correspond généralement à la période 75-82, l'Ile de France ayant été un précurseur, et que l'étalement urbain dans la région grenobloise ralentit clairement depuis les années 90, après avoir été très forte.

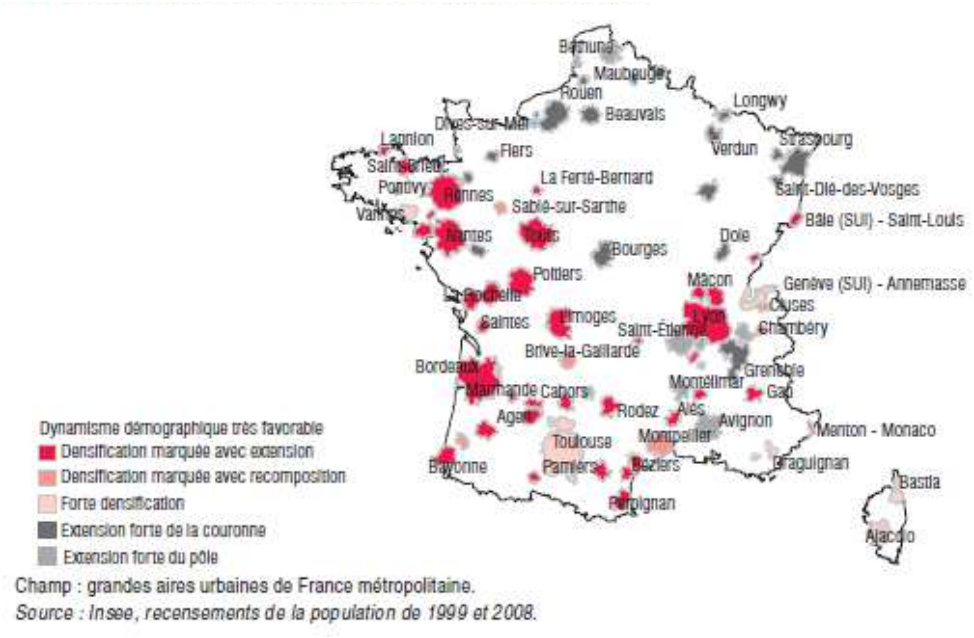
Figure 20 : croissance des espaces périurbains depuis les années 60



Source : (Bacchaini et Sémécurbe, 2009)

Depuis 2000, l'expansion de l'aire urbaine grenobloise continue, ce qui est le cas de toutes les grandes aires urbaines. En effet, entre 1999 et 2008, la surface des aires urbaines françaises a augmenté de 39% pendant que leur population n'augmentait que de 16% et leurs emplois de 21.5% (Floch et Levy, 2011). L'aire urbaine de Grenoble se distingue par un niveau de croissance particulièrement important de sa couronne périurbaine (Floch et Levy, 2011) ce qui est moins le cas pour des agglomérations comme Rennes, Nantes ou Lyon. Entre 1999 et 2009, l'augmentation de l'artificialisation a été quasiment deux fois plus grande que celle de la population (EP SCOT, 2012).

Figure 21 : les grandes aires urbaines en forte croissance



Source : (Floch et Levy, 2011)

Encadré 8 : Le zonage en aires urbaines de 2010 de l'Insee.

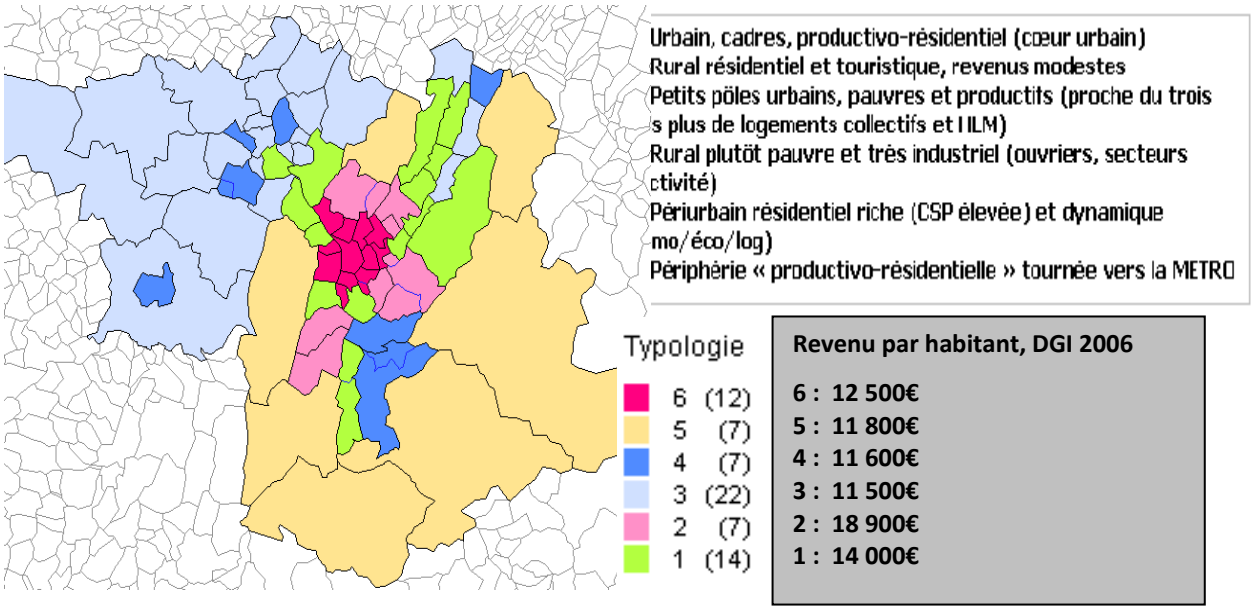
Il s'appuie sur les définitions suivantes :

- un **pôle** est une unité urbaine d'au moins 1 500 emplois. Une **unité urbaine** est une commune ou un ensemble de communes présentant une zone de bâti continu (pas de coupure de plus de 200 mètres entre deux constructions) qui compte au moins 2 000 habitants ;
- une **aire** est composée d'un **pôle** et le plus souvent d'une **couronne**. Sa couronne correspond aux communes ou unités urbaines, dont au moins 40 % de la population résidente ayant un emploi travaille dans le pôle ou dans des communes attirées par celui-ci selon un processus itératif. On distingue les grandes aires urbaines, basées sur des pôles d'au moins 10 000 emplois, les moyennes aires, basées sur des pôles de 5 000 à moins de 10 000 emplois et les petites aires basées
sur des pôles de 1 500 à moins de 5 000 emplois ;
- les **communes multipolarisées des grandes aires urbaines** sont les communes situées hors des aires, dont au moins 40 % de la population résidente ayant un emploi travaille dans plusieurs grandes aires urbaines, sans atteindre ce seuil avec une seule d'entre elles. Elles forment avec elles un ensemble d'un seul tenant, appelé **espace des grandes aires urbaines**. L'ensemble constitué par les couronnes des grands pôles urbains et les communes multipolarisées des grandes aires constituent l'**espace périurbain** ;
- les **autres communes multipolarisées** sont les communes situées hors de l'espace des grandes aires urbaines, dont au moins 40 % de la population résidente ayant un emploi travaille dans plusieurs aires (qu'elles soient grandes, moyennes ou petites) ;
- les **communes isolées hors influence des pôles** sont les communes n'appartenant pas à une aire et non multipolarisées.

La typologie suivante permet de bien appréhender le territoire, à partir de critères statiques et dynamiques de peuplement, d'emploi, de logement, de revenu, de mobilité domicile-travail, d'offre de commerces et de services, d'attractivité touristique[83]. Elle montre bien qu'il y a une diversité de types de zones périphériques et explicite les relations de dépendance vis-à-vis du centre urbain. Celles-ci sont par exemple plus fortes pour la périphérie productivo-résidentielle (cat 1) que pour les petits pôles urbains (Cat 4). L'étalement de la population ne signifie donc pas la même chose suivant les types de zones en jeu. De plus, cette typologie met bien en exergue la fragmentation socio-spatiale à l'œuvre sur le territoire. En particulier une grande concentration de cadres dans la vallée du Grésivaudan et en particulier à son entrée, à proximité de l'agglomération, cette concentration correspondant à la présence importante d'emplois très qualifiés dans cette zone. Rappelons que toutes les communes du SCOT hors pôles urbains ne sont pas périurbaines au sens de l'Insee car les trois aires urbaines du territoire représentent environ 600 000 habitants des 730 000 habitants de la région urbaine.

[83] Cette étude a été réalisée par Magali Talandier, Pacte, Institut de géographie alpine, Grenoble, dans le cadre du projet AETIC.

Figure 22 : Typologie du territoire de la région urbaine grenobloise



Source : Calcul et élaboration Magali Talandier, 2011. Fond de carte : EMD 2010.

2.2 Les mécanismes de l'étalement urbain et les politiques publiques.

L'étalement urbain désigne généralement l'effet d'extension des zones urbaines, avec une urbanisation progressive des franges rurales (Bailly et Bourdeau-Lepage, 2011). Ces espaces nouvellement urbains constituent le périurbain, une zone de navette car les emplois restent généralement majoritairement dans l'unité urbaine (Bailly et Bourdeau-Lepage, 2011). Ce phénomène d'extension n'est pas nouveau et les villes ont toujours choisi de mettre des limites à leur développement, des limites entre urbain et rural, et des limites qui ont toujours été dépassées, ce qui fait dire à Castel (2012) que les « agglomérations d'aujourd'hui sont l'étalement d'hier ». De nombreux termes existent pour désigner les multiples facettes de ce phénomène, périurbanisation, rurbanisation, mitage.., nous utiliserons dans cette partie le terme d'étalement urbain, qui a l'avantage d'être le plus général.

L'étalement urbain a de nombreuses causes et déterminants, qui se situent à la fois dans le champ des choix personnels des ménages, dans le champ des caractéristiques du système urbain, dans le champ institutionnel et enfin dans le champ des politiques de mobilité (Wiel, 1999). Ce sont les différentes combinaisons entre ces différents éléments qui expliquent la périurbanisation passée et présente et les variations d'intensité de ce phénomène entre différentes agglomérations.

2.2.1 Potentiel foncier.

La disponibilité géographique de foncier rural autour de la zone dense est la première condition de l'étalement urbain, la présence d'une agriculture rentable (par exemple viticole), de formations géographique contraignantes (montagnes, lac, mer…) ou de zones très touristiques pouvant réduire ou réorienter fortement les dynamiques. Le tableau ci-dessous (EP SCOT, 2012a) représente la situation actuelle de la Région urbaine grenobloise en termes d'espaces.

Total RUG	300 000 ha
Naturels	158 000 ha
Agricoles	100 000 ha
Urbains	42 000 ha
Dont occupés	30 000 ha
Par Habitat	20000 ha
Par Economie	5 000 ha

Tableau 6 : bilan du foncier dans la région urbaine grenobloise

Parmi les espaces agricoles, 10 000 à 13 000 ha sont aujourd'hui classés urbanisables (PLU plus marges supplémentaires du Schéma Directeur) ce qui constitue une formidable réserve pour l'étalement. Le SCOT a donc visé à réduire ce classement, en donnant des règles dimensionnant les zones urbanisables et protégeant les zones agricoles et qui doivent se traduire dans les PLU, (SCOT approuvé en décembre 2012). Si on considère les rythmes de consommation des espaces des années 2000-2005, 130 ha/an pour l'habitat et 35 ha/an pour l'économie, les réserves tiendront environ 75 ans pour l'habitat et 90 ans pour l'économie (EP SCOT, 2012a). La notion de rareté foncière est donc à relativiser, même il s'agit de protéger les zones les plus précieuses en termes agricoles ou paysagers.

2.2.2 Mobilité facilitée.

La généralisation de la possession et de l'usage de l'automobile, les investissements dans les infrastructures routières ainsi que le maintien d'un prix relativement stable et bas du service énergétique ont permis de rendre accessible et utilisable ces larges réserves de fonciers disponibles autour des agglomérations. On observe bien que le budget carburant des ménages est resté relativement stable depuis 1970 (Merceron et Theulière, 2010) dans un contexte d'augmentation des distances parcourues. L'étalement urbain a ainsi été un « redéploiement induit par la mobilité facilitée » (Wiel, 1999). D'un point de vue économique, les temps de transport économisés par les améliorations de la mobilité ont été en fait réinvestis dans des distances plus grandes parcourues quotidiennement et les budgets temps montrent une remarquable stabilité. On observe dans le tableau suivant les données françaises sur la période 1982-2008 qui illustrent ce phénomène.

Tableau 7 : évolution de la mobilité locale depuis 1982

Mobilité locale /pers ENTD 2008	1982	1994	2008
Temps quotidien passé en déplacement, min	54.8	54.7	56.3
Distance quotidienne, km	17.4	23.1	25.2

Source : (ENTD, 2008)

2.2.3 Les aspirations des ménages.

Cette potentialité en termes de foncier est mise en regard par les ménages dans leur choix de localisation avec la qualité résidentielle de la ville, notion qui dépasse la seule offre de logement. Et

c'est souvent l'image d'une ville peu sûre, polluée, bruyante (Wiel, 1999 ; Bailly et Bourdeau-Lepage, 2011) qui s'est exprimée. La présence croissante de la voiture dans la ville a fortement contribué à l'augmentation de la pollution urbaine, qui reste une problématique importante aujourd'hui, et au final à la dynamique de fuite de la ville.

Pour Bailly et Bourdeau-Lepage (2011) « l'étalement urbain correspond à des tendances profondes de la société et à l'évolution des modes de vie », le désir de nature, la perspective de profiter d'une « qualité de vie campagnarde » (Harzo, Perret et Bernède, 2010) tout en travaillant dans le centre urbain, a résonné avec un imaginaire fort et a motivé beaucoup de parcours résidentiels vers le périurbain. La mobilité résidentielle dans le périurbain s'accompagne parfois aussi de la recherche d'un entre soi, et la paupérisation de certaines zones de la ville a pu apparaître comme des « repoussoirs » à classe moyenne (Charmes, 2011). Enfin, la propriété d'une maison individuelle en périurbain reste le moyen le plus simple pour les classes moyennes de se constituer un capital et de s'assurer une retraite sans loyer à payer dans un contexte où l'incertitude sur le coût du logement et sur le niveau des retraites est très forte.

2.2.4 Des politiques d'aménagement et de logement.

Avec ce double potentiel de foncier et d'aspiration des ménages, l'Etat a vu la possibilité de permettre à des millions de ménages de faire construire leur maison et de devenir propriétaire, avec plus de mètres carrés habitables disponibles et de grandes parcelles. A l'heure où la lutte contre l'étalement est devenu un mot d'ordre, avec en particulier l'impact de la loi SRU (2000), il faut donc se rappeler que l'Etat n'a pas toujours été contre ce mode de développement, même si des appels à la lutte contre l'étalement ont pût être lancés de manière régulière. On voit d'ailleurs clairement que la vague la plus forte s'est faite avant la décentralisation (figure 20), à une époque c'est l'Etat qui a une grande partie du pouvoir d'urbanisme (permis de construire) et Bessy-Petry (2000) rappelle que « la promotion de l'habitat individuel durant la décennie 70 et le début des années 80 a favorisé l'urbanisation de communes restées jusque-là rurales. ».

Un dispositif comme le prêt à taux zéro pour construire sa maison est reconnu par tous comme un des vecteurs de l'étalement (Bailly et Bourdeau-Lepage, 2011), en particulier en favorisant l'installation de ménages à faibles revenus dans les franges les plus lointaines de l'aire urbaine (Orfeuil, 2010). Un autre dispositif fiscal, moins identifié, les frais réels, pourrait aussi participer à ce mouvement. En permettant aux ménages de déduire de leur montant imposable leurs frais de déplacements quotidiens, ils représentent une forme de subvention à l'étalement (nous reviendrons largement sur ce point dans le chapitre 8). Les débats parlementaires du Projet de loi de finance 2006 à propos des 40 km domicile-travail comme limite au-delà de laquelle il ne peut y avoir déduction fiscale sont d'ailleurs révélateurs de la défense de cette forme de développement urbain. Les rédacteurs de l'amendement visant à supprimer cette limite en appelaient à « la protection des campagnes » et de leur dynamisme pour justifier leur proposition (19 septembre 2005, Amendement N°3323). L'étalement urbain a en effet permis une redynamisation des zones rurales. Les communes rurales voient plusieurs avantages à ouvrir du foncier à l'urbanisation : apport de dynamisme local et de taxe, revenus pour les propriétaires de la commune en particuliers agricoles, rajeunissement et maintien des effectifs d'enfants permettant à l'école communale de rester ouverte (Charmes, 2011).

2.2.5 Le contexte institutionnel post-décentralisation et les politiques habitats.

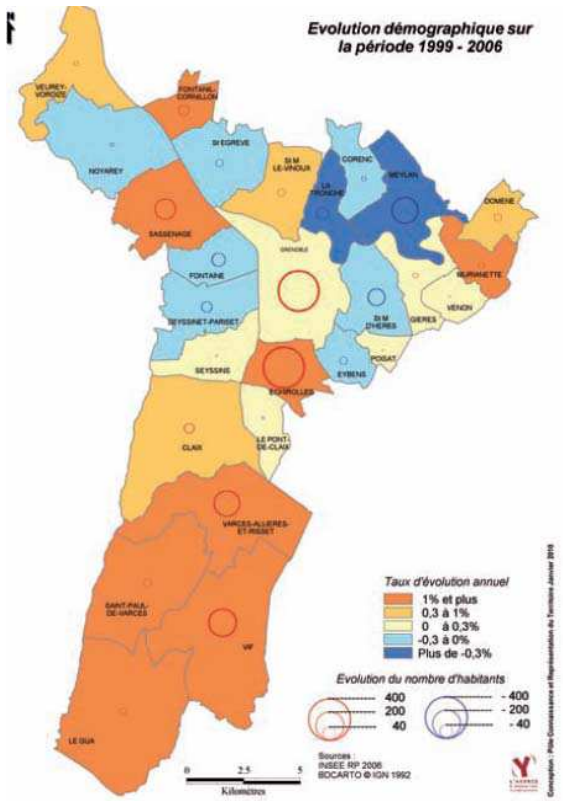
D'autres mécanismes sont aussi aujourd'hui en jeu. Après la décentralisation, l'étalement urbain se comprend dans un contexte de morcellement des institutions locales, avec le pouvoir de la commune en termes d'urbanisme, comme expliqué dans le chapitre 3. Charmes (2011) explique ainsi qu'après une phase d'ouverture et d'urbanisation succède souvent une phase malthusienne qui voit les néo-périurbains tout faire pour préserver l'environnement paisible de leur nouvelle commune. Ainsi « les derniers arrivés sont les premiers à vouloir préserver le paysage agreste qui les entoure et font pression pour repousser plus loin ceux qui viendront derrière eux » selon Castel (2004). Leurs poids dans l'électorat local ainsi que les compétences de la commune en termes d'urbanisme impliquent alors souvent un strict contrôle de l'urbanisation (qui s'accompagne donc d'un prix très élevé du foncier) (Charmes, 2011). Du fait de ce phénomène mais aussi du fait de l'atteinte de seuils de saturation des infrastructures (école, station d'épuration) (Castel, 2005), l'urbanisation se voit repoussée toujours plus loin au fur et à mesure que des communes décident qu'elles ont assez construit. Dans le même temps, la rétention foncière n'est pas pénalisée. En effet, les propriétaires fonciers peuvent conserver leur terrain disponible et bien situé, car la fiscalité sur les terrains non-bâtis n'incite ni à vendre ni à densifier (Renard, 2006a).

La politique des agglomérations joue aussi un rôle. Le règlement d'urbanisme peut interdire la construction dans les zones les plus excentrées de l'agglomération et préserver des ceintures vertes, mais cela ne fera de même que repousser plus loin l'urbanisation (Castel, 2004). En termes d'offres, les villes centres furent nombreuses à abandonner « au cours des années 80 la politique d'aménagement interventionniste qu'avait longtemps promu l'Etat » (Wiel, 1999), et ainsi l'idée de construire des quartiers nouveaux. L'étalement a donc constitué et constitue toujours une soupape à la crise de l'offre dans les zones denses (Castel, 2006b), et plus largement à une crise du logement qui alimente les objectifs annuels volontaristes de construction de logements par les ministres successifs.

Dans le cas de l'agglomération de Grenoble, les objectifs de la décennie 2000 ont avant tout été de conserver sa population, dans un contexte de décohabitation où les ménages sont de plus en plus petits (La Métro, 2004) et de faible dynamisme, comme nous le voyons sur la figure suivante. Il faut noter qu'il y a une grande diversité de communes et de politiques de logement dans l'agglomération. Certaines communes ont des politiques fortes d'offre quand d'autres sont davantage dans une situation de gestion du statu quo. De même, le niveau d'atteinte des objectifs de proportion de logements sociaux est assez inégal. L'agglomération vise aussi à parvenir au développement d'une offre d'accession accessible et attractive pour les familles afin de réduire voir inverser le déficit migratoire. Il s'agit d'assurer des parcours résidentiels dans l'agglomération, alors que le diagnostic du Programme Local de l'Habitat est que le niveau de prix du marché est une source de tension pour ce type de parcours (La Métro, 2010c) (La Métro, 2004). Les PLH successifs marquent un volontarisme plus grand en termes d'offre de logement, même s'il faut bien comprendre que le pouvoir de

l'agglomération est en construction dans ce domaine et que les PLH successifs ont eu dans la pratique des rôles différents[84].

Figure 23 : évolution démographique dans l'agglomération entre 1999 et 2006



Source : (La métro, 2010c)

2.2.6 Une centrifugation sociale ?

L'étalement urbain se comprend aujourd'hui dans une situation de croissance continue des prix dans les centres urbains et les premières couronnes. Quelques chiffres permettent de prendre la mesure de la situation à partir de l'agglomération grenobloise : les maisons anciennes ont vu leur prix augmenter de 50% en moyenne entre 2003 et 2008 atteignant un prix moyen de 334 000€ en 2008, pour les appartements anciens l'augmentation atteint même plus de 60% (AURG, 2008). Le loyer moyen atteint 8€/m2 en moyenne en 2009 ce qui fait de l'agglomération la seconde la plus chère de France (La Métro, 2010b), quand au foncier il est passé de 75€/m2 en 2002 à 250€/m2 en 2007. Enfin les listes d'attente pour le logement social regroupent 13 500 ménages en 2010, avec un délai d'attente de 21 mois en moyenne (La Métro, 2010b). En 2008, le budget moyen d'acquisition d'une maison en Isère était pour un Cadre de 300 000 €, et pour un ouvrier de 185 000 € selon l'Observatoire du département de l'Isère, et on comprend que cette acquisition n'a pas été réalisée dans les mêmes zones. En effet une maison coûte en moyenne entre 1500 et 2000€/m2 en Bièvre Valloire et au Sud Grésivaudan, contre 2500 à 3000 pour l'agglomération ou le Grésivaudan (Base Perval consultée en

[84] Le premier de 1995 a eu peu d'impact « la convention d'application du PLH n'a jamais été signée par les partenaires »p4 PLH 2004, le second de 2004 a montré que l'agglomération avait une politique habitat, le troisième de 2010 a poussé pour un objectif quantitatif, le quatrième visera à promouvoir la qualité de la construction. Entretien C.Schmidt, Juin 2011

ligne[85]) ; le foncier coûte environ 60€/m2 en Bièvre Valloire ou dans le Sud Grésivaudan contre 250€ en moyenne dans l'agglomération et jusqu'à 350€ dans certaines zones du Grésivaudan (Base Perval consultée en ligne).

Cela conduit à s'interroger comme le fait Castel (2004), sommes-nous face à un phénomène choisit par les ménages, motivé pour certaines populations par la recherche d'un entre-soi, ou bien face à un phénomène d'exclusion des villes ? Il semble clair que l'étalement regroupe ces deux dynamiques, mais que celles-ci touchent des zones différentes du territoire. Les préférences d'un nombre important de ménages pour la maison individuelle ne semblent pas discutables (Bailly et Bourdeau-Lepage, 2011), même si l'augmentation des prix des logements collectifs des zones denses dénote aussi d'un fort consentement à payer pour ce type d'habitat et montre que « la densité peut être désirée » (Wiel, 2006). Les ménages n'ont pas une unique préférence mais des préférences, qu'ils confrontent ensuite à l'offre de logement et à leur propre capacité financière pour faire leur choix, ainsi se comprend le fait qu'un nombre important de ménages résidant dans le périurbain lointain auraient souhaité habiter plus au centre s'ils en avaient eu la possibilité (Charmes, 2002). L'analyse de Harzo, et al., (2010), qui s'intéresse à la vulnérabilité des ménages périurbains à la hausse des prix du carburant, incite à penser que si le mode de vie périurbain est choisit, ce n'est généralement pas le cas de la couronne la plus lointaine, des secteurs plus proches de l'agglomération auraient été préférés mais le foncier y était bien trop cher pour y réaliser le projet résidentiel. Pour Mouillart (2012) « le choix du lieu et du type de communes dans lesquelles l'opération d'accession peut être réalisé est fortement affecté par le niveau des contraintes budgétaires des ménages », ainsi les ménages pauvres et modestes accèdent bien plus fréquemment que les ménages plus aisés dans des petites communes rurales, et le phénomène s'est renforcé entre 2000 et 2010.

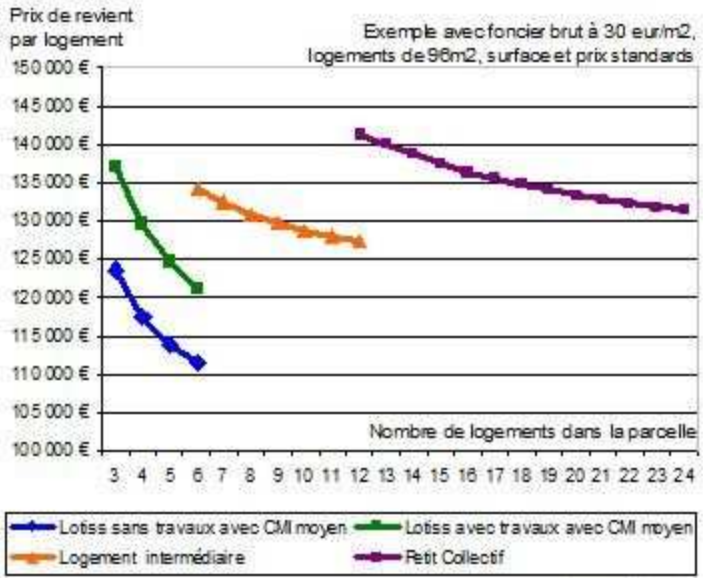
2.3 L'économie de la densification.

Après avoir identifié un ensemble d'éléments conduisant à un phénomène d'étalement urbain, il s'agit maintenant de rentrer davantage dans les mécanismes économiques. Tout d'abord il n'y a pas que la dynamique des prix fonciers et immobiliers qui sont explicatifs de l'étalement, les coûts de revient des opérations de construction jouent aussi. Contrairement à ce qu'on pourrait penser, Castel (2007) montre qu'il existe des déséconomies d'échelle dans le domaine du logement, qui font de la maison individuelle et de l'émiettement urbain le mode principal de production de logement. Rappelons qu'en 2009, sur les 334 000 logements construits en France, 177 000 étaient des maisons individuelles, dont 134 000 pures (en diffus) et 43 000 groupées (Meeddat, 2009). Castel (2007) identifie cinq éléments expliquant l'efficacité économique de cette filière : industrialisation des solutions individuelles alors que les immeubles sont de plus en plus souvent « sur mesure » ; limitation des risques et surcoûts normatifs alors que les logements collectifs sont eux sujets à de nombreux coûts administratifs et d'études pour répondre aux normes croissantes ; possibilité pour les ménages de faire une partie du travail de construction eux-mêmes ; spécificités des constructeurs locaux avec une spécialisation dans la maison individuelle et des structures trop petites pour prendre le risque d'opération plus importante ; enfin un point déjà soulevé dans le chapitre 3, les communes prises une

[85] http://www.immoprix.com/

par une ont un gain marginal à ce développement alors que les coûts sont partagés avec d'autres acteurs publics. Ainsi les coûts de construction augmentent par paliers avec la densité (Castel et Jardinier, 2011).

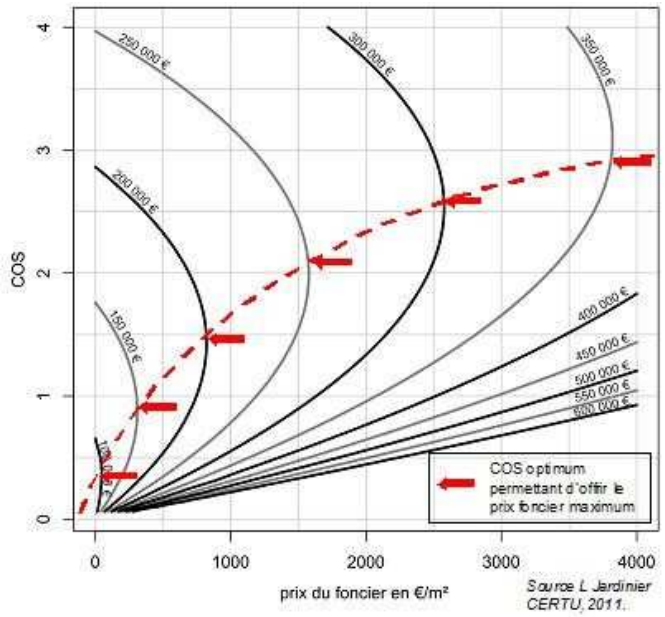
Figure 24 : l'évolution des prix de revient par logement suivant le type, (toutes choses égales par ailleurs)



Source : (Castel et Jardinier, 2011)

Sur cette base, Castel et Jardinier (2011) explicitent la logique du marché : à partir des prix immobiliers ils déduisent la forme de logement qui sera construite par le marché. A partir de la connaissance des prix de revient suivant la densité, et suivant la logique qui veut que les promoteurs vont choisir la forme de l'opération qui leur permet de maximiser leur offre au propriétaire foncier, et ainsi gagner la possibilité de réaliser l'opération, ils identifient le type de construction qui sera choisit.

Figure 25 : Courbes d'isoprix de revient par logement, détermination de la densité permettant d'offrir le meilleur prix au propriétaire foncier.



Source : (Castel et Jardinier, 2011)

Sur la **Figure 25**, on lit, à niveau de prix de sortie donné pour le logement, la densité qui sera choisie afin de faire la meilleure offre au propriétaire foncier. Il est ainsi clair que souvent, les règles de densification édictées par les urbanistes se heurtent à la logique économique des acteurs, en particulier en dehors des grandes agglomérations, dans les zones périurbaines. En effet l'augmentation du COS ne sera suivit d'aucun effet s'il ne correspond pas à un optimum pour l'opérateur, en particulier dans des zones moyennement attractive où les prix immobiliers ne sont pas assez élevés. Ils identifient donc une sorte de paradoxe, là où le marché permettrait de densifier, c'est-à-dire dans les zones denses et attractives, les règlements d'urbanisme limitent généralement cette possibilité. Par contre dans des zones où la logique économique ne justifie pas une densification, les règlements d'urbanisme appellent parfois à une densification, avec une hausse des COS, afin de lutter contre l'étalement diffus.

Dans une autre étude, Castel (2005) fait un travail d'analyse des potentiels d'un habitat intermédiaire entre le collectif et l'individuel. La conclusion est que cette possibilité existe et que ce type d'opération peut être viable économiquement, et ce sans apport de la collectivité publique. Mais son développement significatif ne pourra se faire qu'à certaine condition : favoriser ses formes de construction avec les règlements d'urbanisme, et minorer la charge foncière, les opérations étudiées ayant profitées de situation où les vendeurs de terrains raisonnaient par rapport à de l'habitat classique et non par Shon (Surface Hors d'œuvre Net) comme pour l'habitat collectif[86].

2.4 Remettre la question foncière au cœur de la planification.

La question foncière est centrale et elle est de manière constante soulevée dans les débats sur la ville durable en particulier dans un contexte de crise du logement. Maîtrise foncière, action foncière, pression foncière, politique foncière, rétention foncière… le vocabulaire ne manque pas mais les moyens à mettre en œuvre pour le maîtriser semble eux toujours faire défaut. L'apparente hégémonie du marché apparait toujours difficile à concilier avec les objectifs de durabilité urbaine. Il s'agit donc de se demander d'une part par quels mécanismes la valeur de la ville se cristallise dans le foncier et avec quels effets sur la forme urbaine et d'autre part comment se fait la redistribution de la rente foncière.

Il s'agit d'une part de revenir sur les mécanismes de base, afin de mieux comprendre les paragraphes précédents. On présente souvent une situation où le prix du foncier est la cause du prix élevé de l'immobilier, or c'est plutôt la situation inverse : c'est à partir de la demande pour un bien immobilier à un certain niveau de prix que l'aménageur-constructeur pourra définir le niveau maximum auquel il peut acheter le foncier, lui donnant ainsi son prix de marché (c'est le principe du compte à rebours), (Renard, 2003). Avec des coûts d'aménagement et de construction qui varient peu à court-terme, la hausse des prix de l'immobilier agit sur les prix fonciers avec un effet multiplicateur, « Si par exemple la part du foncier entre pour 20 % dans le coût total d'une opération, une augmentation de 20 % du prix de demande (l'offre restant à peu près stable à court terme en raison de l'inertie du processus de

[86] « Si, à l'avenir, les vendeurs de terrains se mettent à raisonner en SHON, en voyant des opérations d'habitat intermédiaire dans des secteurs d'habitat individuel classique, cela pourrait avoir un effet inflationniste sur le foncier et se traduire par la réduction des marges des opérateurs » (Castel, 2005)

production) conduit à une hausse du prix du terrain qui peut avoisiner 100 %. » (Renard, 2003). Ce phénomène peut avoir des conséquences importantes sur la viabilité des opérations, en cas de retournement du marché immobilier, le coût du foncier grevant le bilan final. En Ile de France et dans certaines zones de PACA, le foncier peut représenter jusqu'à 50% du coût de production des logements (Levasseur, 2013). A partir du principe du compte à rebours et d'une analyse des coûts de revient des différentes formes de logement, Castel et Jardinier (2011) montrent que la courbe théorique proposée par Bouteille (2008), et qui fait du prix du foncier une fonction carré de la densité, est validée par les données.

Ainsi la valeur de la ville se concrétise par le prix immobilier, qui se répercute ensuite dans le prix foncier, avec un effet multiplicateur. Et si la densité autorisée sur une parcelle augmente, cela aura pour effet de faire augmenter le prix du foncier car le propriétaire pense pouvoir tirer plus de son bien, étant donné que sa charge sera divisée entre davantage de logements (il n'anticipe pas la hausse des prix de construction). C'est pour cette raison que la proposition du président Sarkozy d'augmenter de 30% le COS a suscité une certaine grogne des aménageurs-constructeurs : augmenter le COS implique simplement une majoration du prix du foncier, cela ne conduira probablement pas à une baisse des prix du logement, cela n'a un potentiel effet d'augmentation de la quantité de logements que dans les cas où les constructeurs avaient un optimum de rentabilité pour une densité supérieure au COS (dans l'hypothèse où cette hausse du COS passe la barrière de l'acceptabilité locale, les Maires pouvant s'affranchir de cette mesure). Surtout cela aurait pu compliquer les opérations en cours, en impliquant une renégociation pour le prix des terrains.

La possibilité de densifier pour limiter l'étalement urbain, généralement affichée par les pouvoirs publics, est donc délicate et s'avérerait probablement coûteuse. Nous avons vu dans le chapitre 3 la difficulté d'estimer les coûts d'urbanisation, nous ne parlons donc pas ici directement d'un coût complet hypothétique mais du coût concret des politiques urbaines nécessaires, qui incluent achat du foncier et subvention à la production de logement. Pour Castel (2012), si l'on calcule la différence de prix de revient entre la construction d'une maison individuelle dans une zone rurale et celle d'un appartement de taille équivalente en agglomération, multipliée par le nombre de primo-accédants, et qu'on ajoute à cela le coût du portage foncier nécessaire afin d'éviter la hausse des prix des terrains, on arrive à environ 1 point de PIB par an pour cette politique de densification. Cela l'amène à poser de manière très concrète la question qui sous-tend selon lui l'analyse : « existe-il une alternative à l'étalement urbain, qui n'aggrave pas la crise du logement et la crise économique ? ».

Un autre élément important du marché foncier est que si le prix proposé par l'opérateur ne correspond pas aux attentes du propriétaire, celui-ci a tout intérêt à conserver son bien, dans le contexte fiscal actuel où conserver un terrain ne coûte presque rien et où la possibilité d'une importante plus-value est forte (Jegouzo, 2011). Cela explique l'effet cliquet du marché : dans une tendance baissière les propriétaires ne vendent pas et participent à la raréfaction foncière. La taxation sur le foncier non bâti joue un rôle important dans cet état de fait. Elle ne repose pas sur une assiette sérieuse, la valeur vénale, mais sur la valeur locative cadastrale non remise à jour depuis les années 70 et elle a un taux extrêmement bas. Elle n'est donc ni incitatrice, les terrains que l'on souhaiterait urbaniser sont stockés et ce d'autant plus si les prix montent (ce seraient le contraire avec la valeur vénale comme assiette),

ni productrice de revenu pour la collectivité publique, (Renard, 2006a). La recherche est donc unanime sur ce sujet : « Il faut donc totalement inverser cette tendance en supprimant tout avantage fiscal lié à la détention et en alourdissant, au contraire, le coût de cette détention. », (Jegouzo, 2011). Dans ce système on comprend que la rente est captée par les propriétaires fonciers. Pour éviter que cet aspect bloque l'action publique, la planification doit se doubler d'une politique foncière active. La question des outils fonciers ne trouve toutefois pas de réponse univoque, on pourra citer, en guise d'avertissement, (Renard, 2003) « Un même outil ne peut poursuivre tous les objectifs à la fois, abonder l'offre foncière, faire baisser le prix des terrains, alimenter les recettes fiscales locales, inciter à telle ou telle forme du développement urbain». C'est un ensemble de politiques qu'il est nécessaire de mettre en place, avec pour base une bonne connaissance des marchés locaux.

Par ailleurs nous avons expliqué dans le chapitre 3 que les politiques foncières étaient dépendantes de la conception du droit de propriété. La conception absolue de rigueur en France gène la pertinence économique du droit de l'urbanisme, mais elle rend aussi plus complexe les politiques foncières. L'enjeu de la politique foncière, et on a très bien su le faire à une époque, c'est d'acheter à la valeur d'usage et non à la valeur future. En d'autres termes, l'enjeu est de définir ce qui est à la charge du propriétaire du terrain. Comby (2013a) résume de cette façon la question de qui doit payer l'urbanisation, ce qui constitue selon lui « l'enjeu principal de toute politique foncière urbaine » :

- « Les contribuables parce que la ville est un bien commun et qu'il est normal que chacun y contribue en fonction de sa richesse » : cette solution simple est aujourd'hui la plus courante en Europe.
- « Les propriétaires doivent payer l'urbanisation parce que c'est cette urbanisation qui donne de la valeur à leurs terrains » : cette situation se retrouve surtout dans les pays germaniques, les différentes tentatives de l'introduire en France se sont soldées par des échecs (Comby, 2013a).
- « Les constructeurs parce que ce sont les constructions nouvelles qui rendent nécessaire la réalisation de nouveaux équipements publics » : en France on cherche à développer cette voie depuis des décennies, or le constat de Comby est simple : un promoteur ne supporte pas le coût mais le transmet : soit en aval et c'est le propriétaire qui le supportera, soit en amont en provoquant un surcoût pour les accédants, ce qui est le plus fréquent.
- « Enfin les usagers parce qu'il n'y a pas de raison de faire payer un équipement fut-il d'usage collectif par ceux qui ne l'utilisent pas », et l'on se tourne de plus en plus vers cette solution selon Comby, ce qui implique une restriction aux équipements pouvant être payés par une demande solvable.

Dans la pratique, l'urbanisation est payée par un ensemble d'acteurs et il existe des outils d'urbanisme permettant de gérer ces différentes situations. La ZAC (Zone d'action concertée) constitue par exemple un outil pour organiser une négociation avec les promoteurs, les aménageurs et les propriétaires pour acheter à la valeur d'usage. La boite à outils existe, mais il est nécessaire de disposer des savoirs-faires et de la volonté de les mettre en œuvre. Cela appelle de plus à une démarche d'analyse économique de l'allocation des coûts d'urbanisation. Mais remarque Comby (2013a) « le problème est rarement posé de façon explicite et on peut le regretter car il permettrait

d'apporter un peu de rationalité dans les choix d'urbanisme ». De même les politiques de portage foncier (achat plus ou moins en avance d'un foncier avant l'aménagement et la construction) devraient être examinées dans une logique économique, en particulier du fait de leurs « logiques contradictoires » (Comby, 2013b). Plus largement, la nature de la politique foncière est dépendante de la logique prévalant à la planification urbaine et il est clair que le manque de vision économique est dommageable à de telles politiques foncières comme à la formulation explicite de tels questionnements.

2.5 Les débats autour de l'étalement urbain.

Au-delà des questions énergétiques et de consommation de ressources foncières, les débats autour de l'étalement urbain sont aussi révélateurs de différentes façons d'appréhender la ville. Les urbanistes craignent les phénomènes de ségrégations sociales, la ville est pour eux un lieu de construction sociale et l'étalement aurait un effet déstructurant (Castel, 2004). Les économistes sont généralement plutôt positifs vis-à-vis de la croissance urbaine, même si elle prend la forme d'un étalement, car elle est le fruit d'un arbitrage des ménages dans un espace de marché (Castel, 2004). Des questions paysagères et de gestion du foncier agricoles sont aussi en jeu et impliquent d'autres visions de la question. Plus récemment un débat intense a porté sur le vote périurbain, avec une surreprésentation du Front National observée en 2002 et en 2012 dans ces zones. Aux critiques classiques sur le mode de vie périurbain, (recherche d'entre soi, consommation de ressource et pollution, non solidarité fiscale vis-à-vis des villes centre dont ils bénéficient des services), s'ajouterait donc celle du vote extrémiste. Charmes (2012) s'attache à analyser ce phénomène et montre que le vote FN tient plus à la catégorie sociale qu'au lieu d'implantation, ce ne serait pas simplement un « déficit d'urbanité » qui impliquerait ce vote mais une surreprésentation de catégories sociales sensibles aux thèmes du FN ainsi qu'un certain sentiment d'abandon par les politiques publiques, de vulnérabilité aussi du fait de la dépendance à la voiture et du manque de services à proximité. Charmes plaide au final pour une meilleure prise en compte par les politiques publiques des difficultés des périurbains, et refuse la voie de l'ostracisation, qui ne peut être que génératrice de davantage de frustration. Le dossier *Tous périurbains* de la revue Esprit est une illustration de ce débat, il vise à mieux comprendre ces territoires et leurs habitants sans tomber dans la stigmatisation et en leur redonnant toute leur diversité. C'est bien d'une perspective d'ensemble de l'évolution de l'urbain qu'il faut repartir, « c'est la manière dont le processus de périurbanisation affecte la ville, la défait et la recompose tout autrement qui devient important » (Donzelot et Mongin, 2013), et se pose en particulier la question de la métropole, afin de reconstruire des espaces de solidarités plus larges. Le périurbain ne doit plus seulement être ce territoire à la marge, pointé du doigt, mais une zone à part entière dans la vision du territoire.

Dans cette dynamique profonde de reconfiguration de l'espace urbain que représente l'étalement urbain, c'est bien aux pouvoirs politiques bien informés, en particulier sur les aspects économiques, que revient le devoir d'arbitrer dans les directions les plus souhaitables pour la collectivité. L'objectif est double, celui de retrouver de la maîtrise publique des dynamiques à l'œuvre afin de les orienter et de recréer une continuité et une solidarité des différents espaces urbains; celui de redonner aux

populations la capacité à choisir leur mode de vie et leur lieu de vie, alors que nombre de parcours sont contraints par les dysfonctionnements de la fabrique urbaine.

Conclusion : Nous avons vu dans le chapitre 3 que le renouveau de la planification porté par la loi SRU (2000) insistait sur la lutte contre l'étalement urbain, sans que les structures institutionnelles et les outils de planification ne semblent réellement capables de significativement inverser la tendance. Dans cette partie nous avons identifié et décrit les mécanismes de l'étalement urbain qui expliquent les dynamiques à l'œuvre, cela est en particulier valable pour notre territoire d'étude. Les questions décrites précédemment sont au cœur des problématiques des SCOT qui doivent organiser l'urbanisation entre les différentes zones du territoire. Elles vont aussi constituer une base pour notre exercice de prospective.

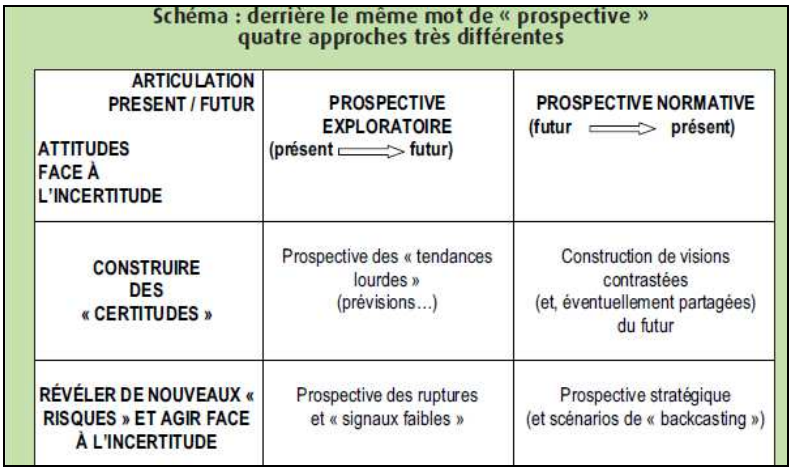
3. Les scénarios.

3.1 Quelle méthodologie de prospective ?

L'objectif de notre travail est d'apporter des éléments d'analyse économique à la planification territoriale dans sa dimension climatique. De manière cohérente avec le cahier des charges développé à la fin du chapitre 3, notre objectif est de construire une méthodologie et des outils permettant d'instruire cette question, en s'intéressant en particulier au couple urbanisme-transport, qi au cœur des questionnements de la planification. Pour ce faire, nous verrons dans le chapitre 5 que nous choisirons un modèle LUTI, TRANUS, pour introduire une dimension urbaine dans l'analyse des politiques climatiques et pour adosser nos méthodes de calcul économique. Nous expliquerons aussi l'intérêt de produire des MACCs (Marginal Abatment Cost Curves) pour hiérarchiser et organiser les stratégiques climatiques, impliquant de tester un certain nombre de mesures. C'est dans ce cadre que le travail de prospective est réalisé.

Pour mieux comprendre la nature de notre travail et définir notre méthodologie, il est utile de le replacer dans le cadre de la prospective. Jacques Theys (2009a) distingue 4 types de prospectives. Il fait une première distinction entre une prospective **exploratoire** (partir du présent pour explorer des évolutions futures et leurs conséquences possibles) et une prospective **normative** (partir de visions contrastées de l'avenir pour apprécier les conditions de réalisation). Il fait une seconde distinction entre une prospective qui doit **réduire les incertitudes** sur l'avenir, et une autre qui doit justement **révéler les incertitudes** pour pouvoir mettre en place des stratégies les prenant en compte. En croisant ces deux distinctions, on obtient les 4 types de prospectives, chacun répondant à des objectifs différents.

Figure 26 : les différents types de prospective



Source : (Theys, 2009a)

Où se situe notre travail ? Notre projet a comme objectif de décrire les conditions de réalisation d'un niveau de réduction de long terme, il s'agit donc de **partir d'une vision de l'avenir, bas-carbone**, pour ensuite décrire, estimer, les actions nécessaires. Ensuite notre but n'est pas directement de révéler les incertitudes mais bien de les réduire en proposant des mesures et des mécanismes de réduction. En allant plus loin, notre travail est cohérent avec **une prospective de l'action et des chemins, où l'on recherche les moyens d'atteindre le but** et où l'on s'interroge sur les impacts et les conséquences de l'action. C'est davantage une prospective pour changer le futur que pour l'anticiper. Nous cherchons les mesures qui permettent de réduire significativement et efficacement les émissions de CO_2.

Notre objectif est de réaliser ce travail dans le cadre de la planification urbaine et donc de faire en sorte que cette évaluation intègre le facteur urbain. Il est donc nécessaire de considérer les évolutions du système urbain à moyen et long terme, car cela est susceptible de modifier les coûts et les potentiels des différentes mesures. C'est dans cette perspective que nous utilisons TRANUS. Néanmoins nous ne pouvons pas faire de chaque mesure un scénario. D'une part cela représenterait beaucoup trop de scénarios, et d'autre part il y a un besoin de comparabilité et d'agrégation de mesures dans une trajectoire commune afin de constituer un programme de réduction proprement dit. Il est donc nécessaire de regrouper les mesures testées dans des scénarios urbains en nombres limités. **L'idée est donc de décrire des trajectoires contrastées de développement urbain, dans lesquelles nous testerons des mesures de réduction.**

Notre démarche a donc un caractère hybride, entre un examen statique des actions envisageables, comme McKinsey et ses courbes de coûts emblématiques (2008) (voir **Figure 34**), et une vision prospective où l'on construit quelques scénarios formant des images cohérentes du futur qui seront comparées entre elles. Cela se retrouve dans l'usage du modèle. Nous utilisons TRANUS pour décrire les futurs possibles de la région urbaine, en assurant une certaine cohérence dans l'articulation des politiques de transport et d'usage des sols. **C'est dans le contexte de ces futurs possibles, qui constituent autant de scénarios, que peut être développée l'approche de nature**

plus micro-économique visant à développer, pour chaque grand domaine ou secteur, les courbes de Couts Marginaux de Réduction. L'idée est qu'une stratégie de réduction doit intégrer une trajectoire d'actions systémiques, (où un choix conditionne plus fortement les autres, de manière à la fois synchronique et diachronique) et une programmation d'actions incrémentales, (on peut choisir l'une ou l'autre sans dépendance de sentier). La construction des scénarios permet d'intégrer ces deux dimensions.
L'intégration de notre travail avec TRANUS dans le cadre du projet AETIC, où les sorties de TRANUS sont les entrées des autres groupes de travail (Bâtiment, Réseaux énergétiques locaux) nous a incité à séquencer, de manière quelque peu artificielle, notre simulation entre scénarios urbains et mise en place des mesures. D'une part il était nécessaire de stabiliser des images contrastées du futur pour les autres groupes de travail, ce que nous n'aurions pas pu assurer dans un exercice plus « libre » de prospective avec TRANUS, d'autre part la question de la séparabilité entre actions urbaines et actions climatiques s'est immédiatement posée. Le choix qui a été fait est de supposer que les grandes directions de développement urbain ne sont pas directement de l'ordre de la politique climatique. Il faut rappeler ici que le projet se centre sur le PCET de l'agglomération avec l'ambition de faire une analyse économique rigoureuse, or, et comme nous l'avons vu l'estimation des coûts d'urbanisation pose de redoutables problèmes de comptabilité. Le développement à l'échelle du territoire du SCOT n'est donc, à juste titre, pas considéré comme une action climatique possible du Plan Climat.

Plusieurs scénarios de développement de la région urbaine de Grenoble ont donc été construits et seront simulés avec TRANUS. Ils partent du principe que certaines politiques structurantes sont propres à orienter profondément le fonctionnement du système urbain. Il ne s'agit pas de considérer a priori que certaines formes urbaines ne sont pas compatibles avec des stratégies ambitieuses de réduction des émissions de GES. Concrètement nous choisissons de définir les trois trajectoires urbaines comme autant de références pour le calcul de nos coûts d'abattement. Ainsi, dans chacune de ces trajectoires seront mises en places des mesures, et les effets seront estimés par différence avec le scénario de référence correspondant (même trajectoire urbaine).
Ces formes urbaines correspondent à des visions particulières du futur, dans lesquelles il sera peut-être plus ou moins facile de mettre en œuvre telle ou telle stratégie de réduction d'émission. Par rapport à l'utilisation *classique* d'un modèle urbanisme-transport, notre utilisation est davantage contrainte, car nous souhaitons obtenir des images contrastées du futur afin que notre analyse économique soit plus aisée à analyser. Nous ne pouvons pas porter toute notre attention sur les dynamiques à l'œuvre lorsque nous construisons les scénarios, cette attention sera davantage dirigée vers l'analyse de l'impact des mesures de réduction. Toutefois, comme nous le verrons dans le chapitre 7, TRANUS conserve sa flexibilité et simule bien, dans ses scénarios, un certain niveau d'interactions urbaines suite à l'introduction des mesures testées.

Si l'on considère qu'il existe deux grandes formes de résultats pouvant être obtenues avec une simulation de scénario par un modèle urbanisme-transport, le premier est l'analyse du «sens » dans lequel va le système urbain (avec ou sans un projet spécifique testé), c'est-à-dire la compréhension des mécanismes qui s'expriment et de la direction dans laquelle ils mènent le système urbain. En

particulier nous mènent-ils vers un futur souhaitable en regard des objectifs que se fixent les collectivités locales en termes de maîtrise de leur urbanisation ? Le second est la quantification des conséquences de la réalisation de plusieurs scénarios contrastés. Si les politiques se réalisent, quels résultats pouvons-nous attendre ? Cela inclut l'évaluation de plusieurs mesures précises. Dans notre exercice, nous nous concentrons sur ce second point, ce qui doit nous conduire à une analyse économique des stratégies de réduction des émissions de gaz à effet de serre. De manière cohérente avec notre cahier des charges voici les interrogations motivant notre analyse prospective.

Besoins	Questions
• décrire des trajectoires de développement urbain contrastées : il s'agit d'identifier les chemins, et les politiques associées, qui pourraient être choisis par le territoire en termes de répartition des nouveaux emplois et des nouveaux logements, de développement des transports. • décrire les mesures de réduction des émissions dans le domaine des transports qui pourraient être appliquées à notre territoire • comprendre et expliquer les interactions entre les politiques d'usage des sols et les politiques de transport, afin de construire des scénarios composés d'éléments cohérents entre eux.	• quelles sont les trajectoires d'émissions des différents scénarios urbains et est-ce cohérent avec les objectifs de réduction ? • dans quelle mesure des changements de trajectoires urbaines (localisation des emplois et des ménages) peuvent contribuer à la réduction des émissions dans un contexte de croissance démographique faible ? • est-ce que certaines trajectoires urbaines rendent plus ou moins onéreuses les programmes de réduction de CO^2 ? • quel est l'apport possible des nouvelles technologies / transports en communs, dans les efforts de réduction des émissions ? • quels enchainements de mesures/programmes de réduction permettent de réduire à moindre coût les émissions ?

Tableau 8 : les questionnements à la base de l'exercice de simulation

3.2 Contexte énergétique.

La question du prix du pétrole est bien sûr une question centrale. Les hypothèses retenues dans le projet AETIC ont été construites en s'appuyant sur différents scénarios de prospective énergétique et notamment le World Energy Outlook de l'Agence Internationale de l'Energie. Pour AETIC, nous avons choisi de retenir des taux annuels de croissance de l'ordre de 2%/an pour les sources fossiles (gaz, charbon) et l'électricité, et une valeur d'environ 2.4%/an pour les carburants. Ainsi dans notre prospective, le prix du carburant (essence et diesel) augmenterait d'environ 60% entre 2010 et 2030, dans le même temps la consommation de carburant au kilomètre des véhicules thermiques diminuerait de 11%. La hausse du prix du carburant est donc significative mais reste modeste. Elle est comparable aux hausses des dernières 20 années, comme on le voit sur ce graphique, cela signifie aussi que cette augmentation est compatible avec différentes trajectoires urbaines, comme le montre les modes d'urbanisation des 20 dernières années. Ce point est important afin de ne pas biaiser notre analyse prospective. Dans nos scénarios de référence, les distances parcourues en VEVHR représentent environ 18% des distances parcourues globalement en voiture particulière en 2030. Dans le tableau suivant, extrait de Van Vliet, et al. (2011), on voit la grande diversité des projections de pénétration des véhicules électriques et hybrides rechargeables. Nous nous plaçons dans la moyenne de ces estimations.

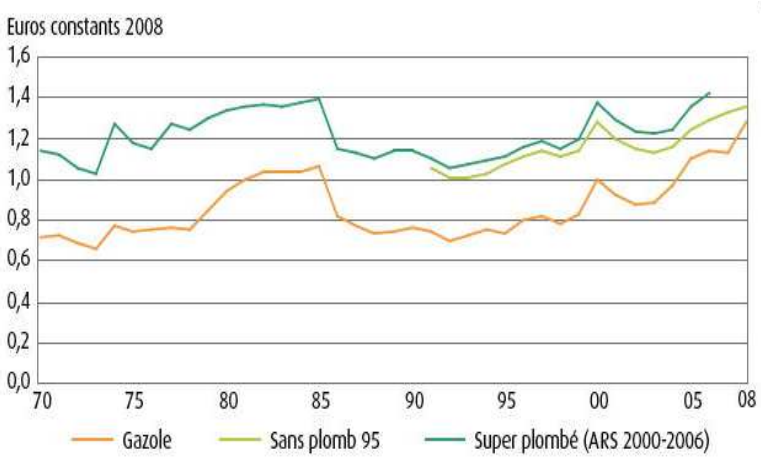
Figure 27 : différentes projections de pénétrations des VEVHR

Table 1
Projections of the penetration rate of electric vehicles in the EU, US, and Japan in 2030.

Estimate	Region	Institute	Source
9% of sales are PHEVs	OECD	IEA	[57]
21% PHEV and 7% BPEV in 450 ppm scenario	OECD	IEA	[41]
30% of distance by car powered by electricity, mainly in PHEVs (range 5–38%)	EU	ECN	[58]
6% BAU market share of electrical vehicles and 12% in "carbon constraint case"	EU	European Commission	[59]
3% BAU market share of electrical vehicles	EU	European Commission	[60]
Electric vehicles comprise 24% of the light duty vehicle fleet	USA	Berkeley	[61]
2% of light duty vehicles sales is a PHEV	USA	EIA	[62]
20% of distance by car powered by electricity in 2030 and 50% of car sales is a PHEV	USA	EPRI	[63]
Around 27% of the total fleet will consist of PHEVs	USA	U.S. National Renewable Energy Laboratory	[64]
40% of all light duty vehicles will be PHEVs by 2030	USA	Argonne National Laboratories	[64]
PHEVs make up between 10% and 30% of the vehicle fleet	Japan	MIT	[65]
80% of the car fleet consist of PHEVs	Japan	University of Tokyo	[66]

Source: (Van Vliet et al, 2011)

Figure 28 : prix réel des carburants



Source : INSEE, Comptabilité Nationale et enquêtes Budget des familles 1985, 1989, 1996, 2001 et 2006, (Marcus, 2011)

Notre hypothèse de réduction de la consommation unitaire du parc de véhicules thermiques est plus faible que les tendances de 20 dernières années (1988-2008) qui ont vu une réduction de 20% (DGEMP, 2006 ; Bonnafous et al, 2010). Cela repose sur l'idée que sans politique climatique supplémentaire, les gains extrêmement importants obtenus ces 20 dernières années sur les moteurs, ne pourront être retrouvés au même niveau. L'introduction progressive des modèles hybrides permettra toutefois de continuer à réduire significativement la consommation par kilomètre. Le coût au kilomètre augmente de 42% sous l'effet de ces deux évolutions.

3.3 Projections pour la démographie et l'économie locale.

3.3.1 Démographie.

Dans nos scénarios, il y aura environ 100 000 habitants supplémentaires en 2030, cela représente une croissance moyenne annuelle de la population d'environ 0.6%, cohérent avec les tendances observées ces dernières décennies (EP SCOT, 2012a). Les plus de 65 ans représentaient 16% de la population en 2010, ils représenteront 22% de la population en 2030. Sous l'effet de ce vieillissement et de la poursuite du phénomène de décohabitation, la taille moyenne des ménages passe de 2.26 personnes par ménages à 2.06 (Jacquot, 2006 ; Robert-Bobée, 2006). Ainsi la croissance du nombre

de ménages est de 1.1% par an, et est plus rapide que la croissance de la population, il y aura 80000 ménages de plus, cela implique une croissance de la demande en logement importante.

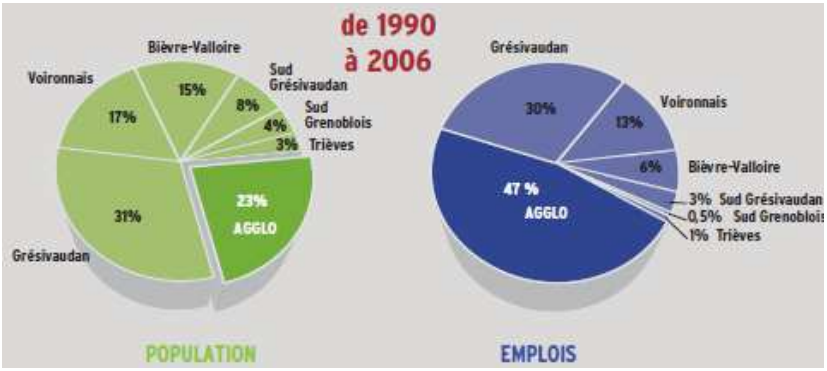
3.3.2 Emplois.

Dans nos scénarios, le taux annuel de croissance des emplois est de 0.5%, conforme aux tendances les dernières décennies (0.5% durant la décennie 90, EP SCOT, 2012a) (il est légèrement supérieur, 0.55%, dans le scénario où l'agglomération se renforce fortement : on fait l'hypothèse d'une grande réussite pour les grands projets reposant sur le secteur des hautes technologies). Cela représente environ 30 000 nouveaux emplois qui viendront s'ajouter aux 309 000 actuels. Comme au niveau national, le nombre d'emploi par ménage baisse d'environ 10% entre 2010 et 2030, du fait du vieillissement de la population et de l'augmentation du nombre d'inactifs, et de la réduction de la taille des ménages. L'industrie a un taux de croissance des emplois inférieur à celui des secteurs tertiaires mais reste positive (0.4% contre 0.5%) alors qu'au niveau national, l'emploi industriel diminue (Amar, Baudrey et Prost, 2011). Nous faisons ainsi l'hypothèse que le dynamisme industriel propre à l'écosystème économique de la région grenobloise va perdurer. Les emplois publics, ceux du système scolaire et universitaire, augmentent avec la demande de la population dans le modèle.
Nous sommes donc dans un territoire qui a un rythme faible de changement d'ici à 2030.

3.3.3 Répartition spatiale de ces croissances.

La question qui se pose donc pour nous est la suivante : comment vont être réparties ces croissances sur le territoire, et quelles formes (consommation de sol et densité) vont-elle prendre ? Avec nos trois scénarios nous allons représenter des situations contrastées de cette répartition afin de faire ressortir leurs conséquences. En termes d'emplois captée par les différents territoires (tous types d'emplois) : nous voyons sur la **Figure 29** que la croissance a été environ partagée durant la période 1990-2006 entre l'agglomération et le reste du territoire. Entre 2000 et 2009, l'agglomération a capté la moitié des emplois privés (La Métro, 2010c). Par contre on voit que l'agglomération n'a capté qu'une petite part de la croissance démographique.

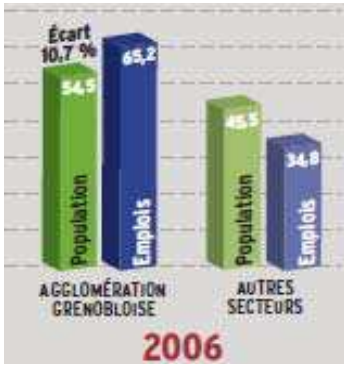
Figure 29 : tendance des répartitions de la croissance sur le territoire du SCOT



Source : (EP SCOT, 2012b)

La tendance, telle qu'elle sera représentée dans le scénario Expansion Urbaine, correspond donc à un partage quasiment à 50/50 des nouveaux emplois entre secteurs et agglomération. Avec ces tendances, le décalage emploi-population n'est pas réduit.

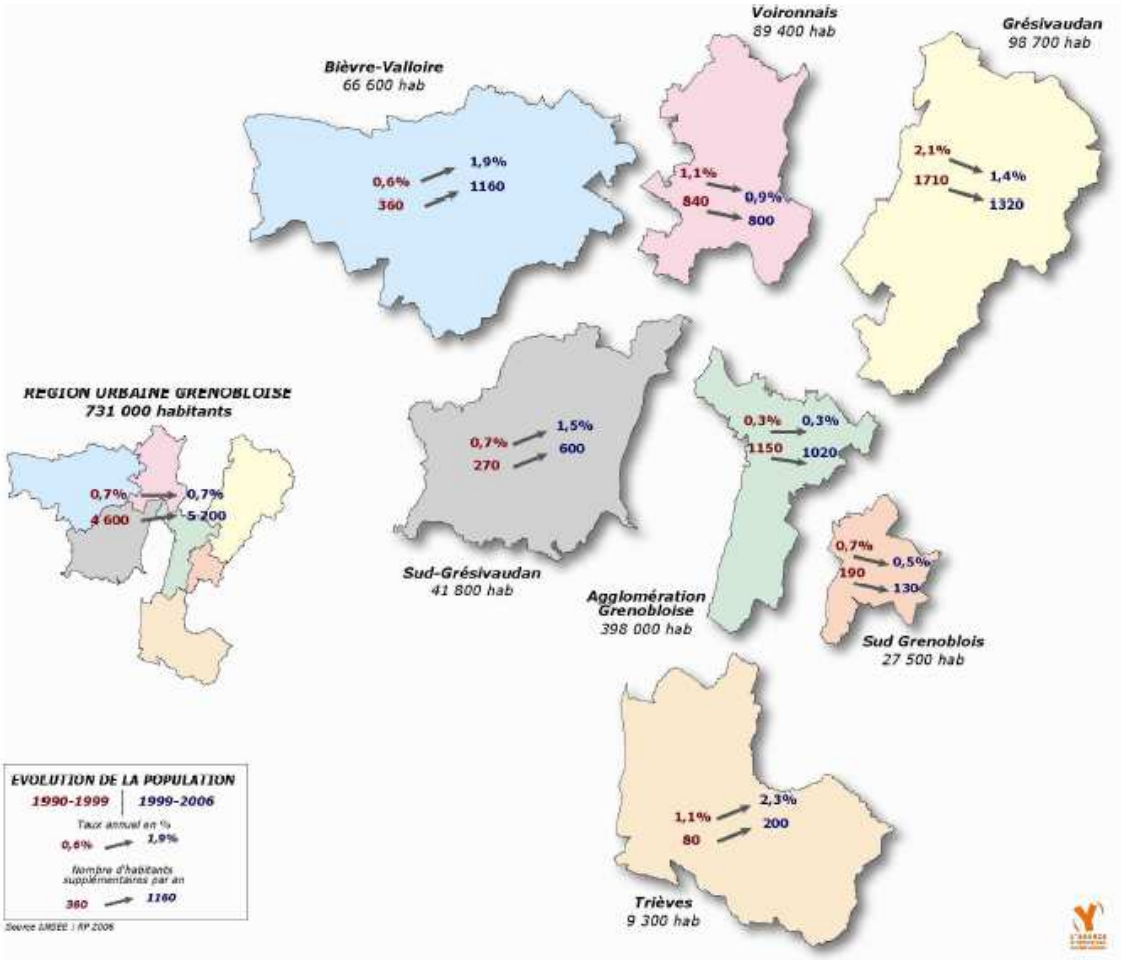
Figure 30 : décalage emploi-population au sein du SCOT



Source : (EP SCOT, 2012b)

En termes de population : on observe sur la figure suivante les évolutions de la population sur notre territoire entre 1990 et 1999 et entre 1999 et 2006. On observe une croissance faible de l'agglomération, une croissance plus élevée mais en baisse du Voironnais et du Grésivaudan, secteurs ayant bénéficié de l'étalement urbain jusqu'à la fin de la décennie 90, et une croissance forte des secteurs qui profitent aujourd'hui le plus de l'étalement urbain (Bièvre-Valloire, Sud-Grésivaudan et Trièves).

Figure 31 : Evolution de la population



Source (EP SCOT, 2012a)

Sachant que nous modélisons des ménages et non directement des personnes, il est utile d'observer aussi la dynamique de construction de logements. Entre population et ménage, le rapport n'est pas toujours le même dans le temps et suivant le territoire, du fait du phénomène de décohabitation et de réduction de la taille des ménages. Nous observons bien que la croissance des ménages dans l'agglomération a été plus forte que celles des personnes durant la dernière décennie.

Tableau 9 : Construction de logement entre 1999 et 2006

Secteurs du SCOT	Nb de logements Solde 1999-2006 résidences secondaires et principales	Evolutions annuelles
Agglomération	**8951**	**0.7%**
Bièvre Valloire	3778	2 %
Grésivaudan	5519	1.8%
Sud Grenoblois	1070	1.3%
Voironnais	3845	1.5%
Sud Grésivaudan	2335	1.9%
Trièves	590	1.3%
Secteur périurbains	**17137**	**1.7%**
SCOT	**26089**	**1.1%**

Source : (EP SCOT, 2012a)

On observe des dynamiques proches à celles observées pour la population avec une croissance faible de l'agglomération et forte des secteurs périphériques comme le Sud Grésivaudan et la Bièvre Valloire. La croissance du Grésivaudan, qui semble plus forte que celle observée pour la population, peut s'expliquer par la construction de résidences secondaires, qui représentaient 16% des logements de ce secteur en 2006.

3.4 Les visions de nos trois scénarios.

Nos trois scénarios se comprennent à partir des éléments développés dans le chapitre 3 sur la planification, et à partir de la description du territoire et des mécanismes à la base de l'étalement développés dans ce même chapitre. Chacun de ces scénarios présente une configuration particulière du marché de l'étalement et de l'action publique.

Le scénario Concentration Urbaine représente un développement très important de l'agglomération en termes d'emplois et de populations. Nous faisons l'hypothèse d'un renforcement urbain par utilisation des friches, d'une mixité fonctionnelle et d'une utilisation des potentiels fonciers des communes autour de Grenoble. Ce scénario repose sur deux hypothèses principales très fortes : dans les 20 prochaines années, l'agglomération deviendra très attractive pour les ménages et les emplois (cela signifie que la densité sera attractive), et l'agglomération en tant que pouvoir politique saura gérer cette attractivité pour qu'elle soit inclusive socialement et faisable en termes urbains, ce qui implique des réformes très importantes.

Cette attractivité serait issue du dynamisme croissant de l'université, de la recherche et de la R&D grenobloise, comme le projet Giant le préfigure. Afin de gérer cette trajectoire, il sera nécessaire que des logements familiaux et des logements sociaux soient construits pour satisfaire aux besoins des ménages qui sinon quitteraient l'agglomération pour le périurbain face au manque d'offre de ce type de logements dans l'agglomération (La Métro, 2009 ; 2010c).

Puisque l'attractivité implique une demande forte en logement, et donc une potentielle hausse des prix immobiliers qui se répercuteraient dans une hausse des prix fonciers, la maitrise de ceux-ci est clé et nécessite donc une politique foncière forte. Les stratégies de portage foncier pourraient être renforcées, des dispositifs de démembrement de propriété, (dissociation du foncier et de ce qui est construit), permettant de produire des projets urbains sans forcément devoir investir dans le foncier, pourront aussi être mis en œuvre (Comby, 2013b). Cette politique locale serait facilitée par une réforme nationale de la taxation du foncier non bâti et bâti. La taxation à la valeur vénale des terrains non bâti pourrait avoir une action incitative, comme expliqué précédemment (Renard, 2006a). La révision des bases cadastrales pour le foncier bâti, afin de les asseoir sur les valeurs vénales impliquerait des changements considérables en termes de fiscalité locale (hausse forte des taxes locales assises sur ces valeurs pour certaines zones centrales) au-delà de la complexité de la mise en place de cette réforme. Mais il est largement considéré que cette réforme est nécessaire, c'est aussi le meilleur moyen de récupérer dans la durée les plus-values réalisées lors de l'aménagement de la ville par la collectivité publique.

Encadré 9 : Captation des plus values

Le rapport du CAS (2009) s'interroge sur la façon dont on peut capter la rente urbaine pour financer la ville, en particulier dans le cas des infrastructures de transports en commun. Trois modes opératoires peuvent être choisis :

- captation de la plus value latente, mais cela pose des problèmes d'équité « pourquoi taxer ces plus-values plutôt que d'autres ? » et des problèmes de méthodes, comment définir le bon périmètre et le bon cadre temporel afin de mettre en place la captation, comment gérer les effets d'anticipation du marché, comment prouver l'existence de cette plus-value ?

En effet, la question de l'existence de la plus-value elle-même ne doit pas être éludée, (Nguyen et al, 2011) montrant que pour le cas du tram T3 à Paris, rien de significatif ne pouvait être observé. Plus largement, il montre à partir de l'analyse d'un certain nombre de projets franciliens, que l'existence de plus-values dans l'immobilier résidentiel est liée à un grand nombre de facteurs. Un système de récupération par forfait aurait à prouver l'existence de la plus value et pourrait se faire contester juridiquement.

- captation de la plus value réalisée : elle peut amener à figer les ventes d'immobilier ou la vente et la construction du foncier non bâti le quartier considéré, les propriétaires attendant la fin du délai prévu pour la taxation.
- taxation à la valeur vénale : cela nécessite une réforme de la fiscalité foncière, qui apparait comme un serpent de mer des politiques fiscales. Malgré la difficulté à faire cette réforme, cette méthode parait présenter le moins de désavantages.

Il faut avoir à l'esprit que ce type de mécanisme ne pourra financer qu'une partie limitée des investissements d'un projet comme le Grand Paris.

Dans l'agglomération, les projets d'urbanisme seraient de plus en plus portés par l'intercommunalité, qui dispose du savoir-faire permettant d'optimiser l'efficacité des opérations et qui dispose d'un pouvoir de négociation plus important face aux acteurs privés. Le PLU deviendrait intercommunal et

permettrait au pouvoir d'agglomération de faire évoluer les règles d'urbanisme dans le sens d'une plus grande intégration urbaine et d'une plus grande densité (avec la connaissance des zones de rentabilité des opérateurs), ce que n'aurait pas forcément fait certaines communes voulant préserver leur cadre de vie actuel. Le contrat d'axe, sous une entrée projet, va exactement dans ce sens, par exemple pour St Egrève, le travail a consisté à faire accepter la densité, à faire comprendre que des communes qui se considéraient comme des « petites communes de campagne » (Blais et Maur, 2011) étaient en fait « urbaine » du fait de leur proximité de Grenoble et de l'arrivée du tramway. Cela permet aussi d'associer plus étroitement politique d'urbanisme et politique de transport, toutes deux aux mains de l'intercommunalité.

Le SCOT permet comme prévu de réduire très fortement l'étalement urbain mais ne permet pas de réellement rediriger la croissance vers les pôles urbains périphériques du fait d'un déficit d'attractivité. Ces pôles n'apportent les aménités urbaines qu'offre l'agglomération. Ainsi elle attire une grande partie de la croissance du territoire, aux dépens des pôles urbains. La ville centre devient de plus en plus attractive pour les ménages, sur la lancée des écoquartiers, la ville dense et mixte qui réservent de la place pour les modes doux et les transports en commun séduit un nombre croissant de ménages. Au vu des incertitudes sur les prix du pétrole et sur les taxations environnementales, les entreprises privilégient les centres urbains pour leur développement.

Le scénario Expansion Urbaine continue les tendances observées : la croissance de la population est forte dans les secteurs périphériques du SCOT, alors que la croissance des emplois est partagée entre l'agglomération et le reste du SCOT, la spécialisation du territoire entre zones riches en emplois et zones riches en populations est renforcée.

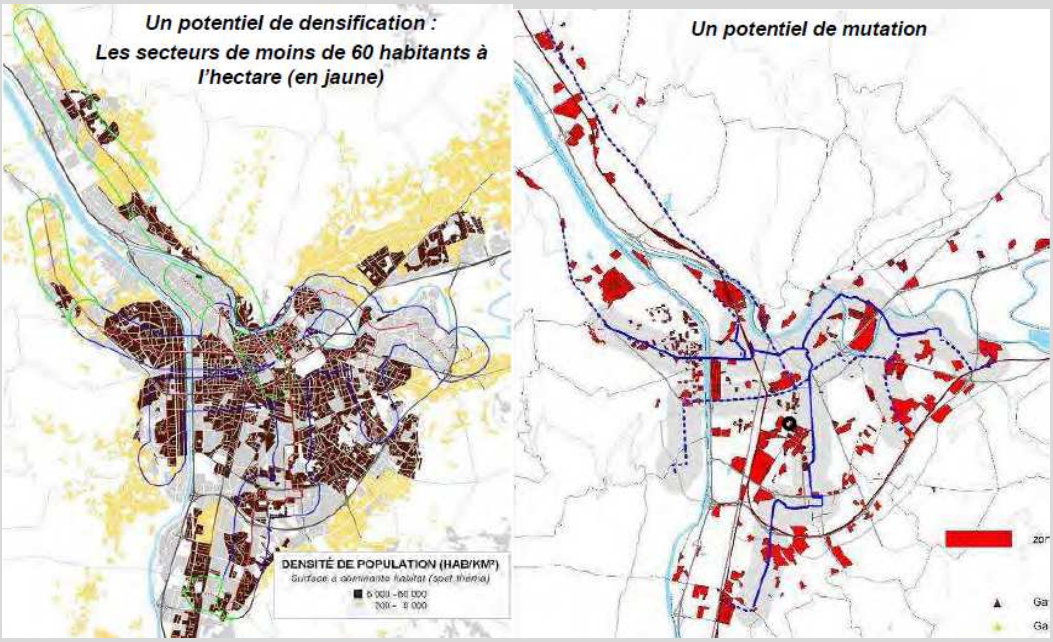
Les hypothèses sous-jacentes sont que le périurbain continue d'être fortement attractif et ce d'autant plus que l'agglomération et les pôles urbains ne fournissent pas une offre de logement suffisante et accessible pour l'ensemble de la population. Les logiques économiques (accessibilité routière ; foncier peu cher) qui conduisent les ménages vers ces zones perdurent. Cette expansion prend la forme de maisons individuelles, suivant en cela les tendances passées. En effet, les avantages économiques de la filière de la maison individuelle, expliqués précédemment, perdurent.

Pour le SCOT, cela signifie que la coordination des politiques d'usage des sols n'a pas été suffisante pour réorienter le développement. Le SCOT ne permet pas une réelle mise en cohérence des politiques territoriales et une véritable entente. La consensualité des textes produits associée à sa relative faiblesse juridique (compatibilité), la manque d'une monnaie d'échange explicite entre territoires, le manque d'une autorité de planification forte à la bonne échelle, rendent relativement faibles ses messages de rééquilibrage. L'application du SCOT dépend en effet de plusieurs facteurs : capacité à faire appliquer le SCOT dans la durée pour les PLU (conditions du contrôle de légalité) ; changements ou non de maires lors des futures élections, avec des nouveaux maires n'ayant pas forcément assistés à tout le travail d'élaboration du SCOT et n'en partageant pas forcément les objectifs ni les décisions. Plus fondamentalement, l'étalement urbain constitue une soupape au

manque d'offre dans les zones centrales, or si l'on se place dans une situation l'agglomération et les pôles urbains ne parviennent pas à produire suffisamment de logements, le risque d'une crise locale du logement pourrait incité à relâcher la contrainte en périphérie. Le SCOT ne peut inverser cette tendance.

Encadré 10 : Description du CONTRAT D'AXE

L'initiative Contrats d'axes, porté par l'agence de l'urbanisme de la région grenobloise (AURG) et le SMTC traduit la volonté des acteurs grenoblois de maîtriser l'interaction entre l'usage des sols et les infrastructures de transport. Il s'agit de construire dans un même temps et de manière concertée une ligne de tramway et l'aire urbaine traversée. Du fait du coût élevé d'une ligne de tramway et des contraintes financières de plus en plus grandes pesant sur le SMTC, il s'agit de mieux répartir et organiser les coûts et bénéfices urbains. Cette démarche porte sur la future ligne E du tram, allant de Grenoble à Fontanil, à l'extrême Nord de l'agglomération. L'initiative a commencé en 2006, avec l'élaboration d'une charte (à l'issue d'une mobilisation des acteurs locaux et de quatre séminaires) qui avait vocation à se traduire de façon opérationnelle à travers les contrats d'axes par une meilleure coordination des politiques de transports et d'urbanisme. Intégrée au PDU (Plan de déplacement urbain de l'agglomération) en juillet 2007, elle s'applique dans l'agglomération grenobloise et ses vingt-six communes et vise à maîtriser et valoriser le foncier mutable ; mettre en adéquation les règles des plans locaux d'urbanisme avec les principes de densification ; participer à la densification des quartiers ; requalifier et réhabiliter le parc bâti, organiser le rabattement du réseau de transports collectifs ; inciter à la baisse de l'usage de l'automobile.



Son objectif est d'amener à une intensification urbaine c'est-à-dire une plus grande densité de population plus emploi autour du tramway. Cela doit permettre d'assurer une fréquentation suffisante au tramway, qui pour la première fois dans l'agglomération grenobloise, traversait des zones moins denses en s'éloignant du centre. Cela doit aussi permettre d'augmenter la part modal du TC pour ces populations bien desservies. Les figures ci-dessus (présentation A.M.Maur et J.Blais, conférence Contrat d'Axe, Grenoble, 22/11/10), présentent les résultats d'études menées sur le potentiel de l'agglomération en termes de mutation et de densification urbaine. C'est ce potentiel qui doit être utilisé par des initiatives tel que le contrat d'axe. Pour atteindre ces objectifs, mettre en place de nouvelles normes n'a pas paru être un moyen véritablement efficace pour orienter l'urbanisation dans le sens souhaité, il a même été considéré que cela pouvait être « potentiellement bloquant » (Blais et Maur, 2009) pour l'initiative. C'est donc par une méthode de négociation et d'accompagnement au cas par cas, que les porteurs de l'initiative ont choisi de procéder, avec deux principes fondateurs :

- élaborer des projets urbains négociés au voisinage des lignes, avec des objectifs de densité, de mixité fonctionnelle et sociale, et de qualité du cadre de vie ;
- anticiper l'action foncière pour favoriser la maîtrise publique des opérations.

Concrètement, il s'agissait donc d'impliquer les communes traversées par la ligne pour mettre en place les projets urbains, l'EPFL pour faciliter l'anticipation foncière, la Metro pour accorder le PLH aux projets. La force de l'idée de contrat d'axe réside au final dans l'organisation du travail multidisciplinaire entre le SMTC, qui est allé plus loin que ses compétences habituelles, l'agence d'urbanisme, l'EPFL, les urbanistes des communes, un bureau d'étude transport et un cabinet d'urbanistes. Toutes ces compétences étaient nécessaires afin dans un premier temps de faire interagir le choix du tracé et de l'offre de déplacement du tramway avec l'étude des potentiels de mutabilité foncière et d'intensification urbaine, d'associer ensuite une veille et une analyse foncière avec la réflexion sur les projets urbains. Une étude de capacité a aussi été mené afin de donner une image de ce à quoi pourrait ressembler une intensification urbain sur ce périmètre et de produire des scénarios. Ces scénarios ont ensuite été utilisés pour la modélisation du tram E afin d'évaluer les impacts sur la demande en déplacements pour cette nouvelle infrastructure. Ces échanges incessants ont aussi permis de forger un langage commun autour du projet, une structure commune où pouvaient s'intégrer les résultats des études et des suivis lancés par le projet, afin d'in fine pouvoir dresser un tableau d'ensemble des projets et aménagement autour de la ligne de tramway. Ce travail d'échange a été intense en réunions, cela signifie que le travail de portage de ce genre d'initiative représente un coût significatif, mais forcément faible par rapport aux investissements engagés pour la construction. De manière pratique, le SMTC finance les démarches et les expertises.

b. Les enseignements

Selon A.M.Maür et J.Blais, un premier point positif est la diffusion du concept d'intensification urbaine pour des communes de l'agglomération qui se considéraient davantage comme « des petites communes de campagne » et de l'idée de contrepartie des communes en échange d'un tramway. Un second réside dans l'élan qu'a donné l'initiative pour l'analyse des potentiels urbains des communes de première et de seconde couronne de l'agglomération. Le troisième consiste dans l'effort qui a été mené pour faire croiser les orientations concernant l'habitat (PLH) et le développement économique avec les projets urbains des différentes communes, permettant ainsi une mise en cohérence des principes et des différents projets.

Toujours selon les mêmes auteurs, plusieurs points négatifs sont aussi à retenir. Du fait de la complexité du montage du contrat d'axe, les acteurs privés, qui auraient dû être impliqué ne l'ont pas été. On peut s'interroger sur l'impact pour le résultat de la démarche sachant que ce sont des principaux acteurs de la production urbaine. Le second point négatif réside dans les caractéristiques institutionnelles du portage ; en passant de l'étape d'étude préalable à l'étape d'avant projet, il a fallut changer de pilotage au sein de la maitrise d'ouvrage et faire un nouvel appel d'offre pour la maîtrise d'œuvre, impliquant un effort important de réappropriation. Enfin, il n'est pas encore défini, à l'heure actuelle, de système d'évaluation permettant de vérifier si les objectifs du contrat d'axe seront remplis.

c. Analyse

Le contrat d'axe est, à proprement parler, un contrat moral, qui n'a pas de valeur juridique contraignante. L'idée est de faire de l'urbanisme négocié, entre l'AURG, le SMTC et les communes concernées. Il ne s'agit pas de mettre en place de nouvelles obligations venant par le haut s'appliquer par des documents de planification sur un territoire institutionnel mais de construire des échanges et une vision commune sur un « territoire de projet » (Blais et Maür, 2009).

Un point intéressant est que l'on n'a pas dimensionné la ligne de transport en fonction de ce qui existe, car alors un tramway n'aurait probablement pas été nécessaire, mais en fonction des évolutions souhaitées du tissu urbain. Cette logique correspond parfaitement à l'ambition de maîtrise croisée de l'usage des sols et du système de transport. Son ambition est à la fois d'anticiper l'évolution urbaine et de la stimuler dans le sens adéquat.

Selon G. Jourdan, (conférence sur le contrat d'axe 10/12/09) maître de conférences à Grenoble, l'objet du contrat d'axe est de viser la cohérence urbanisme/transport face au défi de la séparation des compétences institutionnelles. Il explique que l'activité de planification a ses limites, elle autorise ou interdit mais n'implique pas la mise en œuvre, les limites spatiales des juridictions étant des freins importants. De plus l'articulation entre les différents documents de planification (SCOT au niveau de la région urbaine, PLU au niveau de la commune, PDU au niveau de l'agglomération) n'est pas suffisante et la compatibilité (ne pas aller à l'encontre) est une notion faible. **Selon lui, l'intérêt du contrat d'axe est de contourner ces limites par l'engagement réciproque à créer un projet. Il apparaît comme le chaînon manquant entre la planification et la mise en œuvre de projets. C'est passer d'une logique d'injonction réglementaire, avec un rapport de hiérarchie, à une co-construction de projet.** Il semble, avec le reste des exposés, et particulièrement le représentant d'une commune engagée dans le contrat d'axe, que la co-construction est réelle concernant ce projet.

Jourdan observe néanmoins plusieurs limites à cette initiative. Il y a un manque de capacité pour aider les communes proches de l'axes à se développer plus, et celles loin de l'axe à se développer moins. Le travail sur les PLU, qui sont tous en train d'être révisé, est un travail de choix passif des infrastructures mais il n'y a pas de capacité constructive pour amener de la densité. Et ce d'autant plus que les acteurs privés n'ont pas été intégrés à la démarche. Il ressort de la conférence que les communes se posent la question du mode de production des logements. Encore une fois, le plan autorise ou interdit mais il n'implique pas la mise en œuvre. Or on sait que pour un COS (coefficient d'occupation des sols) donné, les promoteurs utilisent 80% de cette valeur, les bailleurs sociaux 66% et les particuliers 50% (J.L Sehier, intervenant pour Lille métropole) : se pose alors la question d'abandonner le COS et d'appliquer des règles de composition urbanistique plus prescriptive (PLU morphologique). Une autre limite est la faiblesse juridique du contrat, comment être sûr qu'il s'appliquera dans la durée ?
Ce type de dispositifs a aussi été utilisé, à la même période en Ile de France, à Toulouse, à Lille et à Genève, avec toujours à la base la même idée de co-construction, pour dépasser le stade de simple échange d'information entre urbanisme et transport et parvenir à l'élaboration commune à travers une culture partagée.
Sources : (Blais et Maur, 2009 ; Certu, 2010c) et entretiens avec A.N.Maur, J.Villard (AURG), J.Blais, S.Gusmerolli (SMTC).

Le scénario Renforcement multipolaire propose une réorientation du développement vers les pôles urbains et un rééquilibrage des ratios emplois/populations de même qu'un rééquilibrage de la distribution des services, commerces et services publics sur le territoire. Les pôles urbains des secteurs du SCOT hors agglomération, construisent leur attractivité en proposant des lieux de vie urbains où emplois et commerces sont nombreux et à proximité et ce sans les désagréments que peuvent ressentir certains ménages dans une grande ville comme Grenoble (Dauphiné Libéré, 2010).

Les politiques d'urbanisme mettent l'accent sur l'habitat groupé, dont le potentiel existe. Nous avons vu plus haut avec Castel que cela suppose une maitrise foncière, afin que les prix fonciers ne suivent pas l'évolution d'usage des sols, et un ajustement des documents d'urbanisme afin de rendre possible ces formes d'habitat. Ainsi pour ces pôles urbains de taille moyenne, l'habitat groupé offre l'opportunité de densifier de manière réaliste le développement urbain.

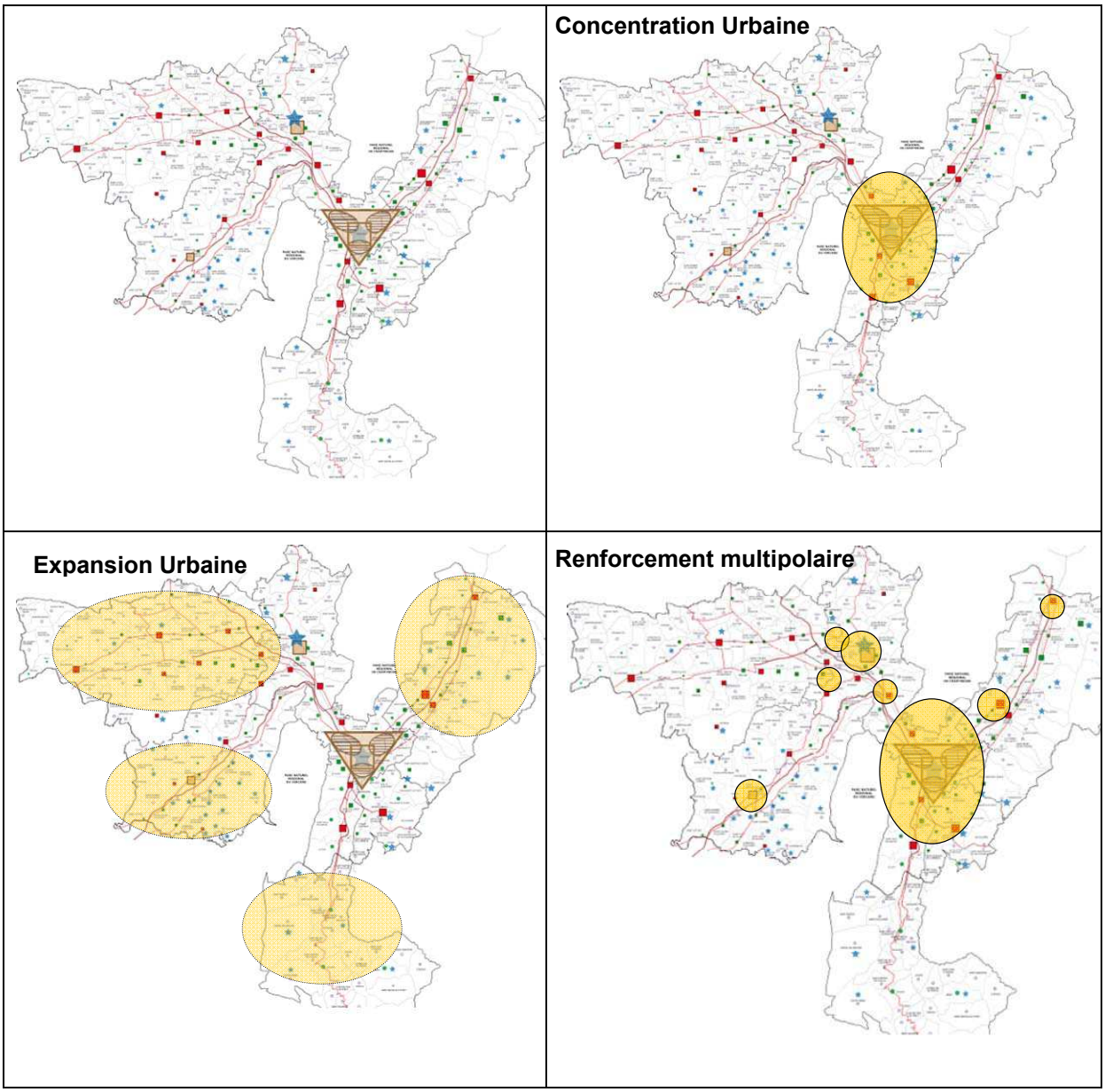
Les différents secteurs et communes s'emparent fortement du message du SCOT et des règles du DOO (document d'orientation et d'objectifs du SCOT), et se dotent d'outils permettant d'atteindre les objectifs du SCOT en termes de rééquilibrage du territoire et de renforcement des pôles urbains au dépend du périurbain diffus, que ce soit en termes de logements, d'emplois ou de commerces. Cela signifie que les élus des différents secteurs ont réussi à s'entendre et que les prescriptions du SCOT sont acceptées et mises en œuvre dans la durée. Après l'approbation des documents (fin 2012), l'EP SCOT et l'agence d'urbanisme deviendraient des lieux de suivi des avancements des travaux avec la mise en place d'outils d'observation et d'indicateurs sur les grandes questions du SCOT, mais aussi un lieu d'expertise et d'opérationnalité où les territoires pourront enrichir leur réflexion sur les leviers à actionner et les politiques à mettre en œuvre pour réaliser le SCOT. Le passage au PLUi, c'est-à-dire les PLU intercommunaux, pourraient faciliter cette évolution. En effet, généralement l'Agence d'urbanisme ne contribue pas aux PLU ou alors uniquement pour certains cas particuliers, mais le passage au niveau intercommunal pourrait changer la situation, étant un organisme de nature partenarial, l'Agence pourrait alors se saisir de ces travaux, davantage contribuer, permettant une meilleure connexion avec le SCOT.

Par ailleurs, les autorités de transport se rapprocheraient progressivement et le financement des nouvelles offres pourraient être le fruit de financements communs et de collaboration pour les études (les Parc Relais pourraient être un symbole de cela, mis en place par l'agglomération pour des ménages du périurbain, un financement commun paraitrait équitable).

Afin de réussir à susciter et maitriser cette attractivité, les pôles urbains mettent en place des mesures équivalentes à celles mises en place dans le scénario Concentration Urbaine. En particulier, les principes du contrat d'axe pourraient être utilisés pour faciliter ces dynamiques. L'agglomération qui a aussi une croissance importante dans ce scénario, même si c'est dans une mesure moindre mesure que dans le scénario 1, utiliserait la même politique de décrite dans ce scénario mais dans un contexte d'attractivité moindre et avec moins d'intensité.

Dans la figure ci-dessous, nous présentons les 3 scénarios, sur une carte du territoire du SCOT décrivant la structure multipolaire de la région urbaine.

Figure 32 : Les trois grands scénarios urbains



Source : auteur d'après (Ep SCOT, 2012b)

Chapitre 5 TRANUS pour planifier la ville bas-carbone

Nous avons vu dans le chapitre 3 que pour renforcer la planification territoriale, la place de l'économie nous paraissait centrale. Dans cette partie, notre travail se centrera sur une des questions de la planification territoriale, la question des émissions de GES, et en particulier celles du transport urbain et ce pour trois types de raisons. Comme rappelé en introduction, depuis l'émergence de la question climatique, le niveau national a logiquement été le premier à motiver de nombreux travaux d'analyse économique, or l'importance croissante des villes invite aujourd'hui à mieux comprendre la dimension locale et urbaine des politiques climatiques. D'autre part les objectifs français de réduction des émissions sont très ambitieux et les tendances actuelles de la mobilité locale ne sont pas cohérentes avec une trajectoire qui nous permettrait d'atteindre ces objectifs. Par exemple, on note au niveau du SCOT grenoblois une augmentation de 10% entre 1990 et 2006 pour les émissions du transport (EP SCOT, 2012c). Enfin la question de la mobilité est particulièrement complexe : elle est reliée aux dynamiques urbaines, et dépend de l'action d'acteurs placés à différents niveaux, elle est socialement et politiquement très sensible (hausse du prix du carburant, mise en place d'un péage urbain…). L'exemple de la pollution locale en atteste, l'exemple des Zones d'Action Prioritaire pour l'Air[87] a montré la difficulté de penser des solutions acceptables. La nécessaire maitrise des émissions de GES du transport représente donc un redoutable défi pour la planification de la ville durable, défi qu'il est indispensable de relever et pour lequel l'analyse économique nous apparait particulièrement utile.

Les plans climat territoriaux sont aujourd'hui un des outils centraux porteurs des politiques climatiques locales. Or ces plans apparaissent souvent comme une compilation d'options organisée dans une logique sectorielle sans réel ordre de mérite ou hiérarchisation intersectorielle. Par ailleurs ces plans, en partie parce qu'ils sont très récents, sont relativement déconnectés des autres plans touchant à l'urbanisme ou à l'organisation du transport (Yalcin et Lefèvre, 2012). A partir de ces constats, l'ambition du projet AETIC (Approche Economique Territoriale Intégrée pour le Climat) a été de développer une méthodologie permettant d'identifier et de hiérarchiser les actions à mettre en œuvre dans les PCET en se basant sur des critères technico-économiques rigoureux, et de le faire en considérant bien la ville comme un système. Ce projet s'applique à l'agglomération de Grenoble pour les domaines du bâtiment, des transports et des réseaux énergétiques locaux. Notre travail de thèse a constitué la partie urbanisme - transport de ce projet, en produisant l'analyse économique sectorielle correspondante. Notre objectif a aussi été de nous reconnecter avec la planification du SCOT, ce qui

[87] Zone d'Action Prioritaire pour l'Air: ce dispositif a été mis en place en 2010 afin d'identifier les stratégies permettant de réduire les niveaux de pollution dans de nombreuses agglomérations françaises qui dépassent les seuils fixés par l'Europe (Ademe, Faisabilité des zones d'actions prioritaires pour l'air, 2010). Ce dispositif a été arrêté fin 2012 sur un constat d'échec du dispositif (voir http://www.developpement-durable.gouv.fr/Creation-d-un-comite.html, page visitée le 24/06/2013)

n'était pas prévu initialement dans le projet (le périmètre du PCET correspondant à celui de l'agglomération).

Nous allons dans les 2 sous partie suivantes élaborer le cahier des charges de l'outil d'analyse économique nécessaire pour aider à planifier la ville bas carbone. Tout d'abord en revenant sur le débat sur les formes urbaines et des niveaux d'émissions de CO_2 qu'elles impliquent pour le transport. Cette revue de la littérature nous conduira à identifier les modèles urbanisme transport comme des outils utiles pour instruire cette problématique. Dans un second temps, nous reviendrons sur les différents outils d'analyse économique des politiques climatiques. Nous mettrons en évidence leurs limites pour instruire la dimension urbaine des politiques climatiques et la planification.

1. Forme urbaine, énergie et émissions CO_2 : quel état des savoirs et quel outil pour planifier la ville bas-carbone ?

1.1 La recherche des déterminants clés des consommations énergétiques du transport.

La question des déterminants des consommations énergétiques et des émissions du transport a fait l'objet de très nombreux travaux dans la littérature. En particulier, la question de savoir si l'impératif du changement climatique et de la préservation des ressources implique la construction de systèmes urbains denses, multipolaires ou étalés est un sujet de vif débat (Mitchell, et al., 2011 ; Pouyane, 2004). La question des moyens à mettre en œuvre pour réduire les kilomètres parcourus en voiture est celle qui suscite aujourd'hui le plus de recherche dans le domaine de la planification et de l'aménagement urbain (Ewing et Cervero, 2010)[88].

Le lien entre densité et consommation d'énergie pour la mobilité parait solidement établi à partir des travaux empiriques emblématiques de Newman et Kenworthy (1989 ; 1998), confirmés par un grand nombre de travaux empiriques (Pouyane, 2004) et qui font de la consommation énergétique une fonction inverse de la densité. Il est ainsi communément admis que la densité permet de favoriser des déplacements courts mais aussi de favoriser les modes alternatifs à la voiture individuelle. Par ailleurs la densité assure aussi une bonne fréquentation des transports en commun, ce qui est bénéfique pour leur efficacité énergétique. Ces avantages présumés de la densité ont concourut à la formulation de politiques publiques en sa faveur (Pouyane, 2004). En France, la loi SRU et les lois Grenelles ont été largement interprétées comme incitant à densifier la ville, à la rendre compacte ; les concepts de *Smart Growth* et de *TOD (Transit Oriented Development)* sont souvent repris par les villes dans leurs travaux de prospectives et de stratégie urbaine et visent généralement à densifier des axes structurants.

[88] "The potential to moderate travel demand by changing the built environment is the most heavily researched subject in urban planning."

Néanmoins de nombreuses critiques ont été émises contre les conclusions de ces travaux, d'une part vis-à-vis de la méthodologie et de la validité des résultats et d'autre part en contestant la faisabilité des mesures de compacification (Pouyane, 2004). Les critiques méthodologiques, en particulier concernant les études de Newman et Kenworthy, soulèvent la question de la validité des généralisations à l'œuvre dans ces différentes études (choix du périmètre qui détermine grandement la densité). Ces travaux réexaminent les liens causals entre densité et les distances parcourues en voiture, en proposant d'autres variables explicatives (prix des carburants, taux de possession automobile, disponibilité et prix des transports en commun, localisation relative des ménages et des emplois, mode de vie) et en discutant la méthodologie permettant la comparaison tout en proposant d'autres chiffres venant en contradiction de ces résultats, (Gordon et Richardson, 1989; 1997; Rodriguez, 2006 *;* Rickwood, et al., 2008 ; Gomez et Ibanez, 1991).

Si l'étude récente du Transport Research Board (TRB, 2009), qui cherche à tirer tous les enseignements de la littérature, laisse à penser que dans un grand nombre de cas, une évolution cohérente (ensemble de composants d'une ville) vers plus de densité tendrait à améliorer le bilan environnemental de la mobilité, les interrogations sur l'ordre de grandeur des gains possibles restent toutefois importantes, ainsi que celles sur les formes de coûts associées. Il est utile de reproduire ici un extrait complet de (TRB 2009), qui explicite la logique de l'argument et justifie des études supplémentaires : « *Recommendation 1: Policies that support more compact, mixed use development and reinforce its ability to reduce VMT, energy use, and CO_2 emissions should be encouraged. »* Néanmoins: « ***The committee recognizes that it does not have as much verifiable scientific evidence to support this recommendation as it would like.*** *The committee's own scenarios suggest that compact development will generate only modest reductions in energy use and carbon emissions in the near term, although these savings will grow over time.* ***Moreover, the committee has not examined the other benefits and costs of compact,*** *mixed-use development or how the trade-off s among these benefits and costs might vary by the specific types of compact development policies and the contexts in which they are applied »* (TRB, 2009). Ainsi « *Given the uncertainties, it would be wise to proceed carefully, monitoring the results and* ***taking into account new research as it adds to the understanding of the benefits and costs that various compact, mixed-use development policies generate at different places and times*** *»* (TRB, 2009). Le constat du TRB invite donc à examiner concrètement cette question et à privilégier une analyse économique.

1.2 Une entrée par la densité insuffisante.

Au-delà des incertitudes concernant l'ampleur du potentiel d'une plus grande densité, ainsi que ses coûts, la densité n'apparait pas comme une variable explicative suffisante. Intuitivement, d'autres éléments comme les couples origine-destination et la structuration des activités apparaissent aussi importantes. Ainsi il est clair que la prescription se basant sur la seule recherche de la densité est insuffisante, car bien d'autres variables sont à l'œuvre : elle ne permet pas de porter une stratégie urbaine de réduction des émissions (Lefèvre, 2007). D'autres travaux, en particulier de Bertaud (2001), vont permettre de mieux appréhender les déterminants de la consommation d'énergie en entrant davantage dans le système ville. La structure urbaine, combinaison de la distribution spatiale

des déplacements (configuration des fonctions de la ville en termes de monocentrisme ou de polycentrisme…), et de la distribution spatiale de la population (profil de densité), joue un rôle clé sur la longueur des déplacements et sur les modes de transports privilégiés. Il n'y a pas de forme urbaine optimale mais une adéquation à construire entre ces deux distributions (Lefèvre, 2007). Enfin la structure urbaine ne peut être étudiée sans le réseau de transport existant et les différentes alternatives qu'il offre. Rendre la ville compacte n'est à l'évidence pas suffisant en soi.
Dans le même temps, d'autres moyens pourraient permettre d'obtenir les effets souhaités. Par exemple faire en sorte que le marché du logement fonctionne bien peut permettre la relocalisation des activités et des ménages à proximité et ainsi réduire les distances (Gordon et Richardson, 1997), ce qui peut rendre acceptable et efficace l'étalement urbain. Certaines recherches récentes s'inscrivent d'une certaine façon dans cette voie : il s'agit davantage d'agir sur la relocalisation et la mixité fonctionnelle que sur la densification de la forme urbaine en tant que telle. Ainsi Korsu, Massot et Orfeuil (2008) cherchent la « ville cohérente » plutôt que la ville compacte. Mais contrairement à des visions libérales qui considèrent que le marché reflète déjà les préférences des ménages et qu'on ne peut augmenter le bénéfice global (Guiliano, 1991 ; Gordon et Richardson, 1997), leur travail se place dans une perspective de politique publique du logement. Avec un modèle de simulation représentant finement le parc de logement de l'Ile de France et les différents ménages (afin de prendre en compte les préférences de ceux-ci), ils cherchent à rapprocher logement et lieu de travail afin de réduire les distances automobiles. Ce travail permet d'estimer les potentiels de réduction de dépendance à la voiture ainsi que le nombre de tel ou tel type de logement qu'il serait nécessaire de construire dans chaque zone afin de réduire la circulation automobile de *x*%. Ce type de travail, au-delà des questions d'aménagement et de construction, invite aussi à examiner les moyens de rendre le marché du logement plus fluide, plus liquide pour les ménages, afin de réduire les coûts de changement de logement.

Ainsi la planification territoriale ne peut pas s'appuyer uniquement sur une stratégie de densification pour réduire les consommations énergétiques et leurs émissions, car une stratégie reposant uniquement sur cet objectif de manière indifférenciée suivant les différents espaces de la ville manquerait une grande part de la réalité de la ville. La question du lien entre forme urbaine et consommation énergétique reste posée : « Le débat sur la forme urbaine durable idéale ne permet pas de trancher entre les stratégies contribuant au développement de formes compactes ou étalées, unipolaires, polycentriques ou linéaires pour maîtriser la mobilité et les consommations énergétiques et émissions de CO_2 liées. » (Lefèvre, 2007).

Par ailleurs la densité n'est pas sans impliquer des inconvénients : elle peut créer davantage de congestion, ce qui implique une surconsommation d'énergie, elle concentre aussi les populations dans des lieux où les nuisances sont élevées. Cet argument a été relevé dans le contexte français dans la discussion sur le Contrat d'axe, qui vise à concentrer le développement sur l'axe d'une nouvelle ligne de tramway pour l'agglomération de Grenoble. Il y a bien ce risque de concentrer les populations sur des axes très fréquentés par les voitures et donc pollués en tout cas au moins à court-terme. A plus long terme la question de la vulnérabilité des espaces denses, en particulier aux îlots de

chaleur et de leur capacité d'adaptation est posée *(*ONERC, 2010). Enfin, le débat sur le lien entre formes urbaines et énergie a été relancé plus récemment par l'émergence des technologies de véhicules électriques et hybrides rechargeables. En effet les espoirs que ces technologies suscitent en termes d'émissions de polluants et de consommation d'énergie incitent à penser que la forme urbaine n'importe plus vraiment. Cela serait d'autant plus vrai si leur déploiement s'accompagnait d'un développement des moyens de production d'ENR individuel (maison) et certain travaux revisitent alors les travaux de Newman et Kenworthy sous cette perspective (Ménard, 2011). Néanmoins, il nous semble que ces avancées technologiques ne devraient pas nous amener à renoncer à cette question mais bien à la reformuler. Nous avons vu dans le chapitre 1 que les innovations technologiques dans le domaine de l'automobile, loin de nous faire faire l'économie d'une réflexion en termes de planification nous incitait en fait à formuler une réelle stratégie urbaine, articulant structure urbaine, technologie et modes d'incitations. D'une part le niveau d'émissions de ces véhicules dépend des moyens de production d'électricité et des modalités de recharge, il n'est pas forcément plus bas que celui d'un véhicule thermique efficace. D'autre part ces avancées technologiques restent incertaines quand à leur faisabilité à moyen terme (smart grids et production décentralisée de masse) et à leurs coûts. Plus largement la technologie est un outil, qui s'insère dans une ville en mouvement, dans une stratégie seule à même de définir sa contribution.

1.3 L'intérêt de la simulation.

Au final, la littérature ne donne pas une solution tout prête qui pourrait être déployée dans le cadre de la planification et qui permettrait de réduire les émissions mais permet d'identifier une démarche permettant de répondre à ces questions. Il y a un « consensus mou » sur cette question selon Pouyane (2004), conséquence d'un résultat ambigu des études empiriques selon Mitchell, et al. (2011) ou d'estimations très différentes des potentiels en jeu selon Randall et Crane (2010). L'absence de consensus scientifique sur cette question invite à dépasser la recherche de la forme urbaine optimale. Plus largement, la question du lien entre forme urbaine et énergie n'a probablement pas toujours été correctement posée selon Pouyane (2004), car elle n'admet pas une solution univoque et incontestable d'un point de vue méthodologique. Il est donc nécessaire d'identifier d'autres voies pour aborder cette question.

Ainsi plusieurs directions sont explorées :

- S'intéresser à l'intra-urbain et comparer différents quartiers de ville : cela permet de surmonter les difficultés méthodologiques de comparaison entre villes, comme le fait Pouyane. Cela lui permet de vérifier la relation entre densité et le kilométrage par habitant, et d'identifier qu'une hétérogénéité des densités peut aussi être profitable. Cela confirme l'intérêt des structures polycentriques, une orientation répandue et défendue par les tenants du « nouvel urbanisme » (Lefèvre, 2007).
- Enrichir l'analyse du tissu urbain, comme Cervero et Ewing dans leur récente étude, emblématique des travaux sur le sujet, qui examine le lien entre la morphologie urbaine (*Density, Diversity, Design, Destination accesibility, Distance to transit*) et la demande de déplacement (*trip frequency, trip length, mode choice, and Vehicle Miles Travelled*) à travers

une méta-analyse statistique de l'abondante littérature empirique sur cette question afin d'en déduire des élasticités utiles aux planificateurs (Ewing et Cervero, 2010).

Ces deux types de travaux apportent des éléments très intéressants et utiles à la planification de nouvelles zones ou leur renouvellement : elles permettent de comprendre quels types de quartiers sont les plus susceptibles de conduire à une mobilité durable.

- Une troisième voie est incarnée par (Lefèvre, 2007 ; 2008) qui identifie comme centrales « les relations entre la forme urbaine et le système de transport [] dans la recherche d'un développement urbain plus durable » et les interactions en jeu. Face à cette complexité, il estime que « les planificateurs urbains (publics ou privés) ont besoin d'outils d'aide à la décision adaptés au contexte local et capables de quantifier les conséquences des alternatives de politiques urbaines en termes de consommation d'énergie et d'émissions de CO_2 liées ». Ses travaux vont prendre la forme d'une simulation prospective avec le modèle TRANUS, avec une attention particulière à l'interaction entre les politiques de transport et celles d'usage des sols. Mitchell, et al. (2011) identifient eux aussi les modèles urbanisme - transport, et TRANUS en particulier, comme des outils capables de nous sortir de ce débat sur le lien entre forme urbaine et énergie. Ce type d'approche nous parait donc pertinent pour surmonter les difficultés identifiées pour la définition d'une forme de ville durable et pour instruire la planification. Elle permet de dépasser la discussion sur l'analyse empirique des villes existantes, chacune à une histoire, une trajectoire et des irréversibilités. Il est nécessaire de penser le futur avec les villes telles qu'elles existent et non de tomber dans la tentation de réécrire à partir d'une feuille blanche la ville durable car, pour reprendre la formule de Gordon et Richardson (1989) « *Cities are not made of Lego* »... Cette approche, qui privilégie une démarche dynamique permettant de faire évoluer système de transport, à la hauteur des possibilités offertes, et usage des sols, nous parait particulièrement pertinente quant à l'objet de notre recherche. En effet elle permet de mener cette analyse en prospective et de servir de support à la planification et à son analyse économique.

1.4 Un débat qui questionne la légitimité de la planification.

Au-delà de notre questionnement sur l'outil dont nous avons besoin pour notre travail, le débat qui a fait suite aux travaux de Newman et Kenworthy nous apporte aussi des éléments intéressants sur la question de la légitimité de la planification, que nous avons abordée dans le chapitre 2. En effet il est clair qu'au-delà des questions de consommation d'énergie, la critique des politiques de densification est aussi une critique de sa légitimité. Le raisonnement est le suivant, si les préférences des ménages vont à la maison individuelle et à un lieu de vie proche de la nature, ce que tend à montrer nombre d'études, (Pouyane, 2004 ; Bailly et Bourdeau-Lepage, 2011), rendre compacte la ville pourrait faire décroitre le bien-être global de la population, et plus fondamentalement serait une entrave à leur liberté. Certains éléments invitent toutefois à modérer cette vision comme nous l'avons vu précédemment (Chapitre 4 – 2.2.6). Si différencier choix et contrainte dans le processus de localisation des ménages est impossible, les difficultés rencontrées en termes de temps et de budget pour leur déplacement domicile travail semblent bien traduire une contrainte sur les choix des ménages (Korsu, et al., 2008). De plus acheter une maison n'est pas seulement un choix de mode de

vie, un choix urbain, mais aussi un placement financier, en particulier en vue de la retraite, cela joue un rôle important et n'a pas de lien avec la préférences pour telle ou telle forme urbaine (Castel, 2004).

Le débat ville dense – ville étalée révèle un questionnement plus général de l'action publique dans le champ urbain, critique classique des économistes les plus libéraux. Les analyses concluant sur la nécessité d'assurer la compacité des villes ont finalement représenté un « plaidoyer en faveur d'un interventionnisme fort » qui a relancé le débat entre efficacité de la planification et efficacité du marché, (Pouyane, 2004), en particulier entre Gordon et Richardson (1989) et Newman, Kenworthy et Vintila (1995). A partir de Camagni, Gibelli et Rigamonti (2002), Pouyane (2004) explique que « l'approche « néo-libériste » porte un jugement positif sur cette évolution et par voie de conséquence s'oppose à toute intervention destinée à enrayer le phénomène ; l'approche « néo-réformiste », au contraire, considère comme nécessaire d'intervenir sur une dynamique par essence indésirable, du fait des coûts qu'elle fait peser sur la collectivité ». Nous considérons pour notre part que l'étalement n'est pas une forme de développement plus naturelle qu'une autre. Il est issu de mécanismes de marché qui se réalisent dans un contexte politique et juridique particulier, et ce système de marchés est imparfait. Cela justifie l'action publique par l'intermédiaire de la planification. Celle-ci est porteuse d'une vision politique du futur de la ville, c'est aussi une démarche qui se doit d'être particulièrement attentive aux coûts et aux bénéfices impliqués ainsi qu'à l'interaction avec les marchés.

La critique de la compacité de Gordon et Richardson, parfois radicale, est très utile car elle permet de remettre le marché au cœur des questionnements de la planification. La compacité, si elle est la direction choisie, n'est pas une abstraction, elle se construit dans un contexte de marché, ce qui amène (Gordon et Richardson, 1997) à dire « We are in favor of compact developments being subjected to a market test ». C'est d'une certaine façon le sens des travaux de Castel sur l'économie de la densité : en analysant les fonctions de coût de construction suivant la densité et le prix du foncier, il replace l'action publique, par l'intermédiaire des PLU, dans la réalité du fonctionnement des opérateurs de marché et interroge de cette façon son réalisme. Cela ne remet pas forcément en cause l'intérêt de la densification, mais cela permet de mieux en estimer les coûts, et ainsi de les mettre en comparaison avec les bénéfices que l'on en attendrait. Cette démarche nous parait particulièrement pertinente.

Enfin nous pouvons identifier une critique en termes de faisabilité. Il est clair que nombre de politiques urbaines visant à contenir l'étalement urbain et à favoriser la densification n'ont pas fonctionné (Gordon et Richardson, 1989). Plus largement on peut ranger ici nos propres critiques sur l'incapacité des politiques urbaines à obtenir les objectifs fixés. Toutefois ces échecs sont aussi la traduction du manque de consensus sur le bien fondé de cette dynamique urbaine de densification chez tous les décideurs publics, et dont cette controverse scientifique est une illustration. Parvenir au succès de ces politiques aurait nécessité la mise en action et en cohérence de l'ensemble des leviers influençant ces dynamiques : cela n'a, à l'évidence, que très rarement été le cas. L'échec ou le relatif échec d'un nombre important de politiques urbaines n'est pas suffisant pour abandonner toute ambition à conduire les systèmes urbains sur des trajectoires plus durables.

Conclusion sous-partie : cette analyse rapide du débat sur le lien entre forme urbaine et consommations énergétiques nous a permis d'identifier trois conclusions utiles à notre travail. La

littérature ne produit pas un résultat normatif clair permettant d'instruire la planification suivant cette dimension. En particulier l'objectif de densification ne peut permettre de porter une stratégie satisfaisante car il ignore de nombreux éléments structurants des systèmes urbains. Cela justifie d'autres travaux afin d'apporter des éléments utiles adaptés au contexte considéré. Une approche par la simulation et les outils d'aide à la décision, permettant de considérer conjointement la structure urbaine et le système de transport, parait particulièrement bien adaptée pour nous aider à répondre à notre problématique et pour apporter des résultats utiles à ce débat. Enfin ce débat révèle des interrogations et des désaccords plus profonds sur la légitimité de la planification, ce qui replace la justification économique au cœur de la question, afin d'une part de juger de la direction la plus bénéfique et dans le même temps pour justifier d'une action publique pour produire de la planification.

2. Les outils économiques d'analyse des politiques climatiques : renforcer la dimension urbaine.

2.1 Davantage travailler à l'échelle de la ville.

La dimension urbaine de la question climatique se comprend avant tout selon une perspective internationale. Partout, le fait urbain s'impose au rythme où augmente le taux d'urbanisation et les villes sont responsables d'une part importantes des émissions de CO_2, ce qui rend cruciale leur participation aux efforts globaux (Stern, 2007 ; AIE, 2008). Alors que longtemps la recherche s'est focalisée sur les échelons nationaux, il est clair qu'aujourd'hui elle doit davantage travailler à l'échelle des villes, afin de les aider à faire face aux multiples défis que représente le changement climatique (Rosenzweig, et al., 2010).

Au niveau français, l'objectif du facteur 4 est extrêmement ambitieux, les analyses existantes montrent la difficulté à réaliser les changements nécessaires pour parvenir à ce niveau de réductions des émissions (Theys et Vidalenc, 2011). Ce niveau d'ambition incite à vouloir utiliser tous les leviers disponibles, c'est en ce sens que la dimension territoriale est sollicitée et que les objectifs de réduction des émissions sont progressivement devenus des objectifs pour les collectivités locales (Plan climat territoriaux, document d'urbanisme (PLU, PDU, SCOT), Loi SRU, Loi Laure, loi Grenelles*)*. Il s'agit donc d'enrichir les exercices classiques de prospective énergétique et l'exploration des territoires, « espace de transversalité et de complexité », peut contribuer à nous aider dans la définition du paradigme nécessaire à l'atteinte de nos objectifs (Theys et Vidalenc, 2011). La question urbaine et la question climatique doivent être rapprochées, ce travail s'inscrit dans la perspective de ce rapprochement.

Ainsi, les efforts de recherche permettant de mieux connaitre les potentiels de réduction des émissions et le coût des actions à mettre en œuvre pour atteindre ces potentiels sont particulièrement importants aujourd'hui. En particulier il s'agit d'arriver à analyser les effets d'actions ayant un impact sur le système urbain (infrastructure de transport par exemple) et non plus seulement recourir à des analyses sectorielles. De plus, au vu du niveau d'ambition des objectifs de réduction des émissions et du caractère très limité des finances publiques, le critère d'efficacité économique parait essentiel pour définir les politiques climatiques. Or au niveau local, si les méthodes d'inventaires des émissions se

sont développées et standardisées, peu de méthodes existent aujourd'hui pour produire cette analyse économique en particulier lorsqu'il s'agit d'analyser des politiques urbaines et non pas seulement des actions technologiques. Ce constat est à la base du projet AETIC dont ce travail a constitué une partie.

Une façon d'aborder cette question des outils d'analyse des politiques climatiques et de leur capacité à intégrer la dimension locale est de s'intéresser à la valeur du carbone qui serait nécessaire pour se placer sur une trajectoire cohérente avec nos objectifs de réduction. La connaissance de cette valeur est centrale : elle représente une mesure de la difficulté et permet de comprendre l'ampleur des changements nécessaires pour la société (c'est la valeur duale de la contrainte physique issue de l'objectif de réduction). Ainsi elle sert de référence pour évaluer la pertinence économique qu'il y a à mettre en place une mesure de réduction et elle permet de valoriser le CO_2 évité dans le bilan socio-économique d'un projet. En France, c'est le rapport Quinet (2009) qui a regroupé les travaux menés pour définir cette valeur. Pour recommander une valeur du carbone, ce rapport « s'appuie sur un usage raisonné de la théorie économique et des modèles sollicités ». Trois modèles sont utilisés par cette commission – GEMINIE3, POLES et IMACLIM-R – pour déterminer les trajectoires de coût carbone qui seraient nécessaire afin d'obtenir une trajectoire facteur 4. Ces trois modèles sont de nature différente, POLES est un modèle technico-économique, un modèle de simulation du système énergétique mondial, qui ne représente pas toute l'économie, on dit que c'est un modèle d'équilibre partiel. On introduit une valeur du carbone dans le modèle et les acteurs modifient leur comportement ce qui induit des réductions. GEMINIE3 est un modèle d'équilibre général calculable, il représente l'économie mondiale et les interactions entre les différents secteurs, sa représentation du secteur énergétique est plus agrégée, il permet d'évaluer le coût macroéconomique des politiques de réduction. Enfin IMACLIM-R est un modèle hybride entre ces deux modèles : c'est un modèle d'équilibre général avec des modèles sectoriels détaillés. Ces trois modèles sont des modèles de simulation, et non des modèles d'optimisation, ils « ne génèrent pas eux-mêmes une trajectoire de prix du carbone, mais ils peuvent permettre, par tâtonnement, de trouver une trajectoire de prix unitaire de l'émission de carbone qui induise, en étant imposée au fil de la simulation, une bifurcation vers le scénario d'émissions souhaité. » (Crassous, 2009).

Or ces modèles n'intègrent pas ou peu la dimension spatiale, leur objectif est de représenter les économies et les secteurs avec un niveau national ou régional (ensemble de pays). Leur apport est bien de calculer un coût carbone avec une perspective globale, intégrant des rétroactions, qu'elles soient d'ordre macroéconomiques ou propre aux marchés de l'énergie. Par contre, pour évaluer les coûts de réduction des émissions dans le domaine du bâtiment et du transport par exemple, ces modèles reposent sur des fonctions agrégées, issues d'études faites à un niveau plus micro.

Crassous voit même un « certain paradoxe entre l'objet de la consultation du Centre d'analyse stratégique et ce que peuvent représenter les modèles utilisés pour y répondre » (Crassous, 2009). En effet, ces modèles « ne représentent pas (ou mal) le rôle des infrastructures dans l'organisation spatiale des activités, les choix modaux et les choix de consommation et donc ne sont en général pas capables de simuler la contribution des choix d'infrastructures dans les trajectoires d'émissions. »

(Crassous, 2009). Le modèle IMACLIM-R « inclut seulement une représentation sommaire des infrastructures de transport routier pour le trafic des véhicules particuliers, mais qui suffit pour une représentation efficace des « *lock-in* » des besoins de transport par mode » (Crassous, 2009). Les enjeux de restructuration des villes, du fait de politiques urbaines, de mesures environnementales, d'investissement dans des infrastructures de transport, et qui peuvent conduire à des modifications des distances et des modes de déplacement ne sont donc pas décrits de manière satisfaisante. Ainsi la valeur carbone calculée doit se comprendre sans une politique de mise en œuvre d'infrastructures et c'est ici que Crassous identifie un paradoxe car l'objectif de ce travail de réévaluation de la valeur tutélaire du carbone est bien d'informer les choix d'infrastructures de la France.

L'amélioration de la prise en compte du local, avec des représentations plus détaillées, est donc un point très important dans la perspective de fournir des outils d'expertise adaptés. C'est d'ailleurs dans cet esprit que s'inscrit le travail d'Allio et Waizman (2013) sur le modèle IMACLIM-R avec l'introduction d'un module permettant de représenter en partie cette dimension spatiale. Leur objectif est de décrire les choix de localisation des ménages et des firmes au sein d'un système de villes en représentant de manière stylisée les forces d'agglomérations et de dispersion. Dans IMACLIM-R l'économie nationale est donc désagrégée en un ensemble de villes, dans une vision régionalisée de l'économie, le passage par ce module permet ainsi de préciser trois éléments qui seront réinjectés dans le modèle : la demande de transport déduite à partir d'une représentation stylisée des systèmes urbains, les besoins en investissements dans les infrastructures urbaines et les gains de productivités liés aux effets d'agglomération. La simulation avec TRANUS s'inscrit dans ce mouvement de renforcement de l'analyse climatique au niveau local.

C'est aussi dans cette perspective d'enrichissement des exercices de prospective énergétique que se positionne le programme Ville Post Carbone du Ministère de l'écologie et de l'Ademe (Theys et Vidalenc, 2011), qui a cherché à stimuler des recherches permettant de mieux intégrer la dimension locale de la prospective bas-carbone. Ce programme a ainsi soutenu un ensemble de projets de recherche abordant de manières variées cette question. Le présent travail, même s'il n'appartient pas à ce programme, s'inscrit totalement dans sa logique.

Sous-conclusion : l'importance croissante du niveau urbain incite à développer des méthodes et des outils permettant de bien représenter la dimension spatiale et locale, afin d'améliorer notre connaissance des politiques les plus à même de nous permettre de réduire efficacement nos émissions. Cet avantage que l'on tirera d'un point de vue plus local, avec la prise en compte des interactions urbaines, se fera généralement au détriment des équilibres macro-économiques et des évolutions plus générales des systèmes énergétiques : en l'attente d'un outil intégrateur (dans l'hypothèse qu'il serait bien souhaitable), il faudra se contenter d'analyses séparées, en tentant d'utiliser les enseignements des uns pour instruire les autres.

2.2 Les « Marginal Abattement Cost Curves » et leurs limites.

Ces constats de manque de représentation des dimensions spatiales se retrouvent dans les MACCS, même quand elles s'intéressent spécifiquement à la ville. Les MACCs (marginal abatment cost curves) sont des outils fréquemment utilisés pour l'analyse des politiques climatiques car elles permettent de représenter simplement l'efficacité coût des différentes mesures testées et d'identifier un ordre de priorité (Kesicki et Ekins, 2012 ; Ekins, 2011). Elles font apparaître, pour une année donnée, le potentiel de réduction d'une mesure, et le coût associé. Le coût est égal à la somme actualisée sur toute la période des coûts et des gains divisée par la somme actualisée des réductions. La courbe représente donc à un moment donné, généralement l'horizon de l'analyse, le résultat en termes de réduction des mesures testées. La courbe permet d'analyser les coûts relatifs des différentes options et ainsi de repérer ce que pourrait être une stratégie efficace économiquement pour atteindre un objectif donné. Cet outil permet donc de fournir un cadre simple pour représenter des données complexes : flux de coûts et de réductions.

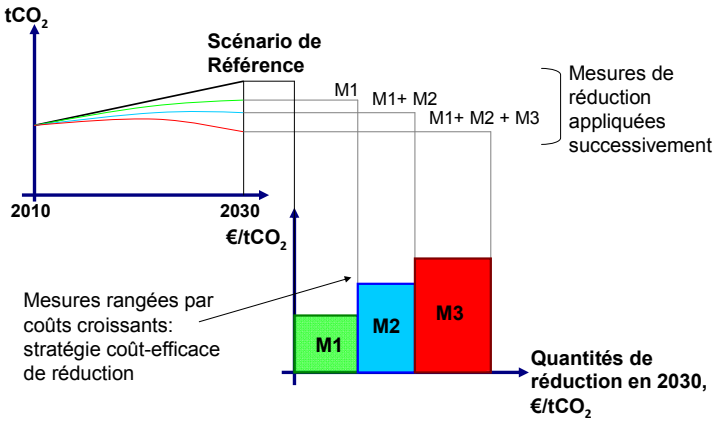


Figure 33 : schématisation d'une MACC

Puisqu'elle représente le résultat à un horizon donné, et que la question climatique est aussi une question de stock, d'enveloppe d'émissions, la trajectoire d'émissions ou sa somme cumulée est une information complémentaire importante.

Historiquement, ces courbes de coûts ont été développées au début des années 1980 pour analyser les options de réductions de consommation électrique, et se sont ensuite rapidement diffusées dans d'autres secteurs, industrie, transport, bâtiments mais aussi pollution de l'air et enfin pour le carbone, au début des années 90 (Kesicki et Ekins, 2012).

Les MACCs peuvent être construites de deux manières différentes. La première, qualifiée d'*expert-based,* ou *bottom-up*, revient à estimer les coûts et potentiels de différentes mesures techniques de manière séparée. Ensuite, ces mesures sont rangées sur le graphique selon un ordre de coût croissant (**Figure 33**), c'est la méthodologie utilisée par les travaux emblématiques de McKinsey.

La seconde manière est basée sur un modèle, comme POLES par exemple (Criqui, Mima et Viguier, 1999), qui permet d'actionner un levier *prix carbone* pour définir une trajectoire de réduction des émissions. Par tâtonnements, on cherche la trajectoire la plus efficace pour réduire les émissions, et

on reconstruit une MACC. Avec cette manière de faire, il est difficile d'identifier précisément chaque mesure dans le graphique. Les réductions et les coûts correspondent à des bouquets d'actions mis en place par différents acteurs.
Nous reviendrons dans le chapitre suivant sur la méthodologie complète de calcul économique qui sous-tend la construction de telles courbes. L'objectif de cette sous-partie est de présenter brièvement l'idée générale de ces outils d'analyse et de comprendre les limitations existantes, telles que repérées par la littérature. L'identification de ces limitations, en particuliers pour leur application dans le champ urbain, nous servira pour conduire notre raisonnement et construire notre méthodologie.

Les critiques peuvent être rangées en plusieurs catégories, elles traitent à la fois de la méthode choisie pour les construire et des interprétations qui en sont faites. La nécessité de faire un retour critique sur ces outils est venu en partie de leur popularité dans l'analyse des politiques climatiques. Et les travaux emblématiques de MacKinsey (voir par exemple Nauclér et Enkvist, 2009) au niveau national et local, ne sont pas étrangers à cette popularité, ils ont représenté une initiative très importante pour valoriser cet outil d'analyse.

Catégories de critiques.

a) Périmètre pris en compte par l'outil.
b) Capacité à servir de support à une discussion informée avec des non-experts, ce qui est leur objectif.
c) Capacité à intégrer des éléments d'inertie et des phénomènes de dépendance de sentier.
d) Capacité à aller au-delà de mesures techniques et à prendre en compte des éléments systémiques

a). Les bénéfices non climatiques sont rarement pris en compte, or la prise en compte d'externalités comme la pollution locale ou le bruit peut contribuer à réduire le coût à la tonne (Kesicki et Ekins, 2012). D'autres coûts et co-bénéfices ne sont pas pris en compte (Vogt et Hallegatte, 2011). Cette critique tient donc à la nature des coûts pris en compte, qu'il conviendrait d'enrichir car généralement les MACCs se concentrent sur les coûts techniques.

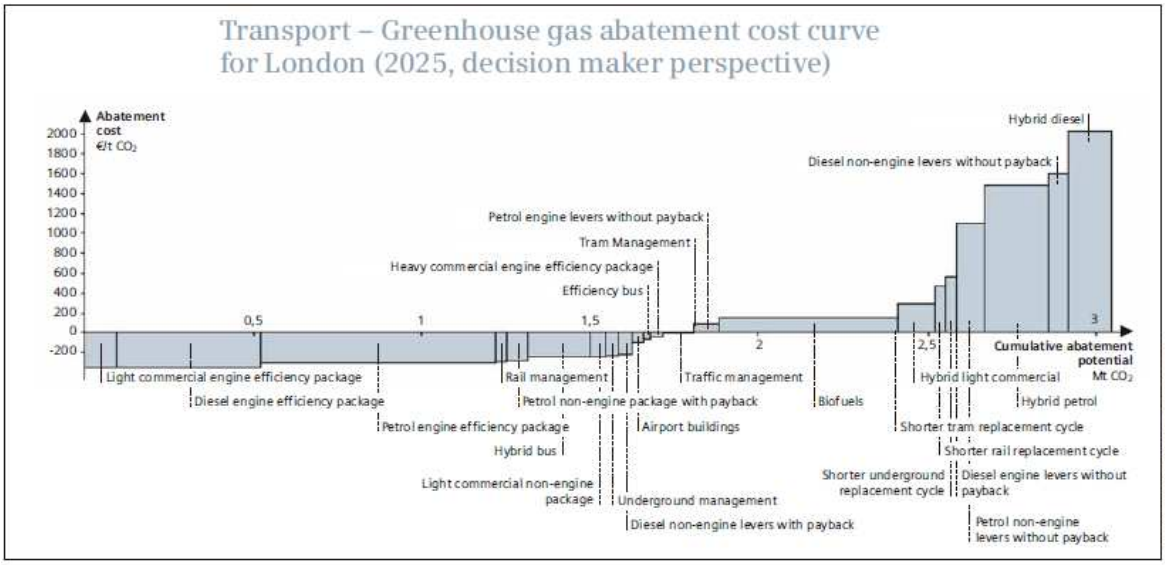
b). Ce point tient beaucoup à la transparence de la méthodologie et des hypothèses choisies. En effet, comme dans tout exercice de prospective, le calcul repose sur un nombre important d'hypothèses, avec des degrés variables d'incertitudes : ces hypothèses et leurs justifications ne sont pas toujours explicitées et des analyses de sensibilité devraient être conduites (Kesicki et Ekins, 2012). Dans ces conditions, les MACCs peuvent rater leur objectif qui est de représenter un support à une discussion informée des preneurs de décision.

c). La courbe d'abattement présentant des coûts et des réductions pour une année donnée, elle n'apporte pas d'information sur la trajectoire de réduction et sur la programmation dans le temps des actions à mettre en place. Vogt et Hallegatte (2011) montrent qu'en introduisant de l'inertie pour différentes options, la logique même de la lecture de ces courbes change : il peut être pertinent de commencer par des actions onéreuses plutôt que de commencer par l'action la moins coûteuse. En

effet ces actions peuvent avoir une inertie importante doublée d'un grand potentiel de réduction, elles peuvent donc être indispensables pour atteindre les objectifs de long terme. Ils mettent ainsi en avant un effet de trajectoire, « *the best strategy to reach a short-term target is different depending on whether this target is the ultimate objective or there is a longer-term target.*" (Vogt et Hallegatte, 2011). Ce travail incite à enrichir l'analyse qui conduit à la construction des courbes de coûts, en regardant davantage la dimension temporelle.

d). Les courbes produites par MacKinsey au niveau national ou local, sont emblématiques. En particulier le travail réalisé pour la ville de Londres a représenté une transposition au niveau local de la méthodologie déjà utilisée aux niveaux nationaux (McKinsey, 2008).

Figure 34 : La MACCs de McKinsey pour le transport à Londres



Source : (McKinsey, 2008)

Plusieurs limitations peuvent toutefois être identifiées dans ce travail. Seules des mesures technologiques sont évaluées, il n'y pas de mesures avec un effet sur le fonctionnement urbain. Plus largement il n'y a pas de scénario urbain à discuter. D'une certaines manière, la ville est ici considérée comme un support *neutre* pour la mise en place d'options technologiques. Pourtant, et cela est reconnue dans l'étude, une ville a assez peu de leviers sur les questions technologiques, et elle ne peut pas vraiment avoir une grande influence sur ces éléments. Par contre elle a le pouvoir pour l'aménagement de son territoire, pour la mise en place de transport en commun ou pour la politique de stationnement. Mais l'évaluation du coût et du potentiel d'une politique d'offre favorisant le report modal vers des modes moins émetteurs nécessite un outil de calcul représentant bien le système urbain. Cela nécessite un travail particulier pour mettre en place cet outil de simulation et cela sort généralement du cadre des travaux engagés et qui sont centrés sur le CO_2. Dans le domaine du transport, la dimension urbaine est généralement relativement absente des calculs de coût à la tonne, on verra par exemple le travail de synthèse fait par (Smokers, et al., 2009) sur les réductions dans le transport (voir aussi (Kahn Ribeiro, et al., 2007) pour identifier ce relatif manque d'évaluation des coûts pour les solutions transports urbains, au-delà du cas emblématique du Bus Rapid Transit de

Bogota). De plus Kok, Annema et Wee (2011), dans leur revue de la littérature sur les coûts d'abattement dans le transport, montrent que l'écrasante majorité des travaux s'intéressent au transport routier et qu'il y a très peu de travaux sur le rail. Ils observent que très peu d'études font une analyse économique des politiques pouvant induire des changements de comportement (par exemple report modal de la voiture vers les transports publics) et identifient là un besoin de recherche.

Cela rejoint plus généralement la critique de Kesicki et Ekins (2012) sur la prise en compte des interactions, qui est moins aisée lorsqu'on évalue les mesures une à une que lorsqu'on repose sur un modèle. Evaluer les mesures une à une ouvre aussi au risque de double compte ou de mauvaise appréciation du coût.

Au final, Kesicki et Ekins appellent à la prudence quant à l'usage de ces instruments, « *MACC curve is not and should not be used at, a one stop shop for ranking abatement policies* », leur vraie apport est ailleurs : en permettant de représentant simplement coûts et potentiels c'est un outil utile pour engager les différentes parties prenantes et les décideurs dans un débat informé sur les politiques de mitigation (Kesicki et Ekins, 2012). Cela nécessite une certaine transparence sur les hypothèses et une capacité à les mettre en discussion : nous reviendrons sur ces aspects méthodologiques du calcul économique dans les Chapitre 6 et 9.

Sous-conclusion :

Les MACCs représentent un outil particulièrement intéressant vis-à-vis de notre cahier des charges : elles permettent de visualiser simplement l'efficacité économique de différentes options de réductions. En particulier dans la perspective d'un Plan Climat Territorial, elles permettent de visualiser les différentes options envisagées et de structurer les stratégies mises en place. Elles peuvent constituer un support au besoin de spécification et de hiérarchisation des mesures que nous avons identifié dans le chapitre 3, et ce d'autant plus si les conditions sont mises en places pour que la discussion avec les décideurs soit possible et rigoureuse. Notre analyse économique visera donc à produire ces courbes de coûts : en termes de résultats, cela permettra de représenter un format pratique de résultats ; en termes de méthodologie, notre travail tentera d'apporter une amélioration, pour la question urbaine, de ces outils classiques d'analyse.

En effet un certain nombre de limites sont identifiées. Les points a) et c) et surtout d) nous incitent à développer une approche systémique[89] de la question, afin de bien prendre en compte les interactions entre les différentes mesures mises en place et afin d'adopter une réelle perspective urbaine. Cela devra permettre d'inclure la notion de trajectoire et de sentier de dépendance et nous incitera à élargir le champ des impacts évalués. Cela constitue un troisième argument pour utiliser un outil capable de simuler le fonctionnement urbain en prospective et ainsi capable de servir de support à la production de ces courbes de coûts.

3. Cahier des charges de l'outil recherché.

Nous avons vu que le débat ville dense - ville étalé nous a conduit vers un modèle de simulation du type de TRANUS afin d'interroger cette question de la forme urbaine en dynamique et de manière

[89] « *More broadly, a system-wide approach is needed and should be used to understand the consequences of implementing several different abatement measures together*. " (Kesicki et Ekins, 2012)

empirique sur un territoire donné. Plus qu'une forme urbaine idéale, il s'agit de chercher les orientations possibles et profitables, à partir de la situation présente, et de pouvoir reposer sur des outils d'aide à la décision pertinents.

En nous intéressant à la question climatique, avec une entrée par le facteur 4 et les outils à disposition pour imaginer les moyens d'atteindre cet objectif, et en analysant les courbes de coût d'abattement, nous avons compris qu'il était nécessaire de développer une approche permettant de bien représenter l'urbain et de bien prendre en compte ses spécificités, ses interactions. Il s'agit plus généralement de décliner progressivement au niveau local des travaux qui ont été jusqu'à présent surtout réalisées au niveau national, niveau qui a logiquement constitué le premier terrain d'application des travaux inspirés par la prise de conscience croissante de la problématique du changement climatique.

Ces constats se déclinent en un cahier des charges pour l'outil souhaité. Afin d'instruire la planification et de servir de support à la mise en place des politiques climatiques, nous avons besoin d'un outil capable :

a). d'**estimer quantitativement** des coûts, des émissions, les dimensions du développement urbain (évolution de la forme urbaine, besoin de logements…) et de la mobilité (partage modal, kilomètres parcourus, temps…). Cela doit permettre de calculer des coûts d'abattement et des bilans socio-économique des projets de territoire dont nous avons vu que cela constituait un point important de la planification dans les chapitres 2 et 3.

Cela nécessite de bien représenter les différents déterminants des émissions de CO_2. La méthode ASIF (Schipper, Marie-Lilliu et Gorham 2000) permet de bien identifier les déterminants des émissions de CO_2 et de comprendre la nécessité d'associer actions technique et systémiques pour les réduire. En utilisant cette méthodologie (voir **Figure 35**), la quantité de CO_2 émise par le secteur du transport se représente par le produit vectoriel entre A : l'activité ou la mobilité (en tonne ou passager.km), S : le partage modal, I : l'intensité énergétique des moyens de transport et F le contenu CO_2 de l'énergie (t CO_2= A*S*I*F). I se décompose par ailleurs en un produit de E, l'efficacité technique du système de transport, 1/U avec U le coefficient d'utilisation (fréquentation) et 1/O où O représente les conditions de circulation (revêtement, congestion..).

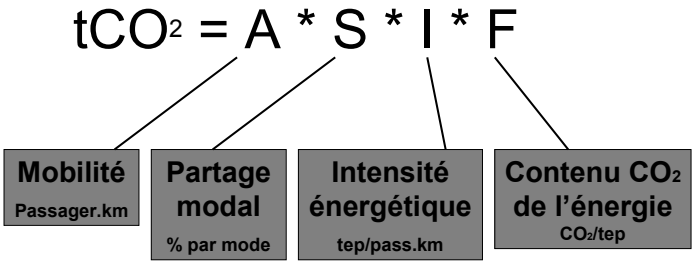


Figure 35 : la méthode ASIF

Des actions techniques du type amélioration des moteurs des voitures et passage en biocarburant peuvent respectivement modifier E l'efficacité énergétique, et F le contenu de CO_2 de l'énergie. Des actions systémiques du type modification du fonctionnement de la ville (plus de mixité et de densité

par exemple) et des investissements dans des infrastructures de transport en commun peuvent respectivement réduire A, la demande de transport, et modifier S le partage modal. Pour augmenter U le coefficient d'utilisation (fréquentation) et O représentant l'optimalité des conditions de circulation, il s'agit aussi d'apporter une action structurelle sur le système de transport. Les deux types de leviers, incrémentaux et systémiques, doivent donc tout deux être actionnés pour jouer sur toutes les paramètres de ASIF c'est-à-dire sur tous les déterminants des émissions du transport. Il est clair que l'outil que nous cherchons doit être capable de représenter ces différentes dimensions.

b). de **représenter** le système d'usage des sols (densité, mixité) et le système de transport, et leur interaction par le biais de l'accessibilité. Cela est nécessaire pour représenter de manière pertinente le système urbain et pour tester des politiques urbaines intégrant ces deux dimensions (logement, foncier, emplois, ménages, réseaux de transport) sur le long terme. Ce point est important pour produire des MACCs qui intègrent des interactions entre les mesures. L'outil devra aussi être capable de représenter différents types de ménages afin d'aborder la question de la redistribution. La planification territoriale est aux prises avec ces interactions.

c). de **simuler** des scénarios prospectifs, de servir de support à la réflexion prospective, en intégrant les différents secteurs. Nous ne cherchons pas tant un outil de prévision, dont on souhaiterait qu'il soit capable de produire une image fidèle du système urbain futur, mais un outil capable de nous aider à interroger et construire ce futur. Cela implique que cet outil devra avoir un certain niveau de robustesse dans ses réactions en prospective, un certain niveau de sensibilité aux tests que constitueront les mesures et politiques testées. Cette capacité à simuler le futur de manière pertinente dépend en partie des étapes de calibration et de validation. Cette capacité à être utile à la prospective dépend aussi de la méthodologie mise en place, en particulier le traitement des hypothèses. Par ailleurs, en étant le support de scénarios incluant différents secteurs, l'outil favorisera les visions intégrées.

d). d'être **pertinent théoriquement** et **basé sur une logique économique**, afin de renforcer cette dimension dans la planification, un outil qui permettrait aussi d'analyser, dans une certaine mesure, les mécanismes de redistribution.

e). enfin d'être un support **interactif**, évolutif, pour le processus de planification (capacité à tester une variante, faire un test de sensibilité toutes choses égales par ailleurs), un tableau de bord, support de l'analyse qualitative (informer la planification). Nous cherchons davantage un outil capable d'être utilisé par les collectivités comme support à la planification, c'est-à-dire un **outil opérationnel**, plutôt qu'un outil encore dans une phase de recherche.

4. L'apport des modèles transport-usage des sols.

Le cahier des charges, qui implique de quantifier l'impact économique futur de différentes mesures, nous conduit naturellement vers un modèle de simulation prospective. Nous allons dans cette sous-partie expliquer pourquoi les modèles LUTI (land use transport integrated) correspondent bien à nos questionnements.

4.1 Les origines de leur développement.

Le développement des LUTI a été rendu possible par le croisement entre les résultats de l'économie du transport et ceux de l'économie urbaine. Il est issu de la volonté d'ingénieurs et de planificateurs d'utiliser les savoirs théoriques de manière pragmatique au service de la planification, en les regroupant dans un cadre de modélisation (Lefèvre, 2011). L'idée centrale est que l'évolution future des déplacements doit être envisagée en considérant les tendances socio-économiques lourdes affectant la mobilité des agents, le développement des différents réseaux de transport, mais aussi en considérant les rétroactions potentielles sur le système d'occupation des sols. Or le constat est que si le fait que la séparation dans l'espace des activités et des populations implique des besoins de mobilité est bien compris et forme la base de la prévision dans le domaine du transport, la relation inverse est beaucoup moins évidente. La nature exacte des impacts du transport sur l'urbanisme n'est pas très bien identifiée même parfois par les planificateurs (Lausto, et al., 2004) et ces effets ont souvent été négligés.

De manière complémentaire à cette vision pragmatique où l'on cherche à fournir un support à la réflexion des planificateurs, c'est aussi dans le but de tester des modèles théoriques afin de mieux comprendre les dynamiques urbaines que ces modèles ont été créés. Depuis les années 80, le développement de modèles intégrés « transports – usages des sols » a été réalisé par des équipes scientifiques de différents pays. Cambridge a joué un rôle particulier dans ces développement puisque de nombreux concepteurs de modèles ont interagit dans cette université à cette période (M. Echenique créateur de Meplan, T. De la Barra créateur de TRANUS, D. Hunt créateur de Pecas, D. Simmonds créateur de Dscmod et Delta). Les lois sur l'Air (1991, 1998) aux Etats-Unis, qui visaient à « rendre obligatoire la prise en compte des interactions urbanisation transport dans l'élaboration des plans de transports régionaux » (Nguyen-Luong, 2008) ont été un des éléments qui ont stimulé plus récemment la recherche sur les outils permettant d'analyser ces interactions.

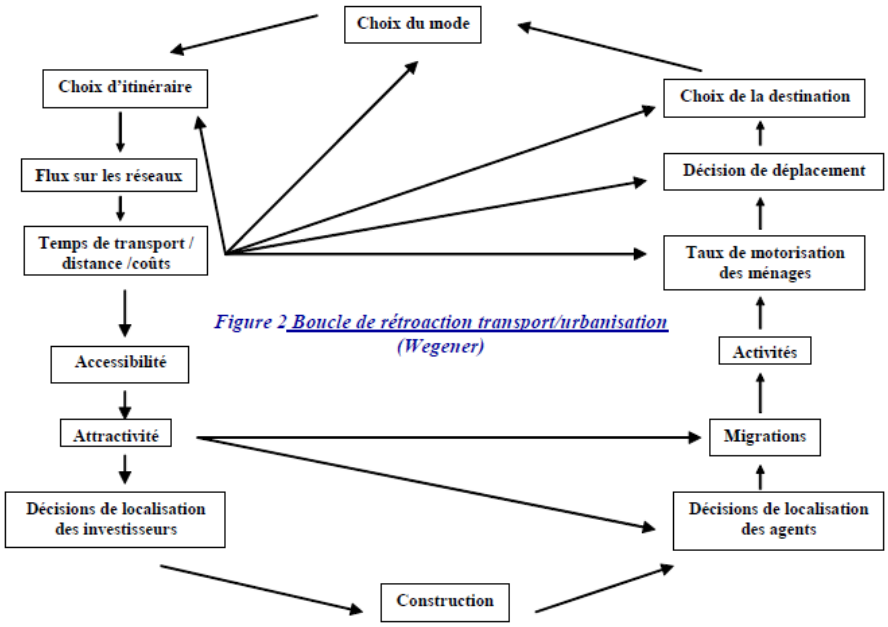
Le constat à la base de ce développement était que les outils d'analyse de la mobilité au niveau urbain (modèles de trafic classiques dit à « 4 étapes »[90]) étaient dépassés pour planifier la ville, que ce soit pour les villes en développement rapide (Lefèvre, 2007) ou pour des agglomérations occidentales. En effet ces modèles sont le plus souvent utilisés pour prévoir le changement de demande de déplacement, les trafics et pour quantifier les gains de temps obtenus grâce à un nouveau projet d'infrastructure de transport, en raisonnant avec une structure urbaine fixe (exogène au modèle). Or ce qui fut observé dans de nombreuses villes, c'est que les ménages ont profité de cette amélioration du système de transport pour aller vivre plus loin, par goût et/ou par effet prix (périphérie moins onéreuse en termes de logement). Ainsi le gain de temps théorique calculé par les modèles 4 étapes n'existait pas, et la structure urbaine était modifiée. L'analyse du modèle se retrouvait erronée à moyen terme. Un modèle intégré est lui capable de simuler ces évolutions car les performances du système de transport font partie des variables à partir desquelles les ménages et les entreprises font leur choix de localisation. Ainsi, en recalculant les choix de localisation des acteurs à

[90] Les modèles à « quatre étapes » sont des modèles permettant de quantifier les conséquences d'une modification de l'offre de transport sur les caractéristiques de la mobilité (temps, partage modal, fréquentation, niveau de congestion…), les quatre étapes consistent en la génération, la distribution, la répartition modale et l'affectation.

plusieurs pas de temps, un LUTI est capable de répondre à des questions du type : quels sont les effets de long terme d'un péage pour une zone donnée en termes de population et d'emploi ? Quels sont les effets de long terme de l'ouverture de cette autoroute ? Les différences fondamentales entre les deux approches sont donc les suivantes : un modèle intégré prend en compte le fait que les ménages font des choix de localisation à partir de variables exogènes (historique d'une zone) et endogènes (prix, accessibilité, présence d'aménités) et que ces choix comme ces variables sont susceptibles de changer, à la fois du fait de la modification du système de transport et du fait de politiques urbaines. Un modèle de trafic n'intègre pas ces phénomènes : l'occupation du sol est une donnée exogène.

Ce schéma classique de Wegener (1994) permet de bien visualiser la logique d'un modèle LUTI et son ambition fondamentale. La représentation du système urbain et de son évolution passe par une boucle de choix réalisés par les acteurs, combinant choix de mobilité et choix de localisation. Il faut remarquer que tous les modèles n'intègrent pas directement un modèle transport : certains ont donc besoin d'être articulés à un modèle de trafic pour devenir de réels LUTI (par exemple Urbansim).

Figure 36 : Boucle de rétroaction transport/urbanisation



Source : (Nicolas et Deymier, 2005)

De nombreuses typologies de LUTI et de revue de la littérature sont disponibles (voir Hunt, et al., 2005 ; Nicolas et Deymier, 2005 ; Wegener, 1994 ; Iacono, Levinson et El-Geneidy, 2008), il ne s'agit pas de reprendre ici ces typologies dans le détail mais de décrire brièvement les différents types de modèles existants ainsi que leurs bases théoriques. L'objectif est bien de comprendre la philosophie d'un LUTI afin d'apprécier dans quelle mesure ce type de modèle peut remplir notre cahier des charges. Ce balayage rapide nous amènera à nous centrer sur les modèles de prévision quasi-dynamique (voir la classification de Simmonds et Bate, 1999, reprise par Nicolas et Deymier, 2005) : ce sont eux qui correspondent le mieux à un outil d'aide à la décision (Lefèvre, 2007).

4.2 Les bases théoriques des LUTI.

Le premier défi que les LUTI ont à relever est la représentation d'un ensemble de sous-systèmes urbains qui évoluent avec des temporalités différentes. Une classification classique de ces sous-systèmes et de leur vitesse d'évolution est celle de Wegener et Furst (1999).

Sous-système avec changement très lent : les grands réseaux et les grandes infrastructures, les grandes distributions d'occupation du sol sont aussi assez stables

Sous-système avec changement lent : les bureaux, les logements, les usines : ces infrastructures ont une durée de vie longue, plus longue que celle de leurs occupants.

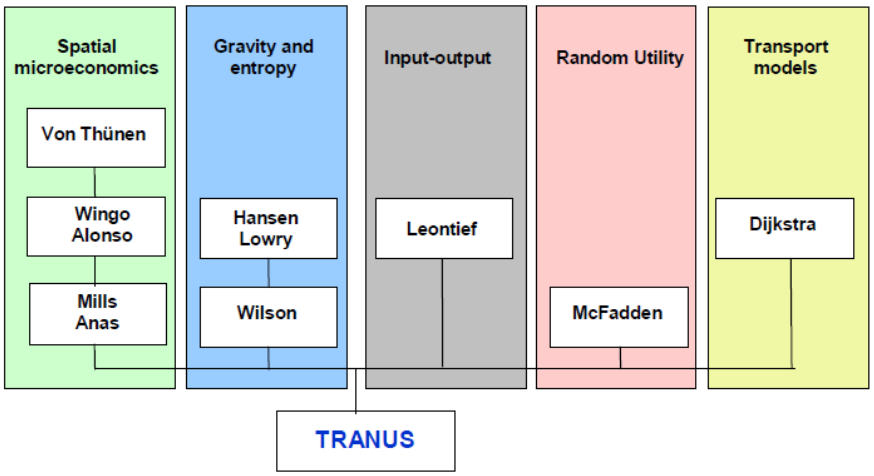
Sous-système avec changement rapide : les populations changent de logement ou de moyen de transport, les entreprises embauchent ou licencient ou changent de lieu.

Sous-système avec changement très rapide : la mobilité s'ajuste aux conditions de déplacement (congestion, demande) de manière immédiate.

Les modèles LUTI ne représentent pas tous de manière explicite l'ensemble de ces sous-modèles (Wegener, 2004)[91] et l'architecture de leur interaction, qui prend en compte les effets de temporalité, présente aussi des différences. Mais l'idée de base d'un LUTI est bien de prendre en compte l'essentiel de ces sous-systèmes et de représenter leurs évolutions dans le temps. Cela satisfait les points de notre cahier des charges b) et c). Il est important de remarquer que les marchés et les politiques urbaines ont une influence sur chacun de ces sous-systèmes. En représentant cette double interaction entre transport et usage des sols, entre marché et politique urbaine, le LUTI apparait bien comme un outil pertinent pour la planification spatiale.

Nous avons dit que les modèles LUTI ont été élaborés à partir des résultats des travaux d'économie urbaine et du transport. Ces modèles partagent ainsi un certain nombre « d'ancêtres communs » présentés ici dans le cas de TRANUS. Ces développements théoriques assurent la pertinence scientifique de ces modèles et donc leur légitimité à servir d'outil pour la planification, cela constitue notre point d).

Figure 37 : le « family tree de TRANUS »



Source : Modelistica.

[91] Voir cet article pour une description précise des modèles suivants leur prise en compte des différents sous-systèmes

Les travaux de Von Thunen sur la rente foncière agricole sont à la base de la micro-économie spatiale. Alonso (1964) va reprendre ces travaux et les appliquer aux questions urbaines : son objectif est d'expliquer les logiques de localisation des ménages. Il se place dans un modèle simplifié de la ville : tous les emplois sont situés au centre, le choix de localisation consiste à choisir la distance au centre car le foncier est considéré de qualité uniforme, le système de transport est radioconcentrique, le marché est parfait et le foncier est alloué au plus offrant. Ce formalisme permet de montrer que l'arbitrage entre le coût du logement et le coût du transport est explicatif de la localisation des ménages et donc de la structure urbaine. Ainsi l'équation de l'équilibre spatial est définie par la pente de prix foncier, la surface de logement, le coût du transport et le niveau de préférence pour la centralité. Le modèle d'Alonso permet ainsi de comprendre les effets de modification sur le système de transport ou sur l'offre de foncier sur la structure urbaine, ainsi que des modifications sur les ménages (disparité de revenu) et leur préférence (pour la centralité, rapport entre l'utilité marginale de l'accessibilité et utilité marginale de consommation du sol..) (Lefèvre, 2007). Ce modèle permet aussi de calculer les évolutions des prix fonciers, issu de la confrontation entre offre et demande, et suite aux évolutions d'autres variables explicatives de la structure urbaine. Les principales limites de ce modèle tiennent aux hypothèses très fortes qui sont faites et de nombreux travaux viseront à les relâcher et à enrichir les éléments pris en compte (congestion, différents modes de transport, prise en compte d'aménités…) (Lefèvre, 2007).

Le modèle de Lowry (1964) est le premier modèle interactif (Metropolis), il vise à prévoir les changements de structure urbaine du fait de l'amélioration du transport ou d'un changement dans la structure de l'emploi. Pour ce faire, il repose sur la théorie de la base de Hoyt (1954), qui distingue les secteurs tournées vers l'exportation, dont la localisation ne dépend de celle des autres secteurs, et les secteurs induits par la consommation du territoire, dont la localisation dépendra de la population. Il repose aussi sur le modèle gravitaire qui fait une analogie avec la théorie de la gravité appliquée à la géographie. L'intensité des flux entre deux territoires est ainsi proportionnelle à leur *masse* en activités et inversement proportionnelle au carré du coût du transport. Le développement de ce modèle gravitaire dans les années 50 aux Etats-Unis a révolutionné les méthodes de prévision dans le transport en constituant la base des modèles dits à « quatre étapes » (Debizet, 2011). Les hypothèses de la théorie de la base permettent de calculer les équilibres spatiaux en fixant une variable du problème (secteurs basiques) à partir de laquelle une chaine pourra être construite. Les principes du modèle de Lowry sont à la base des différents LUTI, en particulier de TRANUS, qui reprend la théorie de la base, en y associant les matrices de Leontief. Les matrices input-output de Leontief (1941) permettent de représenter les interactions économiques entre les différents secteurs de l'économie sous la forme d'une matrice entrée-sortie : chaque secteur étant relié à un autre par une fonction de demande. Cette forme d'analyse permet d'estimer les effets sur l'économie d'évolutions touchant un ou plusieurs secteurs. Leur spatialisation forme la base de certains modèles LUTI, l'interaction entre deux secteurs (par exemple l'industrie et les ménages) se comprend par une fonction de demande qui s'exprime dans un quadrillage spatial. Cela permet d'une part de représenter les différentes boucles entre les secteurs urbains (y compris ménages) et de relier modèle d'usage

des sols et modèle de transport de manière pertinente (une interaction entre secteur peut donner lieu à un déplacement).

Les travaux de MacFadden (1973) et Ben Akiva (1974) sur l'utilité aléatoire et les modèles de choix discrets sont particulièrement importants : ils ont conduit à une formulation en termes de probabilité du processus de choix des agents. Cette formulation est utilisé à la fois pour les modules transport et le module d'usage des sols. Historiquement, elle a aussi permis d'avoir des modèles multi-modaux, c'est-à-dire capables de comparer transports en commun et voiture (Debizet, 2011). Ce modèle permet de représenter les choix d'un individu face à un ensemble fini de possibilités. Une fonction de probabilité aléatoire permet de prendre en compte la diversité des préférences parmi les agents et apporte donc plus de souplesse que la micro-économie standard à cette question de la représentation des choix (Lefèvre, 2007). Ces travaux ont conduit à la formulation en termes de logit, qui, au-delà de leur pertinence théorique, ont l'avantage d'être facilement calibrables. Des apports successifs ont été apportés pour améliorer cette représentation avec les modèles logits, en particulier dans le modèle TRANUS (voir Lefèvre, 2007 pour plus de détails).

Les travaux d'économie du transport, permettant de mieux représenter les réseaux (théorie des graphes permettant de faciliter l'analyse des chemins) dans le cadre d'une simulation numérique, la congestion (modélisation de la queue) et la recherche des chemins optimaux (Dijkstra, 1959) sont aussi utilisés par certains LUTI.

Ces différents modèles ont permis de faire avancer la théorie et la compréhension des phénomènes urbains. La logique des modèles LUTI a été de regrouper ces différents éléments dans un schéma d'ensemble afin de représenter de la manière la plus correcte et complète possible les mécanismes urbains. Les concepteurs des modèles LUTI ont traduit ces éléments de différentes manières dans l'écriture algorithmique de leur modèle.

4.3 Les différents types de modèles.

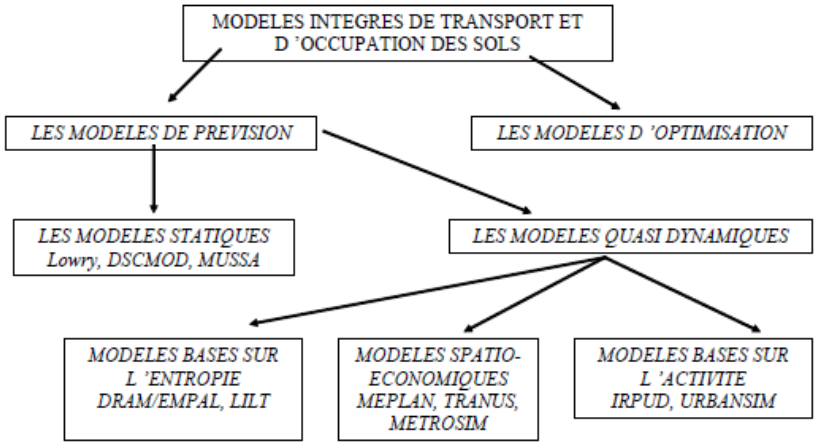


Figure 38 : Classification des LUTI, (Deymier et Nicolas, 2005 à partir de Simmond et Bates, 1999)

Les modèles statiques (Metropolis, DSCMOD, MUSSA) représentent un équilibre spatial mais ne permettent pas « d'envisager de réelle boucle interactive entre transport et urbanisme » (Nicolas et Deymier, 2005). Les modèles d'optimisation cherchent à spécifier la structure urbaine optimale pour

un objectif donné, ce ne sont donc pas des modèles de simulation permettant de comparer différents scénarios et différentes mesures (Lefèvre, 2007).
Notre volonté de recourir à un outil utilisable en prospective fait que ces modèles ne répondent pas à notre cahier des charges. Les modèles quasi-dynamiques sont capables de représenter les interactions entre transport et usage des sols sur plusieurs périodes de temps et correspondent donc mieux à nos besoins.
Les modèles basés sur l'entropie, en particulier Dram/Empal ont été largement utilisés en particulier aux Etats-Unis (Nicolas et Deymier, 2005). Néanmoins les simplifications du modèle (non représentation du marché foncier), les limites de la connexion entre modèle d'usage des sols et modèle de transport (différence de zonage) et la difficulté existante à sa mise en place (Nicolas et Deymier, 2005) font que ce modèle ne peut être retenu.

Il reste deux grandes familles de LUTI, aujourd'hui souvent considéré comme les principales : les modèles d'équilibres spatiaux économiques et les modèles dynamiques basés sur l'activité (Nguyen-Luong, 2012). Les modèles d'équilibre (TRANUS, Mussa, Meplan, Relutran, Pirandello) cherchent un équilibre du marché entre l'offre urbaine (logement, bureaux, foncier..) et la demande des ménages et des entreprises, l'équilibre est trouvé par fixation du prix. De ce point fixe est dérivée une localisation des acteurs sur le territoire. La trajectoire de simulation est ensuite constituée d'un ensemble d'équilibres : cela justifie leur appellation en tant que modèle quasi-dynamique.
Les modèles dynamiques, en particulier les modèles Urbansim et Irpud, constitués de différents modules, sont plus à l'aise pour représenter les différentes temporalités, et ne cherchent pas d'équilibre (possibilité d'ajustement avec retard) (Nguyen-Luong, 2012).
Si le fait de représenter le système urbain en dynamique sans recherche d'une situation théorique d'équilibre semble plus pertinente théoriquement, il n'existe pas à notre sens de preuve empirique montrant la domination d'un type de modèle sur l'autre. Même si ce débat n'est pas clos, Nguyen-Luong (2012) considère que la « relative convergence des résultats empiriques montre que les problèmes théoriques entre les modèles statiques et dynamiques sont moins dramatiques que prévus ».
Les modèles Urbansim et Irpud sont des modèles très détaillés, ils comprennent un grand nombre de modules représentant les différents sous-systèmes, et la représentation des activités est fortement désagrégée (Lefèvre, 2007). On parle de modèles basés sur l'activité, ils se focalisent sur les processus de changement des activités, ils ne cherchent pas forcément à toutes les relocaliser à chaque pas de temps, mais évaluent séparément leurs probabilités à vouloir se déplacer et le choix de la nouvelle localisation. Ce sont des modèles de microsimulation, c'est-à-dire que l'évolution macro est reproduite par un ensemble de processus micro : « Le modèle intégré va faire passer chaque agent dans le processus de micro-simulation (par exemple probabilité pour un ménage ou pour un emploi de se localiser dans telle cellule, probabilité pour une cellule vacante de passer à la catégorie habitat) »[92].

[92] Projet Ultisim, porté par D.Nguyen-Luong, http://www.iau-idf.fr/ultisim/spip.php?rubrique116, visité la dernière fois le 10/05/2013

D'autres modèles (TRANUS, Meplan, Pirandello..) sont des modèles plus agrégés : il y a moins de secteurs économiques et de types de populations décrites, les agents ne sont pas représentés de manière individuelle mais par secteur. Les grandes règles d'évolution sont traduites par ensemble (par exemple pour tous les ménages appartenant à un décile de revenu) : ensuite ces règles sont utilisées pour distribuer tous ces ménages sur le territoire.

En termes de modélisation du transport, un LUTI se doit d'être composé des deux dimensions transport et urbanisme pour répondre à son ambition générale. Certains modèles ne traitent que la question usage des sols et sont donc connectés à des modèles trafic pour devenir de réels LUTI, cette connexion n'allant parfois pas sans difficultés. D'autres modèles, comme TRANUS ou Meplan, sont des modèles intégrés, ils sont construits avec deux modules interagissant directement dans le modèle. La représentation des différentes composantes de ASIF dépendra du niveau de représentation du transport, certains éléments pourront être calculés directement dans le modèle (Activité, partage modal), pour d'autres il faudra généralement utiliser les sorties du modèle et faire des calculs externes (intensité énergétique, contenu CO_2). Toutefois, la philosophie du LUTI implique un certain niveau de représentation du transport ce qui permet de répondre au point a) du cahier des charges.

Sous-conclusion :

Les LUTI permettent de représenter l'interaction entre transport et usage des sols de manière dynamique ou quasi dynamique. Leur pertinence théorique provient des modèles d'économie urbaine qui constituent leur architecture et qui permettent de représenter de manière satisfaisante les comportements des différents agents. Ce sont des modèles de simulation numérique : ils permettent ainsi de calculer, d'estimer, d'évaluer. En particulier, ils permettent de simuler la mobilité (modèles intégrés) et peuvent ainsi représenter les différentes composantes d'ASIF. Dans notre choix de modèle, il reste deux grandes familles : les modèles spatiaux économiques quasi dynamiques (TRANUS, Meplan) et les modèles dynamiques basés sur l'activité (Urbansim, Delta, Irpud). Ces modèles reposent sur des bases théoriques solides et ont un bon niveau de représentation des marchés fonciers et immobiliers (Nicolas et Deymier, 2005). Ce ne sont donc pas ces critères qui vont nous permettre de choisir. Ils répondent à notre cahier des charges, en particulier à sa partie « technique ». Il reste à identifier l'outil qui permettra de répondre aux deux autres éléments du cahier des charges : l'adéquation avec l'objectif d'être un outil d'aide à la décision pour la planificateurs et le niveau d'opérationnalité.

5. Modèle stratégique ou programmatique, modèle simple ou modèle complexe ?

Maintenant nous savons qu'un modèle LUTI du type quasi-dynamique répond à notre cahier des charges. Il s'agit maintenant de choisir entre les deux grandes familles décrites précédemment. Cette démarche de choix de modèle est aussi l'occasion de s'interroger sur la nature du travail de simulation que l'on va réaliser et sa portée, mais aussi sur la place de l'analyse économique dans la planification de la ville durable. L'objectif de cette partie est donc double : il s'agit de mieux comprendre la manière suivant laquelle les modèles sont utilisés en pratique pour la planification ; il s'agit aussi de choisir

l'outil que nous allons utiliser pour notre travail. Nous avons vu qu'il existe de très nombreux états de l'art sur ces modèles. Ils décrivent leur fonctionnement et leurs différences, ils élaborent aussi parfois des typologies, qui ne se recoupent d'ailleurs pas toujours entre les différents travaux. Nous avons fait le choix de passer relativement rapidement sur ces états de l'art et d'orienter cette sous-partie vers deux questions particulières de cette littérature : le niveau de complexité nécessaire pour être utile à la planification, et le niveau d'opérationnalité. Notre interrogation peut se résumer, au moins dans un premier temps, de la manière suivante : faut-il plutôt un modèle simple ou plutôt un modèle complexe ?

5.1 Des modèles complexes.

5.1.1 Une logique de sophistication.

Les dynamiques de recherche sur les LUTI pourraient être simplifiées en deux grands courants. Le premier est représenté par ce schéma (**Figure 39**) : il explicite une dynamique où des chercheurs centrés sur le développement d'outil de modélisation ont eut la possibilité de s'appuyer sur des moyens croissants de calcul numérique, avec une ambition théorique forte. L'ambition sous-jacente est celle d'une science prédictive face à un monde complexe, qui a conduit au développement de modèles à l'image de cette complexité. La volonté de disposer d'un outil le plus précis, le plus complet possible, regroupant les dernières avancées de la simulation, et décrivant de manière microscopique le système urbain, a invité à la sophistication des démarches de modélisation.

La puissance en hausse n'a pas été utilisée pour simplifier les méthodes mais au contraire pour permettre plus de complexité (Iacono, et al., 2008). Elle a impliqué certaines orientations pour la modélisation selon Timmermans (2003) « *We agree with Waddell that integrated land use –transport models have benefited from advances in computation and econometric methods, allowing a general tendency of disaggregation of household and land use classification, a shift from equilibrium to disequilibrium, and from census tracts to grid cells* ».

Ces évolutions paraissent tout à fait logiques et intuitives par rapport à une conception classique de la science et de ses évolutions, c'est-à-dire capable de maitriser des complexités toujours croissantes. Ces développements ont conduit à des modèles de micro simulation comme Urbansim (Wadell, 2002), Ilumass (Wagner et Wegener, 2007), Ilute, (Miller et Savini, 1998) ou Albatross (Timmermans et Arentze, 2011). A partir d'une revue de la littérature et de la construction d'un cadre idéal de modélisation, la conclusion de (Hunt, et al., 2005) constitue une autre illustration de cette dynamique de recherche. Ils considèrent qu'une "*new generation of integrated urban land-use–transport-modelling frameworks will need to be developed in order to realize the ideal. [..] much research and development must be undertaken to realize models based on the ideal framework. This will include development of and experimentation with model structures that are explicitly designed to operate in a more disaggregate, dynamic, non-equilibrium framework*." Cette conclusion s'appuie sur des arguments principalement théoriques, touchant à la structure des modèles et leurs capacités, et non sur des résultats empiriques d'application des différents modèles. Ces arguments invitent à développer de nouveaux modèles, toujours plus sophistiqués ou à raffiner les existants.

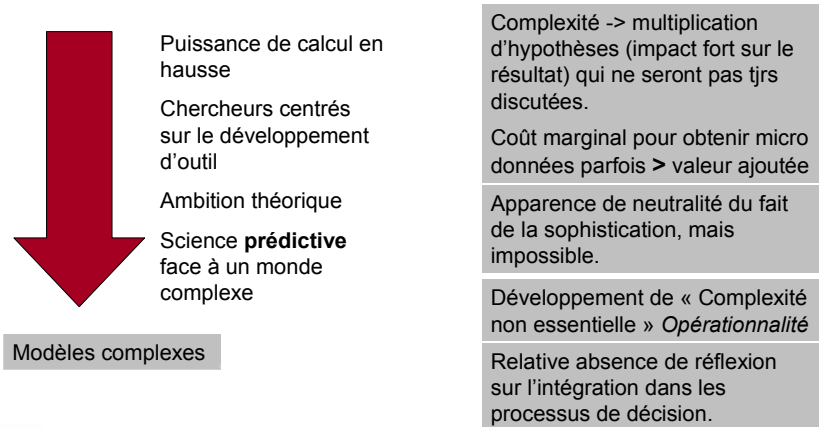


Figure 39 : la logique de la complexification et ses limites

Plusieurs éléments peuvent toutefois être identifiés dans la littérature, mettant en avant les désavantages des modèles complexes.

5.1.2 Les limites des données et des hypothèses.

Klosterman (2012) explique que les modèles complexes, comme les modèles simples, et les résultats qu'ils produisent, reposent fortement sur des hypothèses. Or, si les modèles complexes permettent de mieux représenter en théorie le système urbain, ils le font au prix d'hypothèses additionnelles « *that are rarely evaluated or even recognized by model users* » (Klosterman, 2012). Un modèle plus simple rend probablement plus faisable la discussion autour des hypothèses clés. Wagner et Wegener (2007) identifient eux aussi un point où le coût marginal pour obtenir une micro-donnée est supérieur à la valeur ajoutée par cette donnée à la simulation, c'est la limite empirique. Une limite théorique existe aussi, lorsque la désagrégation de la simulation n'apporte plus d'information additionnelle (Wagner et Wegener, 2007). Ces limites sont aussi identifiées par Bowman (2006) "t*he most complex models lack the data they need to statistically identify their parameters; they rely on the judgment and assumptions of a "master-modeler*". En constatant la grande difficulté rencontrée lors du projet Ilumass, Wagner et Wegener (2007) considèrent que bien que la microsimulation offre des perspectives uniques de représentation de l'hétérogénéité des phénomènes urbains, les modèles de microsimulation ne sont pas une solution universelle. Ils concluent en ces termes: « *for every modeling problem, there is an optimum level of substantive, spatial and temporal resolution. […] The challenge is to develop a theory of balanced multi-level models which are, to quote Albert Einstein: "As simple as possible – but no simpler."* »

5.1.3 Recherche de complexité et de neutralité.

Pour Klosterman (2012), la sophistication donne une apparence de neutralité aux modèles de planification, et "*The methodological elegance of complex models makes them difficult to criticize, even though they are no more accurate than simple models*". Ces éléments sont clés : il considère que la planificateur ne doit pas se cacher derrière la complexité de son modèle, il faut selon lui assumer le fait qu'un modèle de planification n'est jamais neutre car il est issu de nombreux choix de modélisation. On comprend que lorsqu'un économiste modélise un phénomène à l'aide d'un modèle très stylisé, les choix de représentation sont évidents. Le modèle ne peut pas passer comme une

représentation neutre du monde, les simplifications à l'œuvre sont justement l'indice du choix de mettre en avant un ou plusieurs phénomènes clés identifiés par le modélisateur. La sophistication des modèles a pu parfois être perçue comme une promesse qu'il n'y aurait, à la limite, aucun choix de modélisation et aucune réduction du monde à réaliser. Cette promesse est bien sûr vaine car la nature d'un modèle est bien de simplifier et de réduire, à partir du constat que le monde est trop complexe. Cette réflexion renvoie plus largement selon Klosterman à l'exercice de planification, qui doit être intégré dans un processus politique, afin de légitimer les choix réalisés, et ne peut rester une pratique « technique » isolée, ce qui pourrait être le cas si elle pouvait être neutre. Cela incite à rapprocher modélisation et processus de planification.

De plus, on peut penser que les chercheurs qui créent les modèles ne sont pas toujours centrés sur la question de l'intégration de la modélisation dans les processus de décision. D'une part cela impliquerait une approche transdisciplinaire et on trouve assez peu de trace de cet aspect dans la littérature. D'autre part ce n'est probablement pas la question principale qui motive cette communauté, leurs objectifs sont davantage dans le développement de nouveaux modèles ou la mise au point des modèles complexes. Nguyen-Luong l'illustre pour Urbansim : « Au fil des années, le logiciel est devenu de plus en plus complexe et difficile d'utilisation. On peut malheureusement parler de « complexité non essentielle » ». L'application qui résulte des caractéristiques d'Urbansim font qu'il n'est pas « compatible avec une demande de modélisation rapide par un ingénieur-modélisateur de trafic. Il faut dire que les chercheurs d'Urbansim à l'Université de Washington n'ont pas tous le sens des objectifs fonctionnels dans la mesure où des applications opérationnelles ne sont pas leur principal centre d'intérêt »[93]. De manière complémentaire Timmermans (2003), illustre le caractère contre intuitif à son sens d'une dynamique de recherche qui n'irait pas vers une complexité croissante: "*The field has consistently been criticized for its complexity and black box character. It seems however that a simplification of* ***the approach will be counterintuitive****. Any valid model should represent the key complexity of the phenomenon under investigation. The plea for behaviourally better models implies further complexity and many people will therefore continue to argue that the models are black boxes. There does not seem an easy solution to this dilemma.*" Il identifie ainsi un dilemme intéressant dans l'utilisation de tels modèles, soit ils sont simples et compréhensibles mais pas assez pertinent théoriquement, soit ils sont trop complexes. Nous retenons de cette analyse que si la complexification peut apparaître comme une direction logique, elle n'est probablement pas la plus propice pour instruire la planification. En effet, du fait de la nature non neutre des outils de simulation, un point clé est leur intégration dans les démarches de planification. Or d'une part la logique de sophistication n'incite pas à ce travail, la priorité allant au développement technique. D'autre part elle peut conduire à une déconnexion entre le développement des modèles et les besoins des utilisateurs.

5.1.4 La difficulté à comparer les modèles : une prime à la complexité ?

Bien qu'intuitivement, on puisse penser que les modèles complexes seraient plus précis que les modèles simples, Klosterman considère que la preuve n'a pas été apportée. Hardy (2011) le dit d'une autre manière "*the assumption that the increasing computing power will enable this to occur does not*

[93] http://www.iau-idf.fr/ultisim/spip.php?rubrique116, Nguyen-Luong, dans le cadre du projet Ultisim, visité la dernière fois 10/05/2013.

account for the still present technical barriers (calibrating, validating, and verifying a model)". Cela renvoie aussi selon nous au fait que la littérature ne propose que peu d'éléments comparant les résultats de différents modèles (même si des projets comme Plainsud ont permis de comparer Urbansim et Pirandello sur deux projets d'infrastructures de type tram et tram-train ; le projet européen Propolis a testé les modèles Meplan, Irpud et TRANUS sur 7 villes, avec un modèle par ville). Généralement, la partie du choix entre différents modèles qui est réalisé au début d'un projet qui s'intéresse à la modélisation repose sur l'architecture théorique du modèle. Cela s'explique de différentes façons : les prédictions se faisant à long terme, le recul nécessaire pour juger n'est pas toujours disponible; la comparaison de la performance des modèles nécessite une méthodologie spécifique assez lourde alors que les moyens sont plutôt utilisés à l'amélioration de ces modèles ; la documentation des applications n'est pas toujours suffisante, en particulier sur la question de la calibration et de la validation. La comparaison pose à la fois des problèmes pratiques – des modèles ayant des architectures différentes seront implémentés différemment (données, mode de calibration), les modèles de transport auront des maillages et des caractéristiques légèrement différentes… – et des problèmes théoriques – que pouvons nous rigoureusement comparer en sortie ? – qu'il n'est pas aisé de résoudre. En effet comme le notent non sans humour (Hunt et al, 2001) dans leur exercice de comparaison de modèles (Dram/Empal, Meplan, TRANUS, Sacmet) sur la ville de Sacramento où ces difficultés ont été identifiées : « Predicting the future of a city is a bit of a fool's game – there is really no hope that a mathematical model can ever accurately predict what will happen 25 years in the future given all the uncertainty in demographics, national economies, technological shifts and social changes. If land use modelers could accurately predict the future form of a city they would all spend their time on real estate speculation, not planning!". Dans ce contexte d'incertitude, on peut comprendre que la complexité soit préférée comme gage de fiabilité. Une voie de sortie pour permettre la comparaison serait, selon ces auteurs, de faire des tirs de Monte Carlo (faire des centaines de tests avec des variables aléatoires pour les entrées incertaines) avec les quatre modèles. Ainsi des fourchettes possibles seraient identifiées pour estimer l'impact d'une politique et pourraient être comparées.

Sous-conclusion 5.1 : Nous retenons plusieurs éléments clés pour notre choix de modèle : la complexité n'est pas forcément l'assurance d'un meilleur outil d'aide à la décision ; le choix d'un modèle ne doit pas se confondre avec la recherche d'un outil neutre d'information de la planification, cette neutralité n'est pas possible ; l'utilité d'un modèle dans un exercice de prospective ne provient pas uniquement de sa architecture théorique et de ses capacités techniques mais aussi de sa méthodologie d'application.

5.2 Des modèles plus simples.

Beaucoup de ressources sont dédiés à ce développement de modèles complexes selon (Hardy, 2011, p4).Dans le même temps, le constat, d'une part de la lourdeur de traitement des données nécessitées par les LUTI et de la complexité de la tâche de modélisation, d'autre part de l'importance de s'adapter au processus de prise de décision avec un outil opérationnel, suscitent un intérêt croissant pour une

modélisation plus simple, (Ewing et Bartholomew, 2009[94] ; Klosterman, 2012 ; Gregor 2003 ; Pfaffenbichler, Emberger et Shepherd, 2008). Pfaffenbichler, avec son modèle Mars, a voulu mettre au point un modèle « stratégique » agrégé, plus facile à mettre en place et plus simple à comprendre pour les décideurs. Ce courant concentre toutefois moins d'attention et de moyens selon (Hardy, 2011). Cet auteur va chercher à montrer dans ses travaux, les apports que peut avoir un modèle simple pour la planification en utilisant le modèle Mars pour le territoire de Washington DC.

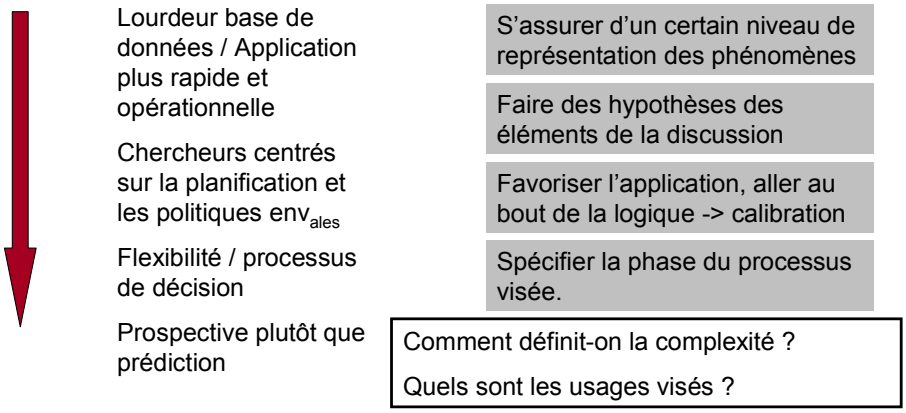


Figure 40 : la logique de la simplification et ses limites

Derrière ce courant, on peut penser que la motivation provient davantage du besoin de planifier et de disposer d'outils permettant d'apporter les informations nécessaires. Le profil des chercheurs rentrent très probablement en ligne de compte : il détermine les savoir-faire (en particulier technique) et les motivations. Les chercheurs du premier courant ont bien sûr aussi cet objectif de servir la planification, mais leur pratique part probablement davantage du phénomène à modéliser. Une hypothèse serait que lorsqu'on part du processus de décision, les outils souhaités auront tendance à être plus simple et flexible, on visera davantage un outil plus rapide à mettre en place. Cela s'illustre dans le raisonnement de Hardy (2011) en s'appuyant sur (Mostashari and Sussman 2005) : "*In fact, if a goal of the planning process is to better engage stakeholders, then creating ITLUM tools that are better accessible to stakeholders and decision makers alike may be a useful exercise*". A contrario, lorsqu'on part du phénomène et des sciences de modélisation, la complexité du monde inciterait au développement d'outils complexes. Cela rejoint le constat de Nguyen-Luong cité précédemment sur les complexités non-essentielles développées pour Urbansim. Par ailleurs, l'objectif des modèles simples est probablement moins de prévoir (ce qui nécessite un grand niveau de représentativité des phénomènes) que de pouvoir être utilisé en prospective, comme support à une réflexion.

La critique généralement faite à un modèle simple est son manque de précision dans sa représentation des phénomènes, que ce soit du fait de manques théoriques (la simplification implique par exemple de reposer sur des équilibres) ou de manques empiriques (maillage moins précis, secteurs agrégés…par exemple pour le modèle Mars, il n'y a pas l'étape *trip assignement* dans le

[94] "*Although recent state-of-the-art land use models have theoretical and practical advantages over more traditional spatial interaction models, they also are dramatically more complex and data intensive. As a consequence, there is growing interest in simple, basic models that can be deployed easily in decision-making contexts*." (Ewing et Bartholomew, 2009)

modèle transport, le modèle reste à un niveau agrégé, ce qui lui permet par contre de *tourner* beaucoup plus vite). Nous pouvons ajouter que la mise en place de modèles simples, pour éviter les critiques que l'on a faite aux modèles complexes, doivent remplir un certain nombre de conditions : profiter du fait que le nombre d'hypothèses et de variable est moins important pour en faire des éléments de discussion utiles à la planification ; aller jusqu'au bout de la logique de simplification de leur mise en place en rendant plus facile la calibration, qui reste généralement délicate (Hardy par exemple a rencontré des difficultés importantes lors de la calibration de Mars).

Sous-conclusion : Nous retenons qu'il existe une dynamique de recherche prenant le contre-pied de la complexité et vise à des modèles plus simples. Ces différences de dynamiques s'expliquent probablement par des objectifs différents quant à la recherche en modélisation. Pour aller plus loin dans cette analyse du niveau de complexité souhaité, après avoir identifié deux grands courants et expliqué leur rationalité de manière stylisée, il s'agit maintenant de tenter de décrire ce que l'on s'est contenté d'appeler jusqu'à maintenant *simple* et *complexe.*

5.3 Quelle définition de la complexité ? Quel niveau d'opérationnalité ?

Il n'existe pas dans la littérature de définition partagée par tous pour le niveau de complexité des modèles. Ce critère n'est généralement pas utilisé explicitement pour les différentes typologies : on préfère distribuer les différents modèles selon leurs spécificités (caractéristique du modèle transport, fonctionnement en équilibre ou dynamique, micro- simulation ou agrégation, spécificité théorique).

Nous proposons cette représentation de la complexité à partir de (Hardy, 2011) et (Klosterman, 2012) (**Figure 41**). Tout d'abord il nous parait important de rappeler que la complexité est déterminée à la fois pas la structure théorique et par les choix de l'application. En effet les revues de la littérature abordent assez peu l'application des modèles, la comparaison des architectures théoriques des modèles représentant déjà un travail redoutable. Or la complexité dépend bien de ces deux aspects.

La structure théorique du modèle détermine en partie la quantité de données nécessaires : on pense ici au choix entre microsimulation et modélisation agrégée. Mais la quantité de données va aussi être impactée par les choix faits lors de l'application - la précision du maillage, le nombre de secteurs économiques, les types de ménages – ces éléments sont généralement réglables, même si les marges de manœuvre varient entre les modèles. Un modèle comme TRANUS, disposant d'une structure très générale, laisse toutes les marges de manœuvre nécessaire quant à la définition de l'application.

La structure théorique détermine aussi le nombre d'équations à satisfaire et le nombre de boucles outputs-inputs existantes au sein même du modèle. Cette dimension de la complexité est clé : l'utilisation du modèle pour un territoire donné nécessite de satisfaire l'ensemble de ces contraintes. Cela a une incidence importante sur la calibration du modèle. Toutefois certains modèle sont modulables et on peut faire le choix durant l'application de ne pas utiliser tous les sous-modèles, c'est le cas d'Urbansim par exemple.

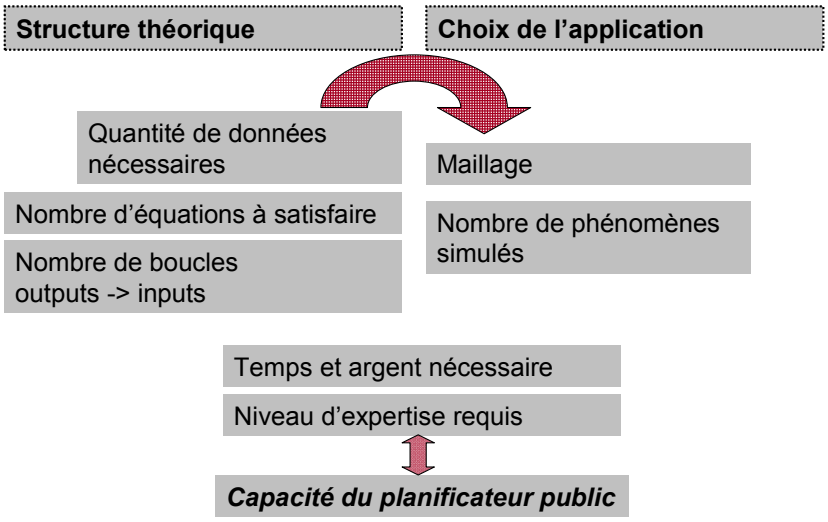


Figure 41 : une représentation de la complexité

Un indicateur de complexité peut aussi reposer sur la quantité de temps et d'argent nécessaire et le niveau d'expertise requis pour mettre en place le modèle. Cet indicateur est bien sûr déterminé par les éléments décrits précédemment, mais d'autre s'y ajoutent : qualité de l'interface, qualité de la documentation, facilité à calibrer le modèle, nombre d'applications passées du modèle sur lesquelles s'appuyer. Enfin, ce niveau de complexité ne prend réellement son sens que lorsqu'il est confronté aux capacités de l'agence de planification (*end-user*).

De cette confrontation ressort **le niveau d'opérationnalité du modèle.** Le niveau d'opérationnalité n'est aujourd'hui pas suffisant en France, les modèles urbanisme transport restent dans les mains des chercheurs, ils ne sont pas encore utilisés par des professionnels capables de les mettre relativement facilement à disposition des collectivités (Nguyen-Long, 2012). Plus largement pour Iacono, et al. (2008), pour les nouveaux modèles comme pour les anciens « calibration is still a daunting task ». Alors même que de nombreux acteurs sont habitué aux modèles de trafic (planificateurs, bureaux d'études, agences d'urbanisme, services techniques de l'Etat, services de transport et d'urbanisme des villes et des collectivités territoriales, exploitants et autres autorités organisatrices des transports….), et qu'il existe une certaine demande pour les LUTI, le manque d'un cadre bien formalisé pour leur utilisation et d'une obligation juridique (via l'instruction cadre pour l'évaluation des infrastructures de transport par exemple), jouent en leur défaveur (Nguyen-Luong, 2012). Le premier appel d'offre français (hors recherche) date seulement de 2011 pour le Grand Paris, et « le bilan de ces travaux n'est pas très positif quant à l'application des modèles LUTI en l'état actuel et a constitué une douche froide pour les praticiens, qui pouvaient s'interroger sur l'opérationnalité et la prise en main des modèles LUTI. » (Nguyen-Luong, 2012)[95]. Il y a donc un certain retard en France dans

[95] Des discussions sur ce thème ont eu lieu lors d'un séminaire dédié à Tranus, le 7 décembre 2012, au Conseil d'analyse Stratégique, du fait de la présence de J.C.Prager, le directeur des études économiques pour le Grand Paris. Elles ont confirmées la difficulté pour obtenir un ensemble cohérent de résultat avec les trois modèles, cela a entrainé une certaine difficulté dans l'analyse finale et a montré le manque de cadre permettant de formaliser la mise en place de ces modèles.

l'utilisation de ces modèles, retard qu'un certain nombre de projets de recherche récents cherchent à combler.

De même aux Etats-Unis, Hardy considère que certains LUTI restent hors de portée de nombreuses villes : « *The ITLUM tools being created are often complex in nature requiring large amounts of detailed data, resources (time and money), functionality, and expertise. Unfortunately, many of the more complex tools are not easily accessible by many planning agencies in the U.S*." (p5) même si les plus grandes agglomérations sont généralement équipées[96]. Le rapport Aashto[97] (2007) confirme que les LUTI sont rarement utilisés, du fait de l'importance des ressources nécessaires, et souligne l'enjeu de rendre les LUTI plus simples et rapides à mettre en place. Ce rapport identifie "*a gulf between the findings of a few researchers on indirect land use effects, published primarily in scholarly journals, and the world of packaged models used by MPO and state DOT practitioners*.", qu'il s'agit de contribuer à réduire. L'usage des LUTI est conseillé pour les aires de plus d'un millions d'habitants (environ 40 MPO) mais pas pour les plus petites qui devraient utilisées des outils plus simples. Il y a clairement une question de capacité limitée pour le développement de la modélisation (Government Accountability Office, 2009). Leur impact sur la planification américaine n'est pas non plus clair : "*The current literature is not clear as to what role computer modeling tools can have in the context of metropolitan planning in the U.S*" (Hardy, 2011, p7) et les méthodologies ne sont pas encore stabilisées et standardisées selon (Ewing et Bartholomew, 2009)[98], en particulier, il est clair que l'usage des modèles n'est pas automatique car des panels d'experts sont aussi souvent sollicités.

Pourtant le constat de Nguyen-Luong (2012) est que la pertinence théorique de ces modèles est bonne et suffisante pour passer à une application opérationnelle (son travail s'applique à Urbansim), même si de nombreux points peuvent être améliorés. La conclusion qu'il en tire est que les efforts doivent être concentrés vers l'amélioration de la prise en main de ces modèles, que ce soit en termes d'interface ou d'articulation des différentes composantes, et qu'il est nécessaire de « renforcer le dialogue entre les ingénieurs-modélisateurs et les experts-métiers sectoriels ou disciplinaires de l'aménagement (démographes, économistes, spécialistes du logement, urbanistes, géographes) ». Il identifie une direction qui n'irait pas vers une complexité croissante mais plutôt vers un renforcement des capacités d'opérationnalisation de ces modèles. L'objectif est de réduire les deux dernières dimensions de la complexité : ressources et expertises nécessaires.

Cette volonté d'améliorer l'opérationnalité des modèles LUTI est à la base du projet ANR CITIES. Ce projet fait suite à la collaboration entre l'auteur et l'équipe Steep de l'Inria durant l'application de TRANUS, en particulier sur la question de la calibration du modèle. Ce projet, qui a débuté en janvier 2013, est coordonné par E.Prados de l'Inria Grenoble. Il réunit quasiment toutes les équipes de recherche française s'intéressant au LUTI (LET, LVMT, IAU, Pirandello, Iffstar, Irtes), l'Agence

---

[96] (Ewing et Bartholomew, 2009) expliquent que Baltimore-Washington n'ont pas de modèle land use, ce qui est remarquable pour une si grande agglomération

[97] American Association of State Highway and Transportation Officials (Aashto), Metropolitan Planning Organization (MPO), Departement of Transportation (DOT)

[98] "*The review notes that despite the large number of guidance documents, the assessment of highway-induced development remains "a largely ad-hoc field lacking focused guidance and research-based understanding of land use responses to transportation improvements. The AASHTO review classifies current methods into two broad categories: qualitative approaches, including those utilizing expert panels, and quantitative approaches such as formal land use models*." (Ewing et Bartholomew, 2009)

d'urbanisme de la région grenobloise ainsi que deux équipes de l'Inria (chercheurs en mathématiques appliquées et informatique). Son objectif est d'améliorer l'opérationnalité de ces modèles en améliorant les processus de calibration et de validation et en formalisant les cadres d'application (documentation, interaction avec utilisateur final…). Il part d'un constat analogue à celui fait par Nguyen-Luong (2012), la priorité va aujourd'hui à l'amélioration des modèles existants afin qu'ils soient plus facilement utilisable par les utilisateurs potentiels (par exemple agence d'urbanisme), en particulier concernant la calibration et la validation des modèles. En effet le besoin de développer des outils semi-automatiques de calibration est déjà souligné par (Abraham, 2000) afin de rendre plus précis la calibration mais aussi de limiter le recours à des routines d'essais-erreurs. Les équipes de mathématiciens ont un rôle clé à jouer pour atteindre ces objectifs car les modélisateurs n'ont pas toujours les compétences nécessaires pour développer ces outils. Nous reviendrons sur ce projet dans la partie dédiée à la calibration et la validation.

Sous-conclusion : la complexité ne se définit pas uniquement par la structure théorique du modèle mais aussi par les choix faits durant l'application ; elle ne prend tout son sens que lorsqu'elle est confrontée aux capacités du modélisateur et de l'utilisateur final et la notion d'opérationnalité émerge alors. Le défi de renforcer l'opérationnalité est probablement plus important que celui de sophistiquer les modèles, et cela passe par l'amélioration des étapes de calibration et de validation et par une meilleure articulation entre les capacités et besoins des planificateurs et les outils de simulation. Un des éléments de notre cahier des charges est de reposer le plus possible sur un modèle opérationnel (voir de contribuer à améliorer cet aspect), afin de pouvoir produire des éléments utiles à court terme. Avant de conclure sur le choix proprement dit du modèle, nous allons examiner un dernier élément, qui va nous permettre de mieux faire le lien entre la modélisation et la planification.

5.4 Pourquoi fait-on des modèles ? Comment les utilise-t-on ?

Comme expliqué au début de cette partie 5, nous avons ici un double objectif, celui de mieux comprendre comment les modèles sont utilisés pour la planification et celui de choisir l'outil qui correspond le mieux à notre problématique. Ces deux objectifs sont complémentaires car mieux comprendre comment la modélisation peut être utile à la planification nous apporte des éléments sur l'outil que nous souhaitons, mais aussi sur les choix d'application que nous devrons faire.

Iacono, et al. (2008), en faisant le bilan de leur revue de la littérature apportent un élément intéressant pour comprendre les objectifs des modèles : " *In reflecting on the experience with the first generation of models nearly three decades ago, Batty (1979) noted that models should be evaluated in terms of their contribution to both science and design (i.e., policy). Many of the earliest models were failures on both accounts, though there has arguably been some success on the science side since then*.". On retrouve bien ici deux motivations à la création de modèle, elles ne sont pas présentées ici comme contradictoires, mais comme deux faces d'un même exercice. En particulier, ils identifient un point largement à la source du développement des modèles complexes : « *Models continue to represent an important means of testing theories and developing knowledge about the behavior of urban systems*" (Iacono, et al., 2008) et cela constitue une part importante de la motivation de nombreux chercheurs. **Notre cahier des charges nous oriente clairement vers la dimension « design of policy », elle est celle qui est au cœur de notre travail.** Il s'agit alors de mieux comprendre comment le modèle

peut aider les planificateurs et les preneurs de décision. Plusieurs auteurs permettent d'aborder cette question de l'utilisation de la modélisation pour la décision ce qui va nous aider à choisir le modèle que l'on souhaite et à comprendre le rôle de la modélisation dans la planification.

5.4.1 La complexité : une nécessité mais un risque d'effet boite noire.

Nous avons vu plus haut le dilemme qu'identifie Timmermans (2003) : un modèle simple n'est pas assez pertinent pour représenter la complexité urbaine et informer les processus de décision, mais un modèle complexe (au-delà de la difficulté de son application) apparait souvent comme une boite noire, ce qui limite sa capacité à informer le preneur de décision. Still, May et Bristow (1999) apportent des éléments complémentaires. En effet, en comparant une méthode de panel (Delphi), un modèle land use statique très simple et un modèle plus complexe (Delta-Start, modèle de micro-simulation basé sur l'activité) sur des cas pratiques, les auteurs montrent que le panel de *planners* confronté à ces trois méthodes ont des exigences qui ne sont pas toujours compatibles. Un certain niveau de complexité est nécessaire afin d'être pertinent théoriquement et de ne pas recourir à une trop grande stylisation (ou à une trop grande simplification, qu'un non modélisateur est bien capable d'identifier). Cela renforce selon les auteurs la transparence du modèle et la compréhension que les *planners* peuvent en avoir. Par ailleurs, la disponibilité de davantage d'indicateurs et d'une meilleure résolution spatiale facilite la compréhension de la modélisation et l'explication des sorties de la simulation (plus d'éléments disponibles pour expliquer le résultat). Néanmoins les auteurs soulignent que si le modèle est trop complexe pour les *planners*, alors la confiance peut être perdue et le modèle être perçu comme une boite noire. Pour éviter cela, "*a great deal of interaction is necessary between the modelling team and planner clients during complex model-based projects to explain the operation of the models*". Enfin la méthode du panel d'expert peut paraître peu transparente et relativement limitée (Still, et al., 1999) et sa fiabilité peut être diminuée par un certain nombre de facteurs détaillés par Ewing et Bartholomew (2009).

5.4.2 La demande de toujours plus de complexité.

Sager et Ravlum (2005) s'intéressent à l'utilisation des résultats produits par les modèles et par les planificateurs par les preneurs de décision et identifient une difficulté pour les modélisateurs. Leur étude confirme l'analyse de March (1994) "*[d]ecision makers gather information and do not use it; ask for more and ignore it; make decisions first and look for relevant information afterwards; gather and process a great deal of information that has little or no direct relevance to decisions"*. De plus Sager et Ravlum (2005) identifient une spirale négative qui conduit à complexifier la modélisation sans pour autant améliorer sa percolation dans les décisions. A partir de leur étude empirique, les auteurs considèrent que les décideurs ne souhaitent pas être liés aux résultats de la modélisation, ils souhaitent conserver une marge de manœuvre politique et ne pas suivre les enseignements des modèles. Afin de justifier cette attitude, il est facile pour eux d'appeler à l'amélioration des modèles, ceux-ci étant par définition perfectibles. Mais malgré l'amélioration, ils pourront toujours arguer que le modèle n'est pas parfaitement fiable et repousser la prise en compte des résultats à leur amélioration.

5.4.3 L'importance de l'implication des parties prenantes.

Mostashari et Sussman (2005) s'intéressent à l'interface science-décision dans le cas des stratégies d'amélioration de la qualité de l'air à Mexico. Ils partent du constat suivant: "*there is increased concern that by its inability to reach out to stakeholders, science does not have a significant impact on the dynamics of the decision-making*". Dans leur expérience pour la question de la qualité de l'air à Mexico, ils ont pu observer que beaucoup de politiques n'ont pas été mises en place malgré le fait que la preuve de leur efficacité ait été prouvée par des modèles sophistiqués. La solution identifiée par les auteurs et testée sur ce cas, est d'engager les stakeholders dans le processus dès le début, en trouvant un moyen d'incorporer leurs analyses et savoirs dans le modèle, par exemple pour le choix des hypothèses, sans toutefois « *undermine its scientific credibility* ». Cela représente un défi pour la modélisation: "*The challenge is to create a model that sufficiently represents the complexity of the system, while still being understood by all the participants who are involved in the modelling process, and produce reasonable and useful recommendations*", identique à celui qu'identifie Still, et al. (1999) d'arriver à maximiser le pouvoir explicatif des outils tout en minimisant la complexité. Ewing et Bartholomew (2009), font un travail de comparaison comparable à Still entre un modèle simple (dram/empal) et un panel d'expert. Ils se placent dans une situation où les ressources ne sont pas disponibles pour appliquer un LUTI sur le territoire. Ils concluent que ces deux méthodes sont nécessaires pour conduire l'analyse des projets en jeu : ils donnent des conclusions largement divergentes et seul le dialogue entre ces deux méthodes permettrait une analyse crédible. Cela montre l'importance de l'articulation entre la simulation et la planification.

On peut retirer deux enseignements de ces différents éléments : d'une part la notion compromis en termes de complexité parait essentielle ; d'autre part, la question de l'utilisation du modèle pour la décision repose la question de la nature de la planification et du rôle des non-modélisateurs pour la réussite de la modélisation.

5.4.4 Au delà de la complexité, quel usage pour quelle planification ?

Klosterman (2012) permet de relativiser et d'élargir ce débat entre modèles simples et modèles complexes : il n'y a pas de modèles vrais de manière absolue, par définition tous sont faux et réducteurs, mais certains sont utiles, pour une certaine tâche. Il s'agit alors avant tout d'avoir le bon modèle pour l'usage que l'on en fait. L'usage que discute Klosterman est celui d'aider les « planners » à « comprendre le présent et préparer le futur » et il privilégie une modélisation plus simple. Il se positionne davantage sur une approche où la planification accepte sa dimension politique[99], et où le modèle sert à préparer des scénarios, « s*uggesting what the future might be* », plutôt que prévoir ce qu'il sera, et récuse l'idée d'une planification neutre. Cela rejoint Wachs (2001), qui considère que la prévision seule ne suffit pas pour réellement guider la planification, car « *Forecasting is almost the opposite of visionary thinking.* », alors que celle-ci devrait pourtant être au cœur de la planification. En distinguant 4 catégories de prises de décision, Hardy permet de bien préciser ce que l'on attend de la simulation, entre objectif stratégique et objectif programmatique.

[99] Pour Webber (1969) "*planning is inside the political system*".

➔ « *Policy development* »: qui consiste en une exploration large des différentes stratégies et alternatives qui s'offrent à un territoire

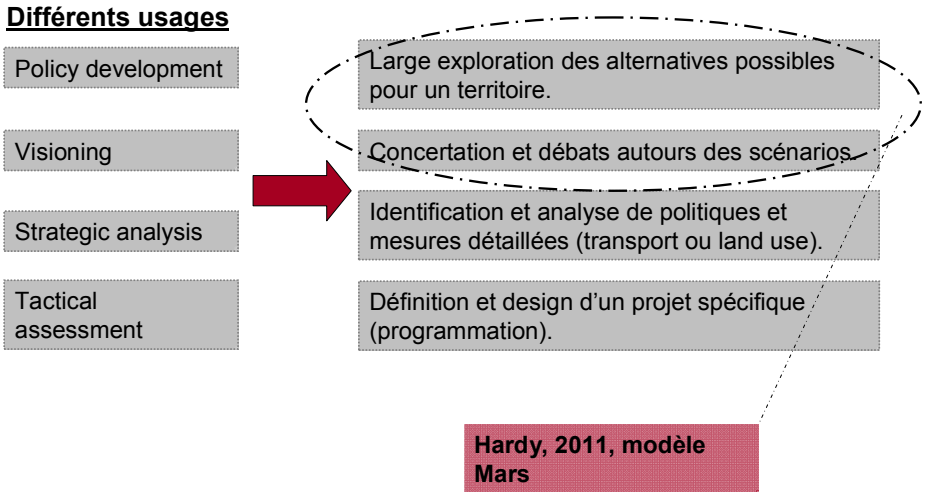
➔ « *Visioning* » : qui consiste en la concertation avec les stakeholders, l'objectif est d'obtenir des retours sur différents scénarios

➔ « *Strategic analysis* » : qui consiste en l'identification et analyse de politiques détaillés (transport ou land use)

➔ « *Tactical assessment* » : qui consiste en la définition et le design d'un projet spécifique (programmation).

Ses recherches montrent que les preneurs de décisions souhaitent un outil simple pour informer les deux premières étapes et Mars est alors un outil adapté (p179). Surmonter les difficultés identifiées entre modèle simple/complexe consisterait donc à segmenter les différents usages que peut avoir la modélisation pour informer la planification. Wagner et Wegener (2007) parlent dans le même ordre d'idées de « *multi-level models* », il apparait que différents modèles, avec différents niveaux de complexité, peuvent être utilisés pour les différentes étapes de la planification. Cette idée est particulièrement présente dans le travail de Hardy.

Figure 42 : les différents usages d'une modélisation urbanisme-transport



Source : auteur à partir de (Hardy, 2011)

Au final, il est clair que ni la simplicité ni la complexité ne sont un gage d'utilisation et d'influence des résultats de la simulation dans la prise de décision. Les modèles trop simples sont trop stylisés, ils ne produisent pas assez d'indicateurs, leur simplicité n'apporte pas forcément une crédibilité théorique suffisante. Les modèles complexes peuvent apparaitre comme des boites noires, et avec le nombre croissant d'hypothèses et de variables, il est difficile de se garantir d'erreurs. Ce défi ne peut se résoudre que dans l'articulation entre la simulation et le processus de planification, dans la confrontation avec ceux qui vont participer, directement ou indirectement à la décision, pour un usage donné. Il est clé de trouver un compromis entre le niveau de complexité du modèle, la capacité des end-users et la question posée.

Le rôle de la modélisation et le choix d'un modèle ne peuvent donc se comprendre que par la réinterrogation de ce qu'est la planification, et c'est bien là le sens du propos de Klosterman :« *The choice between these modeling approaches reflects more fundamental assumptions about the limits of science, the role of the public in policy making, and the nature of planning* ». Le rôle du *planner* n'est pas de tenter de prévoir ce que sera le futur mais d'informer le processus de choix. La démarche qui se dessine ici est bien celle de la prospective et de la planification stratégique développée dans le Chapitre 2. L'idée d'une modélisation relativement simple, pouvant transformer les hypothèses, en nombres limitées, en levier, et ainsi redonner de la marge manœuvre pour son utilisation dans la planification, parait plus cohérent avec notre démarche que l'idée d'une modélisation complexe, animée par un objectif de prévision avec l'hypothèse que la science, aidée par la puissance des ordinateurs, le permet de manière neutre. L'objectif n'est pas de prévoir mais de se donner les moyens de construire un futur désirable, et de le faire dans un contexte multi-acteurs. Du fait de la nature de la planification, la modélisation transport-usage des sols ne peut être qu'une des composantes informant les processus de décision.

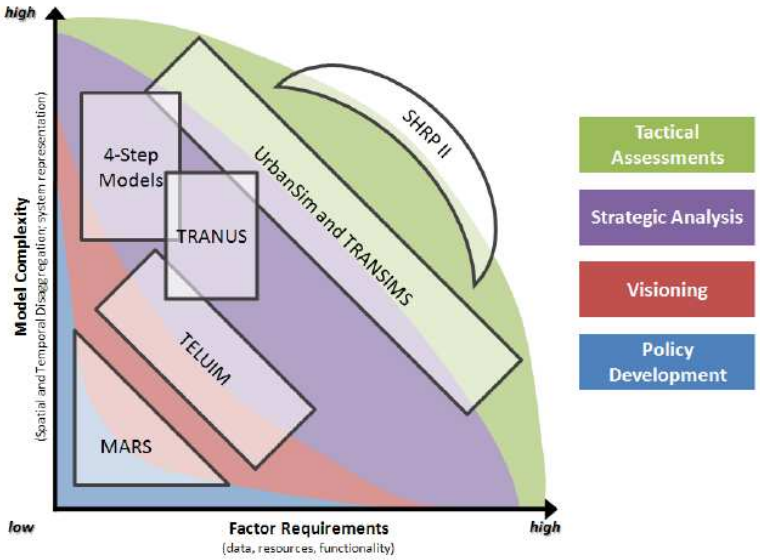
5.5 Choix du modèle, spécification du cahier des charges.

- ➔ Spécification en termes d'usage : à partir de la **Figure 42** nous considérons le niveau 3 : identification et analyse de politiques et mesures détaillés, c'est une exigence pour le calcul des coûts d'abattement ; et le niveau 2 car la discussion sur les scénarios nous parait un préalable à la prospective bas-carbone.
- ➔ Nous avons besoin d'un modèle intégré car nous souhaitons pouvoir produire notre propre modèle de transport assez facilement, c'est-à-dire en pouvant choisir le niveau de détail adéquat (par rapport à un modèle trafic par exemple).
- ➔ Nous cherchons un modèle opérationnel, et non pas un modèle qui serait encore un sujet de recherche en économie urbaine et en voie de développement mais un modèle déjà utilisé, pour lequel existe une communauté et un retour d'expérience. La micro-simulation reste un objet de recherche, même si Urbansim a déjà été appliqué aux Etats-Unis, nous ne sommes pas encore au niveau d'utilisation de modèles comme Meplan, Dram/Empal ou TRANUS. Le retour d'expérience de Nguyen-Luong dans le projet Ultisim, utilisateur d'Urbansim en Ile de France nous fait renoncer à ce type de modèle (Urbansim n'est pas un LUTI, il doit être couplé à un modèle de transport et ce couplage est encore pour le moment « artisanal » : mise en correspondance des maillages, des motifs de déplacements et des activités… ; il n'est pas très bien adapté aux villes européennes ; il est très difficile de faire interagir les sous-modèles entre eux, on calibre chaque sous-modèle mais la calibration de l'ensemble est très complexe : cela « ne favorise pas l'opérationnalité » ; il s'avère très exigeant en termes de données). Notre objet de recherche premier est l'analyse économique de la planification urbaine et non la modélisation en tant que telle, par ailleurs dans le cadre de notre travail de doctorat et des limites inhérentes, nous souhaitons un modèle plus opérationnel et facile à mettre en place.
- ➔ Enfin, suite à ce développement sur le niveau de complexité, il semble clair que nous cherchons un modèle présentant un entre-deux de complexité. Nous avons vu les difficultés

que représentent les modèles complexes, en particulier de micro-simulation, ils n'ont pas notre préférence. Dans le même temps, la nécessité de produire des coûts d'abattement robustes nous oblige à un certain niveau de détail pour la représentation du transport. Ce niveau de détail pour le transport doit aller de pair avec une certaine désagrégation du modèle land-use. Nous ne pouvons donc pas reposer sur un modèle trop simple. Par exemple le modèle Mars repose sur une logique agrégée. Ainsi ce modèle n'inclut pas l'étape d'assignation des déplacements, car cette étape est généralement gourmande en calcul, mais repose simplement sur des relations agrégées flux-vitesse pour tous les couples origine-destination (Pfaffenbichler, et al., 2008). Il n'y a pas une représentation détaillée du choix d'itinéraires, ce qui limite la précision des résultats en termes de temps de transport et de congestion. Au final, cela limite fortement la capacité à tester des politiques de transport à une échelle fine, ce qui nous est nécessaire.

TRANUS nous semble répondre au cahier des charges. Nous avons vu qu'il reposait sur des bases théoriques solides et comme les autres LUTI quasi-dynamiques, qu'il répondait à nos besoins de prospective. De plus, il représente selon nous un entre-deux en termes de complexité ce qui est confirmé par Hardy (2011) qui a construit des diagrammes de complexité (voir **Figure 43**). Ce jugement en termes de complexité est bien sûr toujours discutable, Klosterman (2012) par exemple, semble plutôt mettre TRANUS dans la catégorie des modèles complexes car sa propre activité de modélisation se fait avec un modèle très simple.

Figure 43 : Diagramme regroupant niveau de complexité des modèles et types d'usages



Source : (Hardy, 2011, p196)

Il s'agit de juger TRANUS par rapport à notre propre grille de complexité :

- ➔ Modèle intégré : connexion parfaite entre module usage des sols et module transport
- ➔ Nombre d'équations : moyen, car les équations sont générales et on n'utilise pas de sous-modules spécifiques.
- ➔ Niveau agrégé et non micro simulation

- ➔ Grande liberté pour choisir la structure de l'application (nombre de secteurs, maillage)
- ➔ Niveau d'expertise et quantité de travail nécessaire pour le mettre en place : cela semble faisable dans le cadre d'une thèse (cf. Thèse de B.Lefèvre) même si l'unique tentative d'application en France (Lyon) s'est soldée par un échec du fait de la difficulté à calibrer (Du Crest, 1999).
- ➔ Possibilité de travailler avec T. De la Barra et plus largement une communauté d'utilisateurs communique via un google.group pour apport son support aux modélisateurs novices.
- ➔ Ce modèle est Open Source, il est donc téléchargeable gratuitement ce qui n'est pas le cas de tous les modèles.

Avec Meplan, il est le modèle LUTI le plus utilisé dans le monde, TRANUS se distingue par un module de transport sophistiqué basé sur des choix combinant mode et route (Iacono, et al., 2008). En termes d'usage, par rapport aux 4 points identifiés par Hardy, TRANUS semble pertinent pour le point 3, il est moins précis qu'un modèle trafic pour faire la programmation d'une ligne de tramway par exemple (ce qui constituerait un point 4), il est toutefois assez puissant pour analyser des mesures détaillés. Le premier point nécessite de construire beaucoup d'alternatives, et cela peut se révéler difficile car TRANUS est plus complexe qu'un modèle comme Mars. Toutefois à partir du moment où le modèle est calibré, la mise en place de scénario n'est pas trop lourde. Ce qui laisse à penser qu'il sera adapté pour la phase 2. Nous reviendrons sur cette discussion simple/complexe pour TRANUS lorsque nous ferons le point sur notre application et son utilisation pour la planification à la fin du chapitre 7.

6. TRANUS : un outil au service de la planification.

Dans cette sous-partie, nous décrivons le modèle urbanisme-transport TRANUS. Nous présenterons successivement les choix fait lors de l'application de TRANUS, en termes de périmètre, de maillage, de secteurs pris en comptes, des types de ménage, de période de simulation, de représentation des marchés fonciers et immobiliers, de traitement de données. Nous montrerons l'importance de la cohérence entre les choix de l'application, les caractéristiques théoriques et les problématiques visées. Enfin nous décrirons la méthode de calibration des modules usage des sols et des modules transport.

6.1 Présentation générale de TRANUS.

Le modèle TRANUS est un modèle intégré « Transports – Usages des Sols », de prévision quasi-dynamique, développé par de la Barra et Perez depuis 1982 (de la Barra, 1989). TRANUS est un logiciel en accès libre téléchargeable sur le site internet de Modelistica (www.modelistica.com). Avec Meplan, il est le modèle LUTI le plus utilisé dans le monde, TRANUS se distingue par un module de transport sophistiqué basé sur des choix combinant mode et route (Iacono, et al., 2008). Il présente par ailleurs différents avantages comme une interface windows facile d'utilisation, un accès libre du logiciel sur internet, une communauté d'utilisateurs très accessibles pour répondre aux interrogations

des jeunes chercheurs, et un concepteur-utilisateur toujours très actif pour l'utilisation et le développement de son modèle (Pr. T. De La Barra).

TRANUS est un modèle **quasi-dynamique**, car il évolue par pas de temps, **spatio-économiqu**e, car il est basé sur une matrice entrée sortie dite de Léontieff spatialisée ; **intégré** car il inclut modèle de transport et modèle d'usage des sols, **agrégé**, car on ne représente pas directement les agents mais des ensembles d'agents. TRANUS a été développé dans les années 70 et appliqué avec les débuts de l'informatique personnelle (¨Pr De La Barra a dès le début visé une application sur le premier PC d'IBM) au début des années 80. Meplan, Dram/Empal (Metrosim) sont des modèles comparables. Ces trois modèles sont les plus utilisés, particulièrement aux Etats-Unis pour Dram/Empal, Nicolas, 2005.

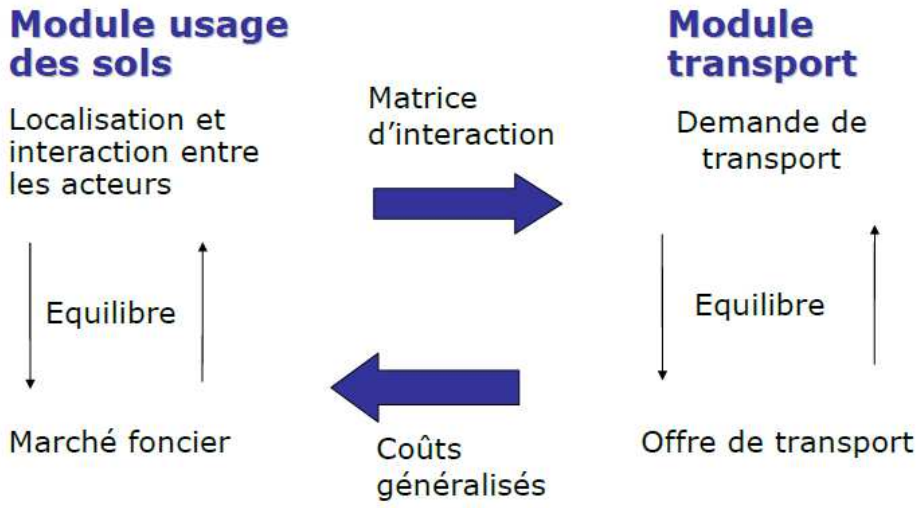


Figure 44 : Structure du modèle TRANUS.

TRANUS est un modèle économique probabiliste basé sur l'analyse économique classique du comportement des acteurs (utilité aléatoire et choix discrets): les ménages minimisent leurs budgets consolidés transport-logement, les entreprises minimisent les coûts de production. La compétition économique pour la localisation dans l'espace génère les prix fonciers et l'interaction spatiale entre les activités et la population engendre la demande de transport.

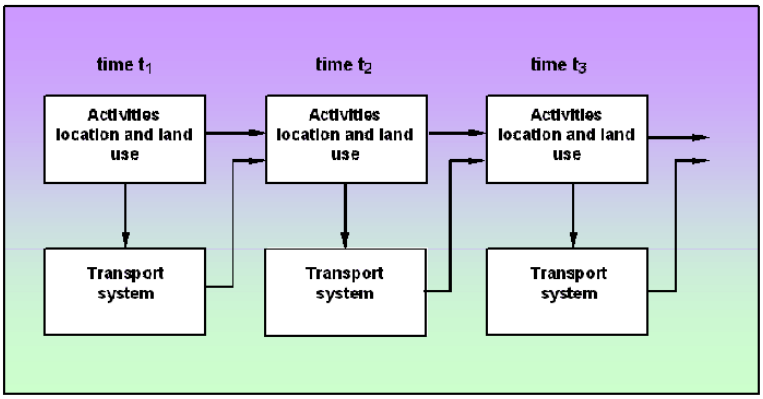
Le modèle comporte trois modules :

- **Un module « usage des sols »** détermine les localisations des activités et des individus selon une logique de marché qui repose sur des éléments quantitatifs et qualitatifs du tissu urbain. Le modèle atteint un premier équilibre sur le marché foncier, qui se caractérise – entre autres – par une demande d'interaction, et donc de mobilité.
- **Une interface** transforme les matrices origine-destination en matrice de demande de déplacements
- **Un module « transports »** définit, à partir d'une offre de réseau de transports, et à partir de la matrice de demande de déplacement, la matrice des flux de transport et des coûts de déplacements. Le modèle atteint un équilibre sur le marché des transports (vitesse, trafic), ce qui conduit à la formation des temps de déplacement et des coûts monétaires de déplacement. Ces coûts généralisés représentent l'accessibilité des différentes zones du territoire et sont injectés dans le module d'usage des sols en tant que facteurs des choix de localisation des ménages et

des activités. La simulation se fait généralement sur la pointe du matin, comme c'est le cas dans notre application (7h-10h).

Les accessibilités de la période 1 affectent les localisations des activités et des individus dans la période 2 car les différentes interactions des systèmes urbains se font à des temporalités différentes (Wegener, et al., 1999) (voir **Figure 45**). Le modèle est ainsi qualifié de pseudo-dynamique : il est capable de modéliser les évolutions dans le temps par ce jeu des interactions croisées entre les deux modules, par pas de 5 ans.

Figure 45 : modélisation dynamique et interaction transport - usage des sols



Source : Modelistica

TRANUS est un modèle de simulation et non d'optimisation, il ne recherche pas de solution optimale, il teste les conséquences d'actions sur l'état du système, sur une trajectoire de long terme. C'est un modèle agrégé, les ménages par exemple ont une taille moyenne pour toutes les zones, et il ne peut pas modéliser les contraintes que génèrent en termes de localisation le fait que les deux personnes d'un couple travaillent à des endroits différents du territoire. Il permet de tester des scénarios comprenant des politiques de transport et d'usage des sols et des instruments économiques.

Tableau 10 : Les types de politiques pouvant être testées avec TRANUS

Outils de transport pouvant être testés
Investissement dans les infrastructures de transport, amélioration des services de transport public (site propre, augmentation de la capacité des véhicules, du nombre de véhicule, etc.), réorganisation du réseau routier, construction de pistes cyclables, etc. Amélioration de l'intermodalité : intégration tarifaire, construction d'infrastructure d'intermodalité (park & ride), etc. Amélioration de l'efficacité énergétique des véhicules.
Politiques d'Usage des sols pouvant être testées
Au niveau des zones urbanisables : limitation ou extension des zones urbanisables Au niveau des modes d'urbanisation : politique de densification, de mixité sociale, de mixité fonctionnelle, etc.
Instruments économiques pouvant être testés
Péage urbain, taxe sur les carburants, tarification incitative du transport public, tarification du stationnement, système incitatif à l'usage de petit véhicule urbain économe en énergie, etc.

Pour appliquer TRANUS, plusieurs étapes sont nécessaires :

- Définir une structure spatiale adaptée aux questions posées dans l'exercice de recherche et vérifier que les données disponibles sont en adéquation avec cette structure.
- Définir les catégories d'emplois et de population permettant de correctement modéliser les phénomènes étudiés et vérifier que les données disponibles sont adaptées à ces catégories.
- Construire le réseau de transport à partir de données géo-référencées et d'une description de l'offre.
- Construire les bases de données économiques.
- Calibrer le modèle pour l'année de base

6.2 Les entrées et les sorties de TRANUS.

	Foncier/ Population	**Secteurs économiques**	**Réseau de transport**	**Mobilité**
Inputs	Surface de foncier ou de logement par catégorie et par zone du modèle, Prix Distribution des différents types de ménages (revenu ou autre), fonction de demande dans les différents secteurs, coefficient de substitution entre différents biens	Nombre d'emplois par type d'activités, les fonctions de demandes pour les autres secteurs économiques (représentation du transport de fret).	**Cartographie** et caractéristiques des infrastructures de transport routier et TC (vitesse autorisée, capacité, courbe débit-vitesse pour congestion, coût de péage, coût d'entretien), caractéristiques de l'offre de mobilité : voitures particulières, modes non motorisés et TC (type d'opérateur, fréquence, vitesse, coût pour l'usager, coût d'exploitation, consommation d'énergie).	**Catégories de passagers** : fonctions de préférences entre les différents modes, valorisation du temps, taux de motorisation, élasticité de la demande de déplacement, taux maximum et minimum de génération de déplacement, niveau moyen d'occupation des voitures.
Inputs dans scénarios	Evolution de l'offre de foncier sur le territoire, ce qui correspond à une évolution des PLU / croissance démographique des différents types de ménages, évolution possible de leur fonction de demande	Croissance des secteurs basiques et possible changement de leur localisation	Construction de nouvelles infrastructures ou changement de leurs caractéristiques du fait de travaux ou de changements de réglementation. Changement dans l'offre de transport (coût, fréquence des TC, changement de leur capacité…)	Evolution de leur fonction de préférence et des autres paramètres si des modifications de mobilité sont scénarisées.
Outputs de la simulation	niveau de consommation (total et moyen par ménage ou emploi) et prix du foncier ou du logement dans chaque zone./ répartition des ménages sur le territoire	Localisation des emplois	**Résultats financiers** des opérateurs de transport, niveau de fréquentation et de congestion.	Emissions de CO2, distances parcourues, modes utilisés, coût de la mobilité par type de déplacement ou par type de ménages ; temps de déplacement et temps d'attente, niveau de congestion et vitesse, énergie consommée, matrices origines-destination ;

Tableau 11 : les entrées et les sorties de TRANUS

TRANUS fonctionne avec un maillage du territoire en zone. Ce maillage est à définir à chaque utilisation : il peut être très fin si on travaille sur une ville dense ou beaucoup moins si on modélise une région ou un pays. Pour chacune des zones du territoire, il est nécessaire de définir un certain nombre d'inputs pour la mise en place du modèle à l'année de base et pour la prospective.

❖ ***La description détaillée de TRANUS et de ses équations est disponible en Annexe 1.***

Il s'agit maintenant d'expliquer comment dans la pratique, et à partir de ces éléments, il simule les dynamiques urbaines, en repartant de la question de l'usage du sol.

6.3 Spécification de l'application.

6.3.1 Caractérisation de l'usage des sols.

L'usage des sols se définit par :

- sa **localisation** : où consomme-t-on ; et cela est directement représenté par le modèle.
- sa **forme de consommation** : comment et avec quelle densité ? (par exemple maison individuelle, habitat intermédiaire, collectif…), le règlement d'urbanisme prescrit cette forme de consommation. Cela est simulé « à la main » par le modélisateur.
- sa **fonction ou son usage** : quel acteur économique ? (différents types de ménages, différents types d'activités économiques); cela est représenté directement par le modèle.
- la **nature du sol** : quoi ? (terrains agricoles, friches industrielles, dents creuses, logement dégradé…) ; cela fait partie de l'analyse complémentaire du modélisateur et n'est pas forcément directement représenté dans le modèle.

Tableau 12 : l'usage du sol, choix privé et choix public

Fonctionnement de TRANUS	Choix privé	Choix public
Localisation	Arbitrage entre l'attractivité des différentes zones, le coût de la localisation et la désutilité à se déplacer entre lieu de résidence et lieu de travail.	Offre de foncier ou non dans chaque zone de chaque commune. Construction d'infrastructure routière ou de transport en commun.
Forme de consommation	Préférences pour les différents types d'habitat.	Choix du coefficient d'occupation des sols.
Fonction ou usage	Pour les zones mixtes : compétition entre les acteurs économiques.	Réglementation du droit à construire : activité économique ou commerciale, résidentiel ou mixte.
Nature du sol		Passage en constructible des terrains agricoles, travail de traitement et de réaménagement d'un sol industriel.

La consommation de terre agricole dans les couronnes des airs urbaines pour la construction de maisons individuelles pour les ménages et de surface d'activités économiques pour des industries, des plates forme logistique ou des zones commerciales définit un phénomène d'étalement. Mais nous pouvons aussi nous trouver dans une situation de renouvellement urbain avec une consommation de

friches industrielles urbaines et de dents creuses pour construire des logements collectifs pour les ménages. Un modèle comme TRANUS considère que les évolutions d'usages des sols suivants ces 4 catégories sont le résultat de choix privés et publics, et que les conditions de la mobilité ont une influence sur ces choix. Les éléments dépendants de choix publics sont des choix de développement urbain et de droit de l'urbanisme. Ces mécanismes sont modélisés « à la main » dans TRANUS, et s'incarnent dans les choix de scénarios.

6.3.2 Un seul étage pour représenter la consommation du sol.

Dans notre application de TRANUS et généralement dans les autres applications de TRANUS, les marchés immobilier et foncier ne sont pas distingués (une tentative a été menée pour le cas de Swindon en Angleterre), il est simplement représenté la compétition pour la localisation spatiale entre les différents acteurs. On repose soit directement sur le foncier, soit directement sur des surfaces de logement. Il n'est donc pas simulé le comportement de promoteurs immobiliers, les choix d'expansion ou de renouvellement urbain sont faits par le modélisateur à chaque pas de temps et cela se justifie la façon suivante.

La première raison est que la simulation des mécanismes de transformation du sol en logement ou en local d'activité nécessite des données foncières importantes (surface urbanisée pour chaque type de logement et pour les activités économiques, coefficient d'occupation des sols) sur un large territoire. Ces données sont difficiles à obtenir et ne sont pas toujours complètes (manque de COS notamment), ce qui implique un manque de robustesse de la modélisation. Dans notre cas, le SCOT de Grenoble regroupe 273 communes, chacune disposant d'une PLU ou d'un POS qui n'est pas forcément disponible dans un format électronique. Ainsi le recoupement de ces données dans un seul document est un travail extrêmement lourd. Ce recoupement n'est donc pas forcément robuste, et du fait de sa valeur en temps de travail pour ceux qui l'on produit (Agence d'urbanisme), il est difficilement accessible. La seconde raison est que, même si les données foncières avaient été disponibles, l'estimation des fonctions de production de logement suivant le prix foncier et la densité et leur incorporation dans le modèle aurait nécessité un travail particulier très important. De plus l'ajout de cet étage supplémentaire de consommation rend plus délicate encore la calibration du modèle[100]. Enfin, d'autres modèles, tel Urbansim, ont un module de développement urbain dédié à cet exercice, et il apparait très délicat d'obtenir un module robuste en termes de prédictions (De Palma, et al., 2005), et il peut être préférable de le neutraliser et de se ramener à des hypothèses exogènes de développement urbain (Nicolas, et al., 2009). Cela rejoint aussi l'intervention de Nguyen-Luong au séminaire Simbad (2012) qui considérait que le développement d'un modèle d'offre pour la partie usage des sols est très complexe et incertaine et qu'il était plus sage de recourir à une représentation plus manuelle.

Il nous semble par ailleurs que la simulation « à la main » d'ouverture de nouvelles offres de localisation, en extension ou en renouvellement (en estimant la surface de logement pouvant être offerte par zone, on fait directement une hypothèse sur le COS), à partir d'une connaissance du territoire et de ses potentialités, est suffisante pour apporter une simulation pertinente de l'évolution du

[100] Les secteurs d'emplois consomment des ménages, les ménages consomment du logement, l'étage supplémentaire serait alors le logement consomme du foncier.

territoire. En effet dans la perspective d'un exercice de prospective locale, cette façon de simuler les politiques d'urbanisme est particulièrement transparente. A partir du repérage de parcelle ou de potentiels de développement, on estime le nombre de logements (ou activités) pouvant être créé suivant le degré de volontarisme politique. C'est d'ailleurs largement sur cette logique que fonctionnent les études type PLH (Programme Local d'Habitat). En donnant des fourchettes hautes et basses de construction de logements et à partir de l'identification de potentiels, elles font l'hypothèse que le degré de volontarisme politique pourra modifier le volume de production. De cette façon pourra être testée différents scénarios de politiques urbaines. Néanmoins la piste de la description des comportements des promoteurs immobiliers est intéressante et pourrait être explorée dans de prochaines recherches, en particulier en s'appuyant sur les travaux de Castel sur l'économie de la densité[101]. Au-delà de la question du module de développement à deux étages (foncier et logement), la difficulté à obtenir les données foncières (recollement de PLU et POS de 273 communes) alors que les données de logement sont facilement accessibles via les données de l'Insee, nous ont amené à choisir ces données. Les données Insee nous ont permis d'estimer les m2 offerts dans toutes les zones (iris) suivant le type : social, collectif ou individuel. La structure générale de TRANUS fait que l'on peut faire ce choix. Ainsi nous avons trois secteurs de logement, et pour chaque type de population, trois fonctions de demande sont donc décrites pour ces trois types de logement. Les surfaces demandées seront plus grandes pour les logements individuels que pour les logements sociaux et collectifs. Nous décrirons plus loin la logique d'estimation des différents paramètres.

6.3.3 Les différentes composantes des dynamiques simulées par TRANUS.

Nous allons maintenant spécifier les différents éléments identifiés précédemment dans les équations et le tableau (attractivité, désutilité, préférence) dans le cadre de notre application.

Attractivité

L'attractivité a différentes dimensions : elle peut être liée à des variables du modèle ou elle peut correspondre à des éléments non modélisés. Dans le premier cas il s'agit par exemple des effets de voisinage : les ménages aisés préfèrent, toute chose égale par ailleurs, une zone où il y a une forte proportion de ménages aisés, ou bien les personnes âgées préfèrent des zones avec une forte présence de commerce et services quotidiens : TRANUS permet de prendre en compte ce phénomène dans les logiques de localisation, l'attraction d'autres secteurs fait partie du calcul de probabilité de localisation. Dans le second cas il s'agit d'attractivités qui peuvent être liées au tissu urbain et à l'architecture, à l'environnement, à des aspects historiques, autant d'éléments non modélisés par TRANUS. Néanmoins, nous considérons que la répartition à l'année de base des différents secteurs sur le territoire est révélatrice d'un vecteur d'attractivité pour chacune de ces zones et nous faisons l'hypothèse que les valeurs du vecteur sont proportionnelles à la quantité de chacun de ces secteurs dans chaque zone. La calibration permet d'observer que cette hypothèse est

101 En assignant des surcoûts de construction différents par zone, celles-ci étant caractérisées par un COS particulier, on pourrait simuler les courbes calculées par Castel et Jardinier à l'échelle d'un territoire. Différents opérateurs immobiliers, construisant à des densités différentes et à des coûts différents seraient en concurrence pour l'utilisation d'un même sol dans Tranus.

acceptable. Néanmoins, ce calcul des attractivités exogène pourrait être amélioré en estimant mieux la sensibilité de ces variables d'attractivité dans le résultat de la localisation et pourrait donner lieu à une optimisation. De plus afin de simuler la projection dans un territoire de 2030 qui pourra avoir des attractivités modifiées (par exemple des communes de première couronne recréent une centralité attractive, si le périurbain des années 70 attiraient moins du fait d'un mauvais niveau d'isolation thermique…), il sera nécessaire de faire évoluer ces variables exogènes d'attractivité à l'aide de règle ad hoc, afin de fournir une image raisonnable des choix des ménages.

Préférence pour les différentes formes d'habitat

La question des préférences passe par l'estimation des élasticités de substitution entre logement collectif et logement individuel. Nous faisons l'hypothèse que les logements sociaux sortent en partie de cette logique de marché car ils ne sont rendus disponibles qu'aux deux premiers niveaux de revenu (qui correspondent assez bien aux conditions de revenu maximum des barèmes des logements sociaux), avec une préférence toujours supérieure aux autres formes de logement. La question de la préférence se concentre donc sur l'arbitrage entre logement collectif et logement individuel, façon simplifiée d'aborder la question mais qui a l'avantage de correspondre aux données de l'Insee. Dans TRANUS, l'estimation des préférences relatives entre logement collectif et maison individuelle se fait durant la calibration. Nous estimons la valeur des coefficients de demande en logement des différents niveaux de revenu lorsque nous essayons de re-simuler l'année de base, c'est-à-dire lorsque le modèle cherche à ce que la demande des ménages en logement collectif, individuel et social corresponde à la disponibilité en logements issue des données, dans toutes les zones de la simulation. Les coefficients estimés révèlent donc l'état réalisé en termes d'allocation de logement et non les états souhaités en termes de préférences, telles qu'elles auraient pu se réaliser si l'offre avait convenu. Il est ainsi difficile d'estimer si le modèle simulera correctement le comportement des ménages dans un scénario où voit le jour par exemple une offre importante de logements de type intermédiaires en zone dense ou en première couronne à un prix abordable, en concurrence avec des maisons individuelles en périphérie. Néanmoins, le fait que la calibration des fonctions demandes repose sur des proxys (en particulier la formation du prix de la localisation pour l'année de référence), révélateurs de dynamiques longues et non du seul état de l'année de base permet de garantir une certaine robustesse face au changement. Mais cette dépendance à l'année de base est le lot commun de la modélisation économique, en appuyant sa calibration sur les états réalisés d'un monde particulier d'offre et de possibilités, elle peut se révéler conservatrice dans sa simulation du futur et des comportements des populations, et le modélisateur se doit d'y être attentif. On notera qu'il peut exister un phénomène équivalent dans le modèle transport. En effet il est clair par exemple que les bus souffrent souvent d'un déficit d'image par rapport au tramway, ce qui diminue la préférence pour ce moyen de transport par rapport aux données objectives sur lesquelles repose le modèle (coût, temps de déplacement, temps d'accès). Or, dans les prochaines années, le travail du syndicat de transport à Grenoble va par exemple fortement consister à travailler au renforcement de l'attractivité des bus, en améliorant ses performances par le développement de BHNS et en agissant conjointement sur la communication afin d'en améliorer l'image. La calibration des partages modaux à partir des enquêtes transport fixe un certain niveau de préférence pour le bus et pour le tram, assez fortement en défaveur du bus. On peut donc penser que l'émergence réussie de BHNS devrait être

simulée à partir d'une amélioration progressive des éléments exogènes de préférence, afin de prendre en compte le travail du syndicat de transport pour convaincre les usagers qu'un BNHS est « presque » un tram.

Fonction de demande

TRANUS intègre la logique des enchères développée par Alonso pour la distribution de l'espace, c'est-à-dire qu'il y a une compétition entre les acteurs pour l'offre de localisation, chacun faisant un arbitrage entre dépense de logement et dépense de transport, le prix du sol étant recalculé par le modèle et finalement attribué au plus offrant. Nous représentons une capacité à payer pour la localisation plus importante lorsque le revenu augmente. Ces élasticités sont estimées lors de la calibration.

Désutilité à se déplacer

TRANUS se distingue par son calcul des coûts généralisés : ces coûts intègrent la valeur du temps nécessaire au déplacement et le coût monétaire du déplacement (incluant le prix de l'énergie). Ce coût généralisé entre ensuite dans le calcul de la fonction d'utilité de localisation. Pour rendre comparable les coûts du logement et les coûts de la mobilité et ainsi instruire l'arbitrage économique, nous nous sommes ramené à un coût mensuel de logement, qui n'est qu'un proxy des différents coûts de logement (trois situations très contrastées : location, primo accédant au prix fort qui paye ses emprunts, propriétaire ayant déjà remboursé et ayant acheté à un prix bas) et à un coût de la mobilité déduit de la mobilité simulée dans TRANUS (représentant la période de pointe du matin d'un jour de semaine). Pour le logement nous nous sommes appuyés sur les indices de loyers de l'agglomération grenobloise, ainsi que sur les prix de vente des maisons anciennes, des appartements anciens, ainsi que sur le prix de vente des terrains à bâtir afin d'obtenir un proxy pertinent du coût du logement (détails en Annexe **4.4**). La difficulté est que le prix utilisé pour l'année de base dans le modèle doit refléter des comportements de localisation des 10, 20 voir 30 dernières années dans un contexte de très forte évolution des prix[102]. Pour le transport, nous avons utilisé les résultats des enquêtes ENTD 2008 et EMD 2010 (Enquête Ménages Déplacements)[103] qui nous ont permis d'obtenir des ordres de grandeur robustes sur les pourcentages de déplacements modélisés, ainsi que sur les distances moyennes parcourues. Nous avons au final estimé que les déplacements modélisés durant cette période, et qui représentent 21% des déplacements journaliers de l'enquête ménage déplacement, représentaient un peu moins de 25% des kilomètres parcourus localement durant un mois, cela nous permet de définir un coefficient de passage et de rendre comparable coût de la mobilité locale et coût du logement.

6.4 Le modèle appliqué à Grenoble.

6.4.1 La structure spatiale du modèle.

[102] Voir les chiffres d'évolution des prix donnés dans le chapitre 4

[103] Enquête Ménages Déplacement de la région grenobloise, 2010, nous remercions le SMTC pour la convention d'échange de données, en particulier A.Saillet et S.Gusmeroli.

Les choix faits pour l'implémentation en tant que telle sont probablement tout aussi importants que la structure théorique du modèle, à la fois pour orienter sa visée générale et pour bien s'adapter aux problématiques du territoire. En effet, le modèle peut avoir une visée très stratégique et ne comporter que quelques zones (l'application du modèle Mars à Vienne a par exemple 30 zones) et avec un nombre limité d'acteurs économiques (un seul type de ménage, un seul type d'emploi…) dont on souhaitera tirer des résultats du type : quelles sont les grandes tendances du territoire en termes de développement ? L'avantage est qu'un modèle de ce type sera beaucoup plus rapide à mettre en place et à calibrer qu'un modèle plus détaillé. Par contre les résultats pour le transport, (consommation énergétique, temps de transport), ne pourront pas être très précis car un grand nombre de déplacements seront intrazonaux et non représentés et car le réseau lui-même sera très simplifié. L'analyse des évolutions des conditions de la mobilité ne pourra qu'être limitée, de même pour l'analyse urbaine des potentiels de développement et des attractivités car il est probable qu'une zone agrège des types de tissus bien différents. A contrario, le modèle peut avoir une visée plus programmatique et utiliser une maille très fine (Urbansim utilise généralement des mailles de 0.25 km2, certaines applications de TRANUS en Amérique du Sud ont 1000 zones) et beaucoup de secteurs (économie, ménages) et types de sols. La visée programmatique implique de représenter très précisément le réseau de transport mais aussi les différents types de ménages et d'emplois afin de prendre en compte la diversité des choix et des arbitrages dans toute leur complexité. Mais cela nécessitera le traitement d'une quantité potentiellement gigantesque de données et impliquera une grande difficulté à calibrer. Enfin, plus le modèle est complexe, plus il est délicat de la projeter dans le long terme car la description des scénarios d'un si grand nombre de variables est lourde en termes de traitement et périlleuse en termes de choix.

Dans le cas de notre application de TRANUS à la région urbaine grenobloise, nous avons tenté de produire un modèle stratégique qui puisse donner des résultats robustes et suffisamment détaillés pour soutenir une analyse des stratégies climatiques du territoire. Nous sommes capables de suffisamment bien représenter le réseau de transport pour obtenir des ordres de grandeur robustes sur les émissions de CO_2 et les temps de parcours, nous sommes aussi capables de modéliser l'impact d'un projet urbain d'envergure dans un quartier de Grenoble sur le fonctionnement plus générale du territoire. Mais du fait d'un maillage moins précis que le modèle de transport utilisé par l'agence d'urbanisme et le syndicat mixte des transports en commun, nous ne pouvons pas produire une analyse très détaillée de court terme sur le transport. En raison d'une maille trop large en périphérie nous ne sommes pas non plus capables de quantifier le nombre de maisons nouvelles potentielles dans une commune du périurbain lointain. Il n'y a donc pas un unique type de simulation[104] adapté à tous les contextes et le défi est de trouver le bon niveau de résolution pour examiner le problème posé et qui doit être traité par la modélisation (Wagner et Wegener, 2007), les deux logiques, stratégiques et programmatiques, sont complémentaires.

Afin de correctement modéliser les dynamiques urbaines, nous avons choisi le territoire du SCOT, qui correspond aussi peu ou prou à l'enquête Ménage Déplacement de 2010 et non le territoire de l'agglomération comme prévu initialement dans le projet AETIC. En effet ce projet se centre sur les

[104] Compris comme l'ensemble choix du modèle- choix de l'application

politiques climatiques locales, et aujourd'hui ces politiques se déclinent principalement à travers les PCET (Plan Climat Energie Territoriaux) qui sont mis en places dans les agglomérations. Or les soldes migratoires ainsi que les flux de déplacement montrent bien la nécessité de prendre en compte l'ensemble de la région urbaine et pas seulement l'agglomération grenobloise. C'est bien à cette échelle que se joue une partie des questions de dynamiques urbaines. Afin de simuler correctement les accessibilités au centre, où le réseau de transport en commun est dense, il a été nécessaire de nous ramener aux iris de l'agglomération grenobloise (Grenoble par exemple contient 70 Iris). Ensuite à partir de la première couronne jusqu'à la plus lointain périphérie, le maillage est constitué d'assemblages d'iris, de communes puis d'assemblages de communes. Au final nous avons 224 zones.

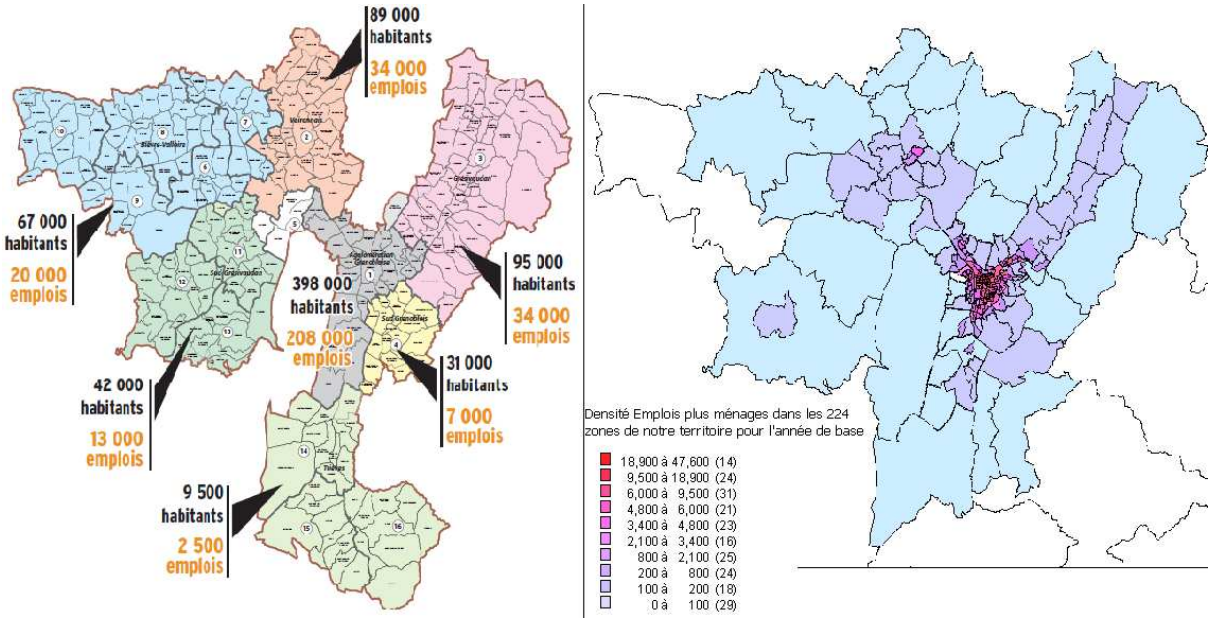


Figure 46 : à gauche le territoire du SCOT, à droite la zone d'étude avec TRANUS avec la densité emplois plus ménages pour l'année de base.

On observe bien les gradients importants de densité sur le territoire. Le centre de l'agglomération atteint des niveaux très importants de densité.

6.4.2 Les secteurs modélisés.

Nous allons maintenant décrire les différents secteurs que nous avons choisi de simuler.

Catégories de population	Type
Ménages, revenu par Unité de Consommation supérieur à 26000€, C4	Induit
Ménages, revenu par UC [19000 ; 26000€], C3	Induit
Ménages, revenu par UC [13000 ; 19000€], C2	Induit
Ménages, revenu par UC inférieur à 13000€, C1	Induit
Etudiant	Exogène
Ménages plus de 65 ans, revenu inférieur à 19000€ (UC)	Exogène
Ménage plus de 65 ans, revenu supérieur à 19000€ (UC)	Exogène

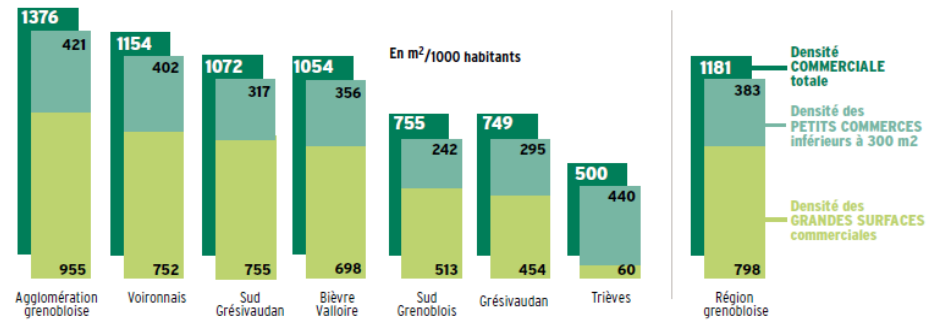
Tableau 13 : les secteurs de population dans la simulation

Une catégorie de population peut être induite par d'autres secteurs, comme c'est le cas des ménages, qui sont induits par les emplois, ou exogène comme c'est le cas pour les retraités et les étudiant. Pour ceux-ci, il est fait la même hypothèse que pour les secteurs basiques, c'est-à-dire que leur choix de localisation s'explique davantage par des critères d'attractivité que par des logiques d'accessibilité. Par exemple les étudiants se logent soit dans des résidences universitaires prévues à cet effet soit dans des zones denses leur offrant les aménités désirées. Pour les retraités, le fait qu'ils n'aient pas de déplacement contraint aussi facilement modélisables que le motif travail pour les actifs implique le même raisonnement. Nous distinguons les ménages par niveau de revenu afin de simuler correctement les choix de localisation des ménages et les phénomènes de compétition pour l'espace, les choix de modes de déplacements (la valeur du temps croît avec le niveau de revenu), l'attribution des logements sociaux sous condition de faibles revenus, le déploiement différencié des véhicules hybrides ou électriques du fait de leur coût élevé. Nous avons choisi de distinguer les ménages âgés des ménages actifs car les prévisions démographiques indiquent que la part des plus de 65 ans passera de 16% à 26% de la population pour la France entre 2005 et 2050 (Robert-Bobée, 2006), dans la région Rhône Alpes, les plus de 60 ans passerons de 20% à 30% entre 2000 et 2030.

Les secteurs d'emplois se distinguent par leurs modes de consommation de foncier et leurs modes d'implantation au sein du territoire. Nous avons choisi de regrouper dans la catégorie *Industrie* des activités qui ont une forte consommation d'espace par emploi et qui sont généralement incompatibles avec l'habitat. Le secteur *Industrie immatérielle* regroupe des activités ayant une consommation par emploi moindre et pouvant plus facilement être intégrées dans des zones mixtes du territoire. Cette distinction est nécessaire afin de distinguer deux scénarios, l'un verrait les activités compatibles avec l'habitat se développer dans des zones denses et mixtes, en particulier dans l'agglomération, l'autre pourrait supposer un développement de ces emplois dans des grandes zones périphériques, alimentant ainsi l'étalement, en particulier celui de cadres, comme cela est déjà fortement le cas dans le Grésivaudan (axe nord est de la région urbaine).

Nous avons choisi de distinguer différents types de commerces et services afin de pouvoir simuler des politiques de rééquilibrage de ces activités sur le territoire, politiques qui sont au cœur du SCOT. En effet on observe que l'agglomération concentre fortement ces activités générant ainsi des déplacements provenant aujourd'hui de toute la RUG.

Figure 47 : Densités commerciales dans les secteurs du SCOT de la région grenobloise



Densités commerciales dans les secteurs (2008)

Source : (EP SCOT, 2012a)

Le SCOT vise donc à redéployer une partie des commerces et services, il s'agit de limiter les grandes surfaces en périphérie quand cela est possible et de rééquilibrer la présence de commerces et services fréquents entre territoires.

Tableau 14 : Description des secteurs d'emplois.

Nom du secteur	Description	Type
Industrie	Activités productives, construction, artisanat, commerce de gros	Basique
Industrie Immatérielle	Activités tertiaires, R&D, autres activités économiques ne rendant pas de services aux particuliers	Basique
Public	Emplois publics (santé inclue) hors emplois scolaires	Induit
Commerce Service Quotidien	Besoins quotidiens, hebdomadaires.	Induit
Commerce Service Occasionnel	Commerces et services plus occasionnels voire exceptionnels	Induit
Grande Surface	Supermarché, hypermarché	Induit
Ecole	--	Induit
Université	--	Induit

Le fait d'être un secteur induit signifie que la localisation dépend de la demande, alors qu'un secteur basique dépend plutôt d'autres paramètres fixés dans les scénarios. Comme expliqué précédemment, nous avons choisit de faire reposer notre simulation sur une description des logements. Le tableau ci-dessous présente les types de surfaces offertes et les secteurs qui les demandent.

Tableau 15 description des types de surfaces offertes.

Nom	Description	Consommé par
Logement individuel	m2 habitable	Les ménages, les plus de 65 ans
Logement collectif	m2 habitable	Les ménages, les plus de 65 ans et les étudiants
Logement social	m2 habitable	Les 1er et 2ème quartiles de revenu, les étudiants et les plus de 65 ans les moins aisés
Shon d'activité économique	m2 de shon	l'industrie et le tertiaire-R&D
Shon de commerce mixte,	m2 de shon	les commerces-services-quotidien et les commerces-services-occasionnel présents dans les centres
Shon de commerce	M2 de shon	les commerces-services-occasionnel et les grandes surfaces, présents en périphérie

6.4.3 Présentation des éléments chiffrés de nos scénarios de préférence.

Nous avons fait le choix de représenter un certain nombre de résultats avec une typologie assez simple qui désagrège l'agglomération, le cœur de notre étude, elle fait ressortir les pôles du SCOT et permet de regrouper le diffus quel que soit sa nature (rural, périurbain) ou sa localisation (quels secteurs du SCOT). Ainsi en première lecture, elle condense les informations utiles. La Figure **49** montre la croissance des différents territoires suivant le scénario urbain.

Grenoble : *en violet*

1ère couronne : Saint Martin d'Hères, Gières, Meylan (centre urbain dans SCOT), Echirolles, Fontaine, Sassenage, St Martin Vinoux, *en bleu foncé*

Reste agglomération + Pôles : pôles : St Egrève, Fontanil, Seyssinet, Seyssins, Pont de claix, Varces, Vif, reste agglo : Corenc, Eybens, Claix, Neuvorey, Domène, Murianette, St Paul, Le Gua, *en bleu clair*

Pôles principaux hors agglo : Voreppe, Moiran, Rives, Tullins, Crolles, Montbonnot, Villard, Pontcharra., *en orange*

Les grands pôles d'équilibre du SCOT : Voiron et St Marcellin, *en rouge*

Le reste du territoire : *en orange clair*

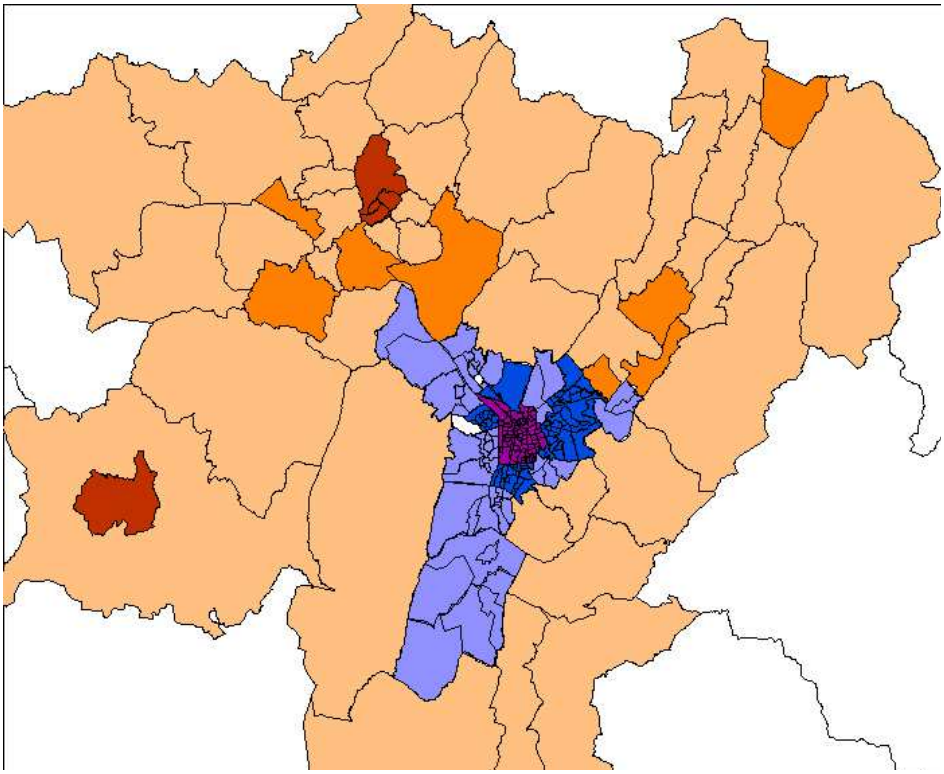


Figure 48 : carte de la région urbaine grenobloise et typologie

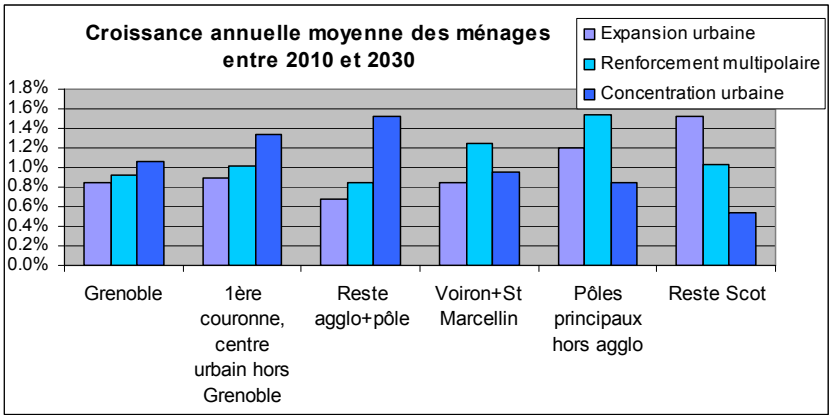


Figure 49 : croissance annuelle moyenne des ménages entre 2010 et 2030 dans nos trois scénarios

Les cartes ci-dessous représentent la densité en populations et emplois des différentes zones du territoire, où l'on retrouve les pôles tel qu'identifiés dans le SCOT et notre typologie, avec le maillage utilisé dans TRANUS.

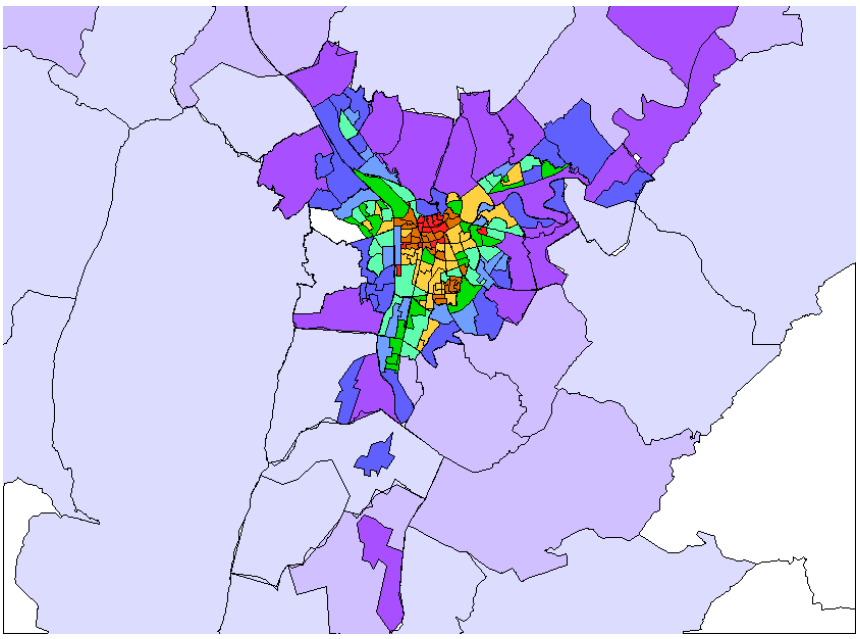


Figure 50 : Carte de densité, agglomération, maillage utilisé dans TRANUS

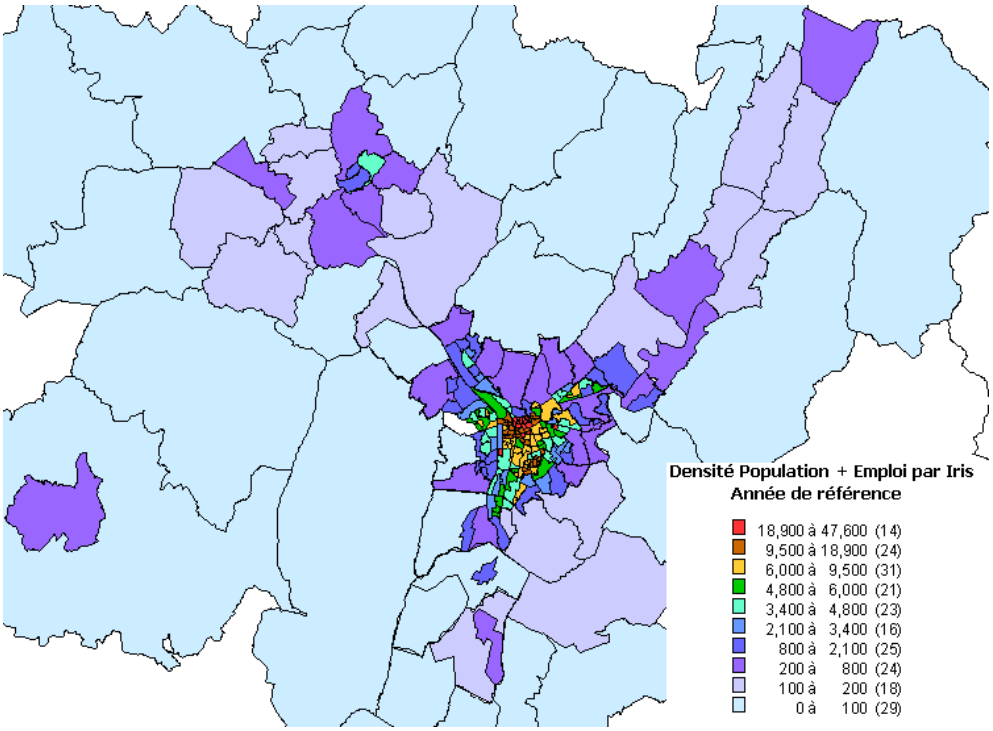


Figure 51 : Carte de densité, région urbaine, maillage utilisé dans TRANUS

Dans le scénario Expansion urbaine, on retrouve bien une croissance forte des couronnes périurbaines du territoire. Dans toutes les autres zones, c'est ce scénario qui conduit à la croissance la plus faible. Dans le scénario Renforcement Multipolaire, les pôles principaux ainsi que Voiron et St Marcellin ont des croissances fortes, tandis que les zones de l'agglomération ont une croissance plus

importante que dans le scénario d'expansion urbaine. Enfin dans le scénario de concentration urbaine, l'agglomération a une croissance forte, en particulier les zones ayant le plus de potentiel foncier : la 1ère couronne et le reste de l'agglomération.

Ci-dessous une déclinaison suivant les grands secteurs du SCOT pour le scénario Expansion urbaine, où l'on voit que ce sont bien les territoires périurbains et ruraux de la Bièvre Valloire, du Trièves et du Sud Grésivaudan qui ont la croissance la plus importante.

Tableau 16 : croissance annuelle des ménages, scénario expansion urbaine

Croissance annuelle des ménages, 2010-2030 – Expansion urbaine	
Agglomération	0.9%
Sud Grenoblois	0.95%
Grésivaudan	1.2%
Voironnais	1.3%
Sud Grésivaudan	1.47%
Trièves	1.5%
Bièvre Valloire	2.2%

6.5 Méthode de construction des scénarios quantitatifs.

6.5.1 La construction de logements.

A Grenoble et le centre de l'agglomération, on peut observer une différence assez faible entre les différents scénarios. En particulier la croissance peut paraître particulièrement élevée dans le scénario d'expansion urbaine, en comparaison des tendances. En fait cette différence provient d'hypothèses contrastées sur le niveau de réussite des grands projets (Giant - presqu'île et Esplanade) et des hypothèses hautes et basses du PLH (2010-2015). Cela signifie que nos chiffres *bas* ne sont pas issus de l'examen des tendances, mais des projets urbains en voie de réalisation et des projections politiques : ils sont donc un minimum ambitieux. Dans le scénario Concentration Urbaine (CU), le développement d'offre de logements dans l'agglomération se double d'un grand dynamisme des emplois, qui passera par la promotion de quartiers denses et mixtes (en particuliers, on a repris les grands objectifs des nouveaux grands projets : Presqu'île-Giant, Bouchayer Viallet, Neyrpic, Esplanade, Porte du Vercors). Etant donné que la croissance est généralement faible en dehors de ces projets sur ce territoire déjà très dense, le contraste n'est pas très marqué entre les trois scénarios.

En 1ère couronne de l'agglomération, un plus grand contraste est simulé. Les hypothèses du scénario de concentration urbaine sont fondées sur le travail du PLH qui a essayé d'identifier ce qui pourrait se développer d'ici à 2020 et nous avons choisit les prévisions les plus élevées d'urbanisation. Par ailleurs, à partir de données de l'AURG sur les potentiels fonciers et les COS associés, (Zones NA des PLU) nous avons parfois eu recours à l'estimation du potentiel urbanisable afin d'estimer le chiffre

de nos hypothèses d'urbanisation et vérifier que nous restions dans des limites réalistes. Ainsi pour ces communes qui ont parfois perdus des habitants durant la dernière décennie (La Métro, 2010c, p29), le défi est d'urbaniser de nouveau. Le raisonnement est le même pour les pôles de l'agglomération hors 1ère couronne (*Reste agglo+pôle*).
Pour les communes de l'agglomération les plus éloignées de Grenoble (*Reste agglo*), qui ont déjà une croissance supérieure à 1%, l'hypothèse est qu'elles vont se mettre à construire de manière plus dense que le pavillonnaire actuel (La Métro, 2010c, p10). Le scénario CU repose donc sur l'hypothèse qu'une action publique forte permettra de rendre ce foncier constructible à un prix acceptable. Cette hypothèse est très forte et c'est pourquoi il y a un tel contraste avec les autres scénarios qui ne reposent pas sur cette hypothèse. Ce qui a été recherché dans le scénario CU c'est l'évaluation de l'impact sur le fonctionnement du territoire et sur les émissions d'un développement maximal de l'agglomération. Pour le scénario *Expansion Urbaine*, nous avons croisé les tendances et les hypothèses basses du PLH, et pour le scénario *Renforcement Multipolaire*, des hypothèses intermédiaires ont été retenues.

Pour les Voiron et St Marcellin ainsi que pour les autres pôles principaux du SCOT, la croissance est plus forte dans le scénario du SCOT (RM), pour arriver à ces résultats nous nous sommes appuyés sur les règles de production de logement du DOO (document d'orientation et d'objectifs) du SCOT pour définir nos scénarios. Enfin pour le reste du SCOT, qui inclus les zones les plus périphériques, qu'elles soient rurales ou périurbaines, la croissance contrastée provient des politiques foncières mises en places : dans le scénario CU et RM, les politiques foncières des communes suivent les règles du DOO du SCOT, de plus dans le scénario CU, l'attractivité de l'agglomération réduirait encore la croissance de ces zones. Dans le scénario EU, les tendances se poursuivent et le foncier est rendu disponible, les règles du SCOT ne sont pas réellement appliquées.
En termes absolus, on voit que l'agglomération domine en poids l'évolution du territoire complet. Les pôles du SCOT, même s'ils se développent avec une croissance supérieure à 1.5%, ne représente qu'une assez petite partie des ménages supplémentaires.

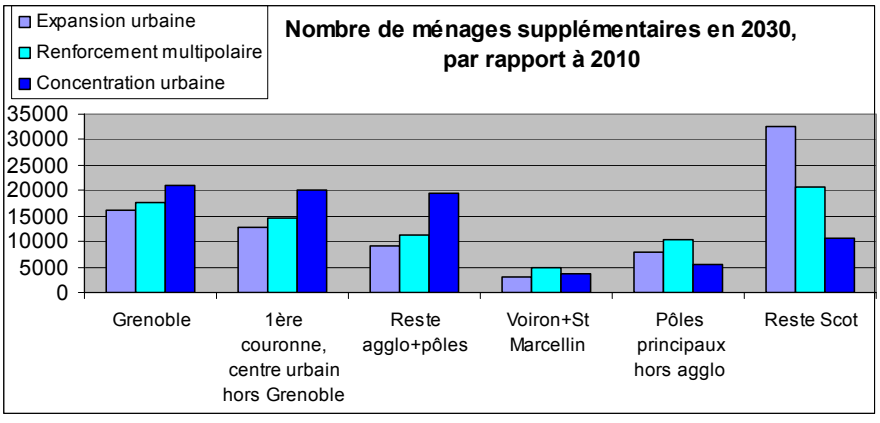


Figure 52 : nombre de ménages supplémentaires en 2030 pour les trois scénarios

6.5.2 La distribution des emplois.

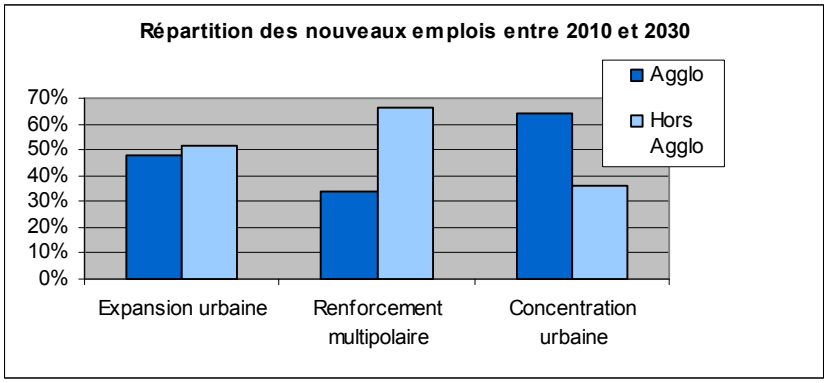


Figure 53 : répartition des nouveaux emplois dans les trois scénarios

Le scénario Expansion Urbaine poursuit les tendances et l'agglomération et les secteurs extérieurs se partagent les nouveaux emplois à peu près à 50/50. Dans le scénario CU, l'agglomération attire beaucoup d'emplois, cette croissance des emplois permet d'accompagner la croissance forte de la population et ainsi de préserver la mixité fonctionnelle[105]. Dans le scénario RM, les emplois se développent plus fortement hors de l'agglomération et principalement dans les pôles urbains, où la mixité fonctionnelle est organisée. Entre les 3 scénarios, nous avons fait des hypothèses contrastés sur le niveau de réussite des grands projets de l'agglomération en termes de création et d'attraction d'emplois, et ce d'autant plus que les projets ont des objectifs extrêmement ambitieux en termes d'emplois. Si l'agglomération n'est pas particulièrement attractive ni dynamique, ce qui est le cas dans les scénarios EU et RM alors on fait l'hypothèse que les attentes en termes d'emplois créées ne seront pas complètement satisfaites. Par exemple, pour le projet Presqu'île, l'intention politique est de créer quasiment 10 000 emplois de R&D industrielle et de bureaux en 20 ans, alors que la poursuite des tendances des 20 dernières années conduirait à l'hypothèse de création de 5000 emplois de ce type sur l'ensemble du territoire ! Il s'agit donc d'arbitrer entre les intentions politiques extrêmement volontaristes et les limites imaginables de développement économique du territoire, d'autant plus que celui-ci s'exprime dans un contexte de diminution du nombre d'actifs. Ainsi au scénario CU est associé une bonne chance d'atteindre des objectifs élevés, par contre on diminue l'ambition pour RM et encore plus pour EU, scénarios qui verraient une moindre attractivité de l'agglomération relativement à d'autres zones du territoire et plus généralement à d'autres territoires. On fait donc l'hypothèse d'un dynamisme logement-emploi fort pour l'agglomération dans le scénario CU, il y a globalement plus d'emplois *Industrie-Immatérielle* créés dans ce scénario que dans les autres (et ainsi légèrement plus d'emplois d'un point de vue global, +0.53%/an contre 0.46%/an pour les autres).

[105] Un autre scénario aurait pu être de simuler une croissance de la population qui se ferait au détriment des emplois, les emplois « sortiraient » l'agglomération ce qui sera le cas si la mixité fonctionnelle n'est pas suffisamment bien organisée et planifiée. Actuellement, de nombreuses entreprises sollicitent la métro afin de trouver du terrain dans l'agglomération, la pression économique en faveur du logement dans certaines zones étant forte, or la planification croisé logement-emploi est aujourd'hui manquante, les travaux sont distincts au sein de la Métro, Entretien C.Schmidt et G.Bouffaud.

Rappel : les emplois industriels et R&D sont exogènes et fixés par le modélisateur, les emplois publics, commerciaux et scolaires eux sont des emplois induits par les ménages. Or la localisation de la consommation des ménages dépend de leur propre localisation et des conditions de mobilité. Ainsi ces emplois seront localisés par le modèle. Le modélisateur propose des scénarios de développement du territoire par l'intermédiaire de foncier commercial et considère donc les politiques publiques qui pourraient orienter le développement de ces emplois sur le territoire. Dans le même temps, il propose des scénarios d'offre de logement, qui doivent orienter le développement du territoire. Dans notre cas nous avons fait l'hypothèse que dans le scénario SCOT, tout était mis en œuvre afin d'assurer un rééquilibrage du territoire que ce soit pour les emplois publiques ou les commerces. Pour les commerces en particulier, l'entente au niveau du SCOT et une action publique facilitant l'implantation des commerces dans les pôles hors agglomération permettent ce rééquilibrage. Dans le scénario CU, le dynamisme permet aux offres de tertiaire d'attirer des nouveaux emplois, l'agglomération prend un poids croissant dans la région urbaine.

Dans le scénario RM, une politique de rééquilibrage des commerces et des services est mise en place ce qui conduit une situation où 60% des nouveaux emplois de ce type sont créés en dehors de l'agglomération et principalement dans les pôles urbains. Ce développement permet aussi d'accompagner la croissance de la population.

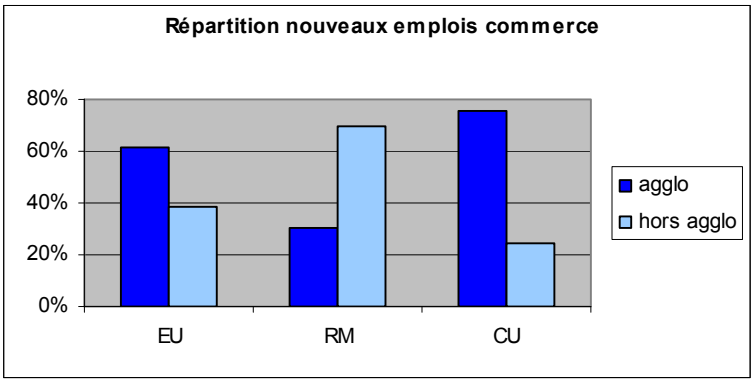


Figure 54 : répartition des nouveaux commerces dans nos trois scénarios

Pour les emplois industriels et les emplois tertiaires, R&D, les scénarios EU et RM voient les secteurs extérieurs se développer davantage que l'agglomération. Au contraire, dans le scénario CU, l'attractivité et le dynamisme de l'agglomération permettent le développement de nombreux emplois.

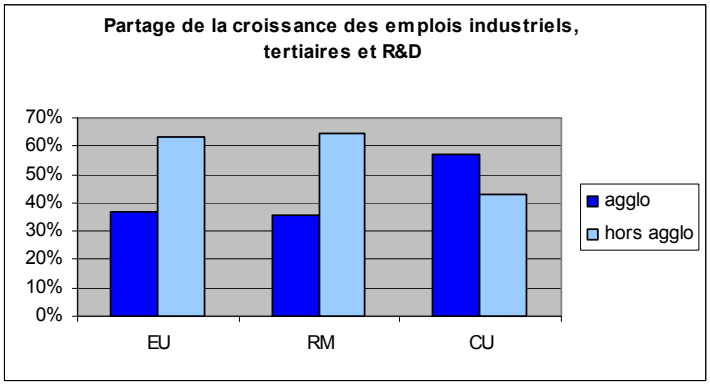


Figure 55 : partage de la croissance des emplois industriels, tertiaires et R&D

Dans les scénarios RM et CU, le nombre de grande surfaces est réduit, on fait l'hypothèse d'un déclin des supermarchés et hypermarchés et d'une action publique facilitant leur mutation vers d'autres fonctions urbaines, logement ou tertiaires.. D'une part parce ces grands centres en périphéries des zones denses sont associés à l'usage de la voiture et car le SCOT souhaite favoriser les commerces dans les zones plus denses et mieux desservies par les transports en commun ou accessible à pieds, d'autre part elles représentent un potentiel foncier important utilisable pour d'autres fonctions urbaines.

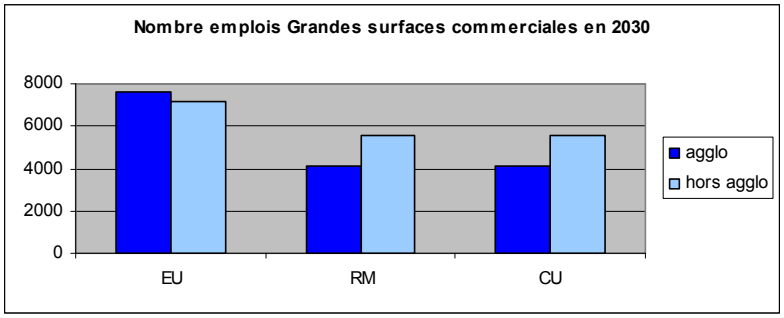


Figure 56 : Nombre d'emplois dans les grandes surfaces commerciales dans nos trois scénarios

6.6 Représentation du transport.

Afin de représenter le transport dans la région urbaine dans TRANUS, nous avons utilisé le réseau simulé dans le modèle Visem-Davisum utilisé par l'Agence d'urbanisme et le SMTC (Autorité Organisatrice des transports urbains) de l'agglomération de Grenoble[106]. Nous avons en effet pu utiliser leur exportation du réseau (format Access) comme une entrée pour le modèle TRANUS. Cela nous a permis d'avoir tout le réseau routier directement dans notre interface. Il a été nécessaire de simplifier ce réseau car le niveau de représentation du modèle Visem-Davisum est très fin (1500 zones et plusieurs milliers d'arcs) : d'une part nous n'avons pas besoin d'un tel niveau de précision, car nous n'avons pas une visée programmatique, d'autre part le travail avec TRANUS était largement ralenti par cette quantité de donnée. Ce travail de simplification, assez important, est pour le moment fait à la main. Nous avons pu ainsi conserver la hiérarchisation des différents types de lien routiers et il a suffit de réajuster les fonctions définissant la congestion sur les différents types d'axe à partir de fonctions standards fournies par l'Inrets. Du fait de différences dans les modes de représentation des lignes de transports en commun, toutes les lignes de transport en commun (tracés, arrêts, fréquence) ont dû être reconstruites à la main (au final le modèle est constitué de 224 zones, 1500 nœuds et 4500 arcs). L'ensemble de ce travail de reconstruction du réseau est assez considérable.

Le modèle distingue différents types de catégories de déplacement, auxquelles nous pouvons assigner des paramètres de choix de déplacement différents. Nous avons distingué 7 catégories de déplacement. Le fait que les élasticités prix et les valeurs du temps soient contrastées par niveau de revenu permet de simuler des effets de renchérissement des prix de l'énergie et de modifications de la mobilité pour chaque type de population.

[106] Nous remercions A.Saillet et S.Gusmeroli du SMTC pour nous avoir fourni les données nécessaires.

Tableau 17 : les différentes catégories de déplacement

Les 7 catégories de déplacement	Description
Les déplacements pour le travail pour les 4 niveaux de revenu	Les valeurs du temps sont considérées comme des fonctions croissantes du revenu. Les préférences entre modes sont différentes.
Les déplacements pour les services et les achats	Partages modaux différents, valeur du temps différente
Les déplacements pour l'école	Idem
Les déplacements pour l'université	Idem

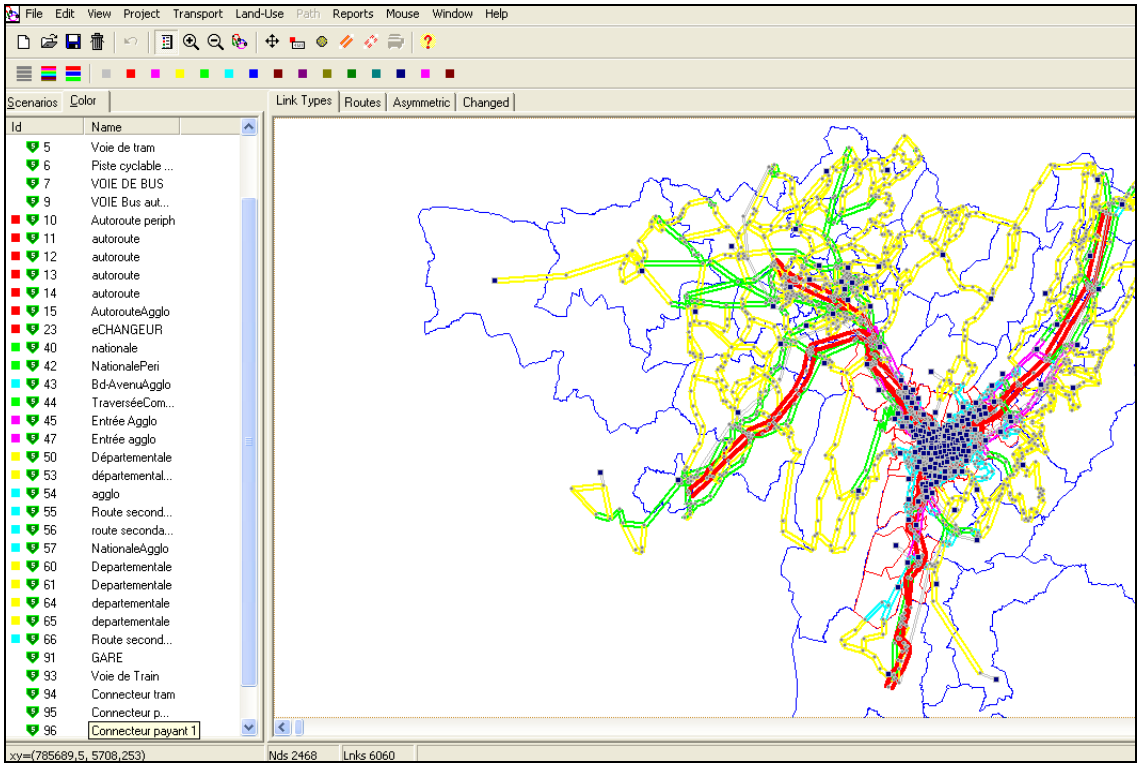


Figure 57 : représentation du réseau routier de la région urbaine dans l'interface TRANUS

Figure 58 : représentation du réseau de transport de l'agglomération dans TRANUS, à gauche les lignes de tramway, à droite le réseau de voirie avec épaisseur proportionnelle à la capacité

Nous avons représenté tous les types d'opérateurs présents sur le territoire de l'agglomération.

Opérateur	Description
Bus	Toutes les lignes de l'agglomération sont représentées
Tramway	Toutes les lignes de l'agglomération sont représentées, site propre
Parking relais	Permet le transfert voiture individuelle -> TC, transfert interdit en dehors de cet opérateur (nécessaire afin de ne pas se retrouver avec des déplacements beaucoup trop multimodaux et non réalistes).
TER	Toutes les lignes
Transisère (+ lignes scolaires)	Presque toutes les lignes
Bus Express	Toutes les lignes
Vélo	Les pistes cyclables protégées sont représentées sur le réseau
Marche	--
Voiture thermique	Un véhicule moyen est considéré
Voiture bas carbone	Représente les technologies hybride et électrique, son niveau d'émission et son coût dépendra de notre hypothèse sur le déploiement respectif de ces 2 technologies.

Tableau 18 : les opérateurs simulés

Les capacités de stationnement ont été simulées avec une procédure particulière. Nous définissons 4 types de connecteurs : les connecteurs gratuits représentent des zones sans politique de stationnement et sans difficultés particulières ; deux niveaux de connecteurs payants correspondant aux deux niveaux de prix de la politique de stationnement grenobloise ; les connecteurs qui ne sont pas dans des zones payantes, mais pour lesquels l'enquête EMD fait ressortir des difficultés pour stationner couplées avec un certain niveau de densité.

Afin de caler le modèle transport, nous ajustons les paramètres définissant les préférences des différents ménages pour les différents types de transport, nous ajustons aussi des coefficients de pénalités pour certains types de liens, enfin des ajustements des fonctions de congestion ont été fait. Ces ensembles d'ajustement visent à rendre le modèle capable de représenter un certain nombre de données issues de l'EMD (partage modal) et du réseau du SMTC (fréquentation et vitesse des lignes de transports en commun, trafic et vitesse sur des axes routiers clés du réseau). Les résultats du calage sont représentés en annexe.

Les émissions sont estimées à partir des sorties de TRANUS. Nous simulons les déplacements sur la période de pointe du matin (7h-10h) d'un jour de semaine, période sur laquelle nous estimons des quantités d'émissions. A l'aide de coefficients de redressement, appuyés sur l'enquête ménages déplacements, nous en déduisons un niveau d'émissions annuel afin de réaliser nos coûts d'abattement (détail en annexe **4.5**). Pour estimer les émissions, le modèle fournit le nombre de véhicules et la vitesse sur chacun des arcs du modèle (environ 5000) : à partir de fonctions polynomiales représentant les émissions en fonction de la vitesse, nous calculons les émissions de la

mobilité (Joumard, et al., 2007). Nous retrouvons bien les niveaux d'émissions de CO_2 de l'agglomération (La Métro, 2007, 2009, 2010a) et du SCOT (EP SCOT, 2012c).

BILAN CO_2 transport de passagers	Données	Simulation Avec TRANUS
Périmètre du SCOT	Environ 960Mt en 2006 (Etude SCOT & CO_2, 2011)	968 Mt
Périmètre Agglomération	Environ 400Mt en 2007 (Lettre d'information du Plan climat n°7 2009)	388Mt

Tableau 19 : Bilan des émissions

Nous avons expliqué les variables clés du modèles et spécifié notre application à Grenoble. Nous allons maintenant passé à la procédure de calibration, qui permet d'ajuster le modèle au territoire d'application.

7. Calibrer TRANUS.

L'objectif de cette partie est de décrire les variables et les paramètres visés par la calibration, la procédure suivi et les indicateurs utilisés, ainsi que les difficultés majeures identifiées. A partir de cette expérience, des enseignements pourront être tirés sur les développements méthodologiques qui seraient nécessaires pour améliorer cette procédure.
La calibration est la procédure d'estimation d'un certain nombre de paramètres qui vise à faire en sorte que le modèle reproduise le jeu de données d'une année de base. On parle aussi généralement de validation, qui est la procédure où l'on cherche à simuler un autre jeu de données avec le modèle, une fois que celui-ci est calibré. La validation doit permettre de montrer que le modèle se comporte bien en dynamique, entre deux pas de temps.

La littérature a bien identifié la difficulté existante pour calibrer les modèles LUTI (Iacono, et al., 2008) et TRANUS ne déroge pas à la règle. Sa calibration est généralement un point très délicat et requiert un certain niveau d'expertise ainsi que beaucoup de temps. De manière générale, peu de travaux s'intéressent spécifiquement à la procédure de calibration, et il n'y a pas de méthodologie standard. Le niveau de calibration d'un modèle dépend souvent de la disponibilité des données nécessaires à la procédure. Ainsi la procédure de calibration est encore bien souvent un mélange de techniques statistiques et d'empirisme, il n'y a pas non plus de méthodologies bien établies pour la validation, qui n'est d'ailleurs pas toujours réalisée. La sensibilité des modèles vis-à-vis des incertitudes en entrée est aussi un domaine peu connu[107]. La procédure pratique de calibration diffère entre les modèles, Urbansim est un ensemble de modules : la calibration consiste à calibrer statistiquement chacun de ces modules et cela ne pose généralement pas de grandes difficultés. La difficulté provient de l'assemblage de ces modules (bouclage entrées-sorties) dans le modèle en tant que tel. Pour un modèle comme TRANUS la difficulté est d'une autre nature, comme nous allons le voir. De manière pratique, le travail de traitement de données, de construction du modèle et des scénarios et de calibration de TRANUS nous a pris environ un an et demi, avec des périodes très intensives de travail

[107] Un des points discutés lors du lancement du projet CITIES, Janvier 2013

à Grenoble et à Caracas. Le travail sur les données et le réseau de transport a été particulièrement long et laborieux du fait du caractère exploratoire de ce travail avec TRANUS en France[108].

Nous allons maintenant décrire la procédure de calibration du module d'usage des sols de TRANUS. Les paramètres du modèle ne peuvent pas directement être estimés à l'aide de méthodes économétriques, à la place des procédures ad-hoc, des routines d'essais – erreurs sont généralement utilisées, reposant sur l'expertise du modélisateur. Cet état de fait s'explique par la structure de TRANUS.

7.1 La procédure de calibration.

Le module d'usage des sols est constitué de deux logits imbriqués, l'un pour la localisation de la production, l'autre pour la consommation et le choix du logement (ou type de sol)[109]. Ce sont des probabilités conditionnelles :

*Probabilité de localisation*probabilité de consommation*

(équation 6 = équation 5 x équation 2, voir en Annexe **La structure théorique de TRANUS *p 429*)**

Les principaux paramètres à ajuster lors de la calibration sont :

- **Type 1 :** les élasticités, demande minimale et demande maximale des fonctions de demande en logement ou surface économique, que ce soit pour les ménages ou les acteurs économiques. (équation 1). *Cela représente dans notre application 48 paramètres pour les ménages, (entre 6 et 9 paramètres par catégories de ménages, 7 catégories), et 18 paramètres pour les secteurs économiques.*
- **Type 2** : les paramètres des deux logits, c'est-à-dire les élasticités de substitution entre secteurs consommés (types de logement), les coefficients de dispersion (c'est-à-dire à quel point une différence de désutilité entre différentes zones implique une différence en termes de probabilité de localisation), les paramètres pondérant l'importance relative de l'attractivité et de la désutilité dans le calcul de la probabilité. (équation 5) *Cela représente respectivement 9 élasticités pour les ménages, un coefficient de dispersion et un coefficient d'attractivité par secteur simulé donc 6x2 pour les secteurs économiques (seuls les secteurs induits et non basiques sont localisés) et 7x2 pour les ménages. Au total 23 coefficients.*
- **Type 3** : enfin les paramètres pondérant l'importance de la désutilité à se déplacer dans la fonction de désutilité de localisation (qui se compose d'une partie coût de la localisation dans cette zone et d'une partie désutilité à se déplacer entre cette zone à la zone de travail). (équation 3) *Cela représente 13 coefficients.*

Ces probabilités sont calculées durant un processus itératif, sachant que chaque secteur a un jeu de ces paramètres associé. Durant ces itérations où le modèle exprime les demandes des différents

[108] Un des objectifs du projet CITIES est justement de bien formaliser le travail sur les données pour un modèle urbanisme-transport et d'utiliser au maximum le travail de traitement déjà réalisé par l'agence d'urbanisme pour ses besoins propres.

[109] Cette partie s'appuie sur les discussions et les échanges avec Tomas de la Barra, le concepteur du modèle Tranus, pour lesquels nous le remercions vivement.

secteurs et les confrontent aux offres, les secteurs transportables (les ménages, les emplois) changent en quantité et changent de localisation, et les secteurs du logement changent en quantité et en prix. Puisque les prix des logements changent, les coûts de localisation des secteurs transportables changent aussi. Ainsi **le modèle a tendance à être instable** et est difficile à faire converger. Néanmoins les utilisations de TRANUS ont montré qu'il existe une solution permettant de satisfaire les équations lorsque l'on resimule l'année de base, la convergence reste toutefois très longue à obtenir, d'autant plus que le nombre de paramètres est important.

Nous considérons dans TRANUS que la convergence est atteinte lorsque la différence entre deux itérations est inférieure à 0.01%, en prix et en quantité, pour tous les secteurs et pour toutes les zones, après quelques centaine d'itérations (300 dans notre application, ce qui représente moins de 10 min). Si l'on produisait l'image de la calibration de TRANUS, par exemple en termes de ménages par zone, on aurait donc une superposition quasi parfaite avec les données.

Afin de faciliter la convergence et réduire l'instabilité, TRANUS utilise des *shadows prices*. C'est une quantité qui est ajoutée ou soustraite au prix des différents secteurs afin que leurs productions correspondent aux données. La logique est la suivante: « *if the utility function is defined to perfection, shadow prices should remain zero throughout the iterative process. If, however, there are other elements that may influence location or substitutions that have not been included in the utility function, the shadow prices represent these non-modeled elements* » (De la Barra, 2012). Pour les secteurs transportables, le shadow price affecte leur localisation, pour les secteurs non transportables comme les logements, il affecte la quantité consommée. Si les logements d'une zone sont sous consommés, le shadow price sera négatif afin d'augmenter la consommation, si au contraire la demande surpasse l'offre, il sera positif afin de réduire la consommation.

Les shadow prices sont calculés par une procédure interne du modèle pour réaliser cette tâche. Généralement la technique des shadow prices conduit à une situation dans laquelle les valeurs simulées correspondent avec précision aux données. Cela signifie que les indicateurs conventionnel de corrélation comme les R2 ne sont plus utiles pour évaluer la qualité du modèle (R2 sera très proche de 1 dans la plupart des cas).

Le but de la procédure est donc d'avoir une distribution des shadow prices cohérente avec l'objectif d'une calibration. Pour les secteurs transportables comme les ménages, le fait que les shadow prices soient élevés ou non n'a pas d'importance, ce sont des prix intermédiaires n'ayant pas de réalité, par contre il est nécessaire que l'écart type de leur distribution soit faible, sinon cela signifierait que ce sont les shadow prices qui dominent la distribution spatiale. Dans le cas des secteurs non transportables, puisque le prix représente une information du territoire, les shadow prices doivent être aussi petits que possibles. La valeur résiduelle des shadow prices représentera des éléments non modélisés, qui, d'une certaine façon, corrigera l'évaluation du prix du logement qui, comme nous l'avons expliqué, ne peut être qu'imparfaite.

Ainsi dans notre propre de travail, la valeur des variables d'ajustement pour les secteurs non transportables (logement, sol) est entre 3 et 6% de moyenne pour les logements. Les écarts-types pour les ménages des variables d'ajustement (exprimées en pourcentage des prix) pour les secteurs transportables (ménages, activités économiques) sont comprises entre [6; 20]. Le travail de calibration

s'est fait dans un travail d'aller-retour avec Pr De la Barra, le résultat de la calibration du modèle de Grenoble est donc *standard* par rapport aux autres utilisations de TRANUS. Un objectif serait de mieux formaliser ces seuils pour s'assurer de la qualité de la calibration (cela pourra constituer un travail pour CITIES).
La technique des shadow prices rend la calibration plus facile dans la pratique car elle permet de donner un indice sur la direction dans laquelle doivent être modifiés les paramètres et car elle permet de révéler les possibles erreurs dans les données sans faire « planter » le modèle. Elle stabilise aussi la procédure via un facteur, le *Smoothing factor*, qui permet un niveau de réglage supplémentaire. A la fin de chaque itération, les valeurs des shadow prices sont moyennées avec les valeurs précédentes. Le *smoothing* facteur donne le poids réciproque à ces valeurs. Si ce facteur est grand (2 ou 3), alors les shadow prices calculées à l'itération précédente auront 2 fois (ou 3) plus de poids que ceux calculés lors de la dernière itération. Cela vise donc à éviter des oscillations, à donner plus de stabilité au modèle. Le principe est que l'on peut commencer avec un smoothing facteur assez élevé, afin d'obtenir la convergence, puis de le réduire progressivement pour être proche de 1.

Afin d'encore réduire l'instabilité durant la calibration, une nouvelle fonctionnalité a été ajoutée à TRANUS (elle n'a pu être utilisée qu'à la fin de notre processus de calibration). Cette nouvelle option permet d'une certaine façon, de séparer, pour la première phase de la calibration, les deux logits. Cette option *freeze* fixe les secteurs transportables à leur valeur issue des données, ils « ne bougent plus », cela limite l'instabilité et permet de se concentrer dans un premier temps sur l'ajustement des fonctions de demande. Et puisque la procédure de localisation est neutralisée, cela permet aussi de séparer plus facilement le travail entre module usage des sols et module transport. Cette nouvelle option ouvre la voie à de nouvelles techniques facilitant la calibration, en particulier via des procédés d'optimisation. En effet le fait que les deux logits soient momentanément séparés rend l'optimisation des fonctions de demandes beaucoup plus aisée car il n'y a pas l'instabilité créée par l'imbrication avec le module de localisation. Les pistes de recherche de CITIES visent donc à développer des outils semi-automatiques d'optimisation des paramètres de demande, facilitant la démarche du modélisateur, sans toutefois se substituer à lui. Il s'agit d'identifier avec des outils de criblage, les paramètres les plus importants, pour ensuite utiliser des outils d'optimisation (par exemple descente de gradient) pour estimer ces paramètres. Par ailleurs, des travaux sont entrepris pour améliorer la procédure de calcul des shadow prices. Aujourd'hui dans le modèle, les shadow prices sont estimés localement, c'est-à-dire pour chaque secteur et chaque zone. Or une optimisation locale ne fait pas une optimisation globale, ce qui peut conduire à de l'instabilité, car il y a des dépendances spatiales et intersectorielles. L'objectif est donc de définir une démarche de calcul matriciel des shadow prices, avec prise en compte de ces interdépendances. Lorsque l'option freeze sera activée, seule l'interdépendance sectorielle sera prise en compte, lorsqu'on relâchera cette option, sera ajouté la dimension spatiale. Le modèle TRANUS construit sur Grenoble sert de base de travail pour l'équipe Steep.

7.2 La procédure en pratique.

Concrètement, avant de se lancer dans la procédure de calibration, les paramètres min et max des fonctions de demande sont estimés à partir des données (taille de logement, surface par emploi), les élasticités sont estimées à partir d'autres applications de TRANUS. Toutefois ces valeurs constituent des bases de départ : il faudra jouer avec l'ensemble de ces valeurs afin d'ajuster la convergence. Les secteurs type ménages étant en concurrence pour la localisation, changer un paramètre d'un ménage peut avoir des effets sur l'ensemble des ménages. Ainsi l'ajustement des différents paramètres de **type 1** doit se faire dans un seul mouvement. Les paramètres de substitution (**Type 2**) doivent aussi être ajustés simultanément, néanmoins, on cherche d'abord à fixer ces valeurs et à tenter de régler avec les coefficients de demande. Une fois que des progrès ont été faits et que des difficultés persistent, on joue avec ces paramètres de type 2. Durant cette phase, nous vérifions dans les tableurs de résultats le niveau de consommation et de production dans chacune des zones et la différence avec les données, ainsi que le shadow prices. Il est aussi possible de chercher des corrélations entre les shadow prices, qui représentent les erreurs, et les niveaux de consommation des différents secteurs. Ainsi si une corrélation est trouvée avec un secteur, cela signifie que la fonction de demande de ce secteur n'est pas bonne et les efforts seront dirigés dans cette direction.

En parallèle, la calibration du modèle de transport est réalisée. Il s'agit de faire en sorte que le modèle reproduise bien un certain nombre de données locales (les résultats sont présentés en annexe). La localisation s'appuyant sur les valeurs d'accessibilité, les améliorations progressives apportées à la simulation de la mobilité ont un impact sur la localisation et vice versa (d'autant plus quand l'option freeze n'est pas utilisée, ce qui était le cas durant cette phase). Il faut donc travailler sur les deux tableaux puis boucler de temps en temps afin de faire évoluer conjointement ces deux parties du modèle vers la calibration.

Les paramètres de type 2 et type 3 posent des problèmes particuliers. Les types 3 pondèrent désutilité à se déplacer et coût de la localisation, ils complètent d'une certain façon les élasticités de demande : réduire ce coefficient qui s'applique au coût de localisation, revient à diminuer l'impact d'une augmentation de ce coût sur la localisation, ce qui revient à une élasticité plus faible. Il y a donc d'une certaine façon une surdétermination du modèle.
Une question importante est celle de la dispersion du modèle dans son allocation des différents secteurs sur le territoire. Ce sont les coefficients de type 2 qui sont ici en jeu ainsi qu'un paramètre appelé *Internal Cost Factor* donné pour chaque zone. Les coefficients de dispersion du logit de localisation sont des élasticités qui représentent le niveau de différence en termes de probabilité de localisation qui découle d'une différence de désutilité d'une zone par rapport à une autre, pour un secteur donné. Les *Internal Cost factor* sont des coefficients qui allouent une valeur à la désutilité des déplacements intrazonaux. Ces déplacements ne sont pas modélisés, seuls ceux entre zones le sont ce qui est logique car par définition le réseau de transport se définit par l'existence des zones, décrites comme des points. Afin de donner une désutilité de déplacement intrazonal dans une zone, on applique un facteur à la désutilité de déplacement entre cette zone et la zone la plus proche. Si nous

nous situons dans une zone très dense, ce facteur est proche de 1, si nous nous situons dans une zone peu dense, ce facteur est plus petit : il est beaucoup moins coûteux de rester dans la zone que d'aller dans la zone à proximité car les zones sont grandes.
Lorsqu'on vérifie les matrices Origine-Destination entre les différentes grandes zones du territoire et que la dispersion est trop grande, il s'agit d'ajuster ces paramètres afin de la réduire. Les élasticités vont être augmentées afin que la probabilité des zones les plus lointaines diminue. On peut aussi jouer avec certains Internal Cost Factor afin de favoriser des échanges internes. L'avantage de disposer de ces deux leviers est qu'ils sont complémentaires : les élasticités sont valables par secteurs pour tout le territoire, à contrario les internal cost factor sont valables zone par zone mais pour tous les secteurs.
En pratique, il est difficile de beaucoup jouer sur les élasticités car elles rendent plus délicates encore la convergence[110]. En effet, cela revient à ajouter une contrainte sur le modèle, il ne peut plus allouer aussi librement car certaines zones ont des probabilités plus faibles, et cela rend donc plus difficile de trouver un état qui satisfasse toutes les contraintes. De manière concrète, on observe bien que les distances moyennes domicile-travail dans notre simulation dépassent la moyenne nationale. Nous avons donc tenté d'ajuster au maximum ces élasticités dans les limites de la convergence, mais nous n'avons pas réussi à résoudre ce point. Cela montre que les travaux d'amélioration de la calibration, qui permettrait de faciliter la convergence, n'aurait pas qu'un impact sur la facilité de mise en place du modèle, mais aussi sur la qualité de sa calibration.

L'objectif de la calibration est d'obtenir la convergence des deux modules. La convergence consiste en un équilibre en prix et en quantité pour le module d'usage des sols, et en un équilibre en vitesse et en charge pour le module transport. Cela signifie que dans aucune zone, la différence entre deux itérations en prix et en quantité (pour n'importe quel secteur) ne doit pas être supérieure à 0.01%, la différence de vitesse et de charge sur un lien du réseau ne doit pas être supérieure à 0.1%. Cette convergence est trouvée suite à un grand nombre d'ajustements progressifs sur l'ensemble des paramètres et d'un certain nombre de bouclage entre transport et usage des sols.
Une fois la convergence obtenue, il s'agit de régler les matrices origines destinations, c'est aussi un exercice délicat car ces outputs sont issus à la fois des caractéristiques du module d'usage des sols (en particulier la dispersion) et de la mobilité (bonne représentation des désutilités entre zones), nous le faisons avec les paramètres identifiés plus haut (élasticité et internal cost factor).

Concernant le transport, un point spécifique peut être soulevé. Il existe une difficulté pour le modèle à représenter deux offres de voiture très proches (dans notre cas Véhicules thermiques et véhicules électriques). En effet pour le modèle, ces deux types d'offres sont quasi similaires, seul leur coût change. Cela perturbe logiquement le modèle dans sa simulation du choix modal, il a été nécessaire de réajuster le modèle pour retrouver la logique de l'année de base lorsque nous avons introduit cette

[110] Brian Morton, de l'université de North Carolina, utilisateur expert de Tranus, a lui aussi identifié une dispersion plus grande. Il éprouve aussi quelques difficultés à la réduire, non pas que cela gêne la convergence car elle en générale bonne sur ses modèles, mais il identifie un manque de réactivité du modèle à la modification des paramètres que nous avons détaillé.

nouvelle offre en prospective. Cela nous a en particulier contraints dans le niveau du déploiement (afin d'obtenir la convergence du modèle il a fallut garder un certain niveau d'utilisation de cette offre). Dans de futures utilisations de TRANUS, il serait plus judicieux d'analyser avec un module exogène cette question de la pénétration du véhicule électrique afin de représenter le comportement des ménages en fonction du coût au kilomètre. Ainsi dans notre travail le lien entre le coût et le niveau de pénétration n'est pas directement simulé : d'une part il est complexe de prévoir l'effet de construction d'infrastructures de transport sur le niveau d'équipement des ménages, d'autres part le modèle avait des difficultés à réagir au prix au kilomètre du fait de ce doublon d'offre très proches : ainsi ce lien est reconstruit à partir des enseignements de la littérature.

7.3 Pourquoi est-ce aussi difficile de calibrer TRANUS ?

Nous avons fait face à cette difficulté, en ayant la chance de pouvoir travailler en proche collaboration avec le Pr. De La Barra sur la calibration du modèle grenoblois. Nous avons aussi collaboré avec l'équipe Steep de l'Inria Grenoble dans la perspective de développer des outils mathématiques et informatiques permettant de faciliter cette étape d'implémentation du modèle. Dans cette collaboration, le rôle de ce travail de thèse était de fournir les retours du modélisateur face aux difficultés de l'application du modèle et d'identifier les principales limites. Cette collaboration avec l'Inria a initié le projet ANR CITIES, dans le cadre duquel cette collaboration va continuer.

Afin d'améliorer la calibration de TRANUS, il s'agit de comprendre pourquoi elle est aussi difficile à mener. Nous donnons ici quelques pistes, ce travail sera poursuivi dans le cadre de CITIES.

- Le premier point est commun à tous les LUTI, comme rappelé par Wenban-Smith, Van Vuren et Mac Donald (2009) : les LUTI apportent une meilleur compréhension des dynamiques urbaines mais cela se fait au prix d'un grand nombre d'équations à satisfaire et donc d'une grande difficulté à calibrer. Il y a donc une difficulté inhérente à l'ambition du modèle.
- Pour TRANUS, il est clair que la difficulté à séparer les problèmes joue sur la difficulté à calibrer. L'option freeze a bien montré cela en apportant une amélioration significative au processus.
- Le manque relatif d'indicateurs permettant de montrer la direction vers laquelle se diriger dans la démarche d'ajustement des paramètres est aussi préjudiciable.
- TRANUS repose sur la recherche d'équilibre. Cela suscite une critique théorique car la ville ne fonctionne pas par des équilibres successifs. Mais cette recherche d'équilibre est aussi peut-être une des causes de la difficulté à calibrer, ce serait une sorte de sur-exigence. L'idée derrière ce point est que durant la démarche de calibration, on ne sait pas vraiment quel est le lien entre la convergence et la qualité des résultats produits. Améliorer un petit peu la convergence pour chercher l'équilibre pourrait alors coûter énormément en temps tout en n'améliorant que très peu les résultats. Cela revient à questionner les seuils de convergence.

- Cela revient aussi à questionner les alternatives à la recherche d'un équilibre : comment caractériser l'objectif en termes d'écart entre données et simulation ? Comment gérer la question de la stabilité et du point fixe dans une perspective d'optimisation ?
- L'équipe Steep de l'Inria a identifié des possibles améliorations dans les procédures de calcul des shadow prices ce qui pourrait réduire les instabilités du module et faciliter la convergence.

7.4 Les méthodes de validation.

Au-delà de la question de la calibration, la question de la validation elle-même pose question. Sterman (2000) (cité dans (Pfaffenbichler, et al., 2008)) considère ainsi que les modèles ne peuvent être ni vérifiés ni validés ; en effet ces notions ramènent à la notion de vérité objective, or par définition les modèles sont faux et réducteurs, il choisit le terme « *model testing* » à la place. Par rapport aux modèles de transport, utilisés pour la programmation précise d'infrastructures, (Wenban-Smith, Van Vuren et Mac Donald, 2009) considèrent que « the extension that LUTI models offer to our understanding of the economic and social motivations for trip-making and locational choices comes at a price in complexity which makes their validation much more difficult".

Le principe de la validation est relativement accepté par les modélisateurs au sens large et les mathématiciens, il s'agit de tester avec un autre jeu de données que celui utilisé pour la calibration, la capacité de simulation du modèle. Dans le cas des LUTI, la validation prend donc généralement la forme d'une validation historique sur un développement passé. Elle est essentielle pour apporter de la confiance dans les résultats qui seront produits par la simulation (Wegener, 1995 ; Waddel, 2011). Néanmoins la validation pose des problèmes théoriques et pratiques. Pratiques car il est nécessaire de reconstruire le modèle et l'ensemble des données sur une deuxième année de base : au-delà de la faisabilité incertaine du fait de l'inexistence possible des données souhaitées cela implique un travail supplémentaire très important. Cela explique que la validation n'est pas toujours réalisée, c'est le cas avec TRANUS, et c'est le cas dans notre travail, pour lequel nous n'avions pas les ressources nécessaires pour mener cette tâche supplémentaire.
La difficulté théorique est celle de la capacité à valider sur une autre année, ce qui revient à une prédiction des évolutions historiques entre deux pas de temps. L'objectif est alors de se rapprocher de ces évolutions à partir de la formulation du modèle issue de la calibration. Le risque serait de paramétriser le modèle pour qu'il représente bien la dynamique passée, ce qui ne dénoterait en rien de sa capacité à simuler correctement le futur. Il s'agit donc de retrouver les évolutions passées avec le modèle issu de la calibration.

Deux interrogations peuvent alors être identifiées :

- Que faire lorsque les ressources manquent pour mettre en place cette validation ?
- Que faire si on ne retrouve pas bien les évolutions avec le modèle calibré ?

Ces conditions sont probablement fréquentes, soit car les ressources ou le temps (par exemple dans le cas d'un appel d'offre pour une ville) manquent pour réaliser cette étape, soit car la validation n'est pas certaine, la complexité des modèles rendant la tâche de validation très délicate. Bien qu'il semble exister de nombreuses similitudes entre la démarche des LUTI et celle des modèles classiques de transport, Wenban-Smith, et al. (2009) considèrent que la calibration et la validation des LUTI avec une méthodologie identique est « *a practical impossibility* » et cela provient généralement à la fois du manque de données et de la difficulté théorique. Les auteurs soulignent un point important, qui sert à légitimer notre première interrogation : certains considèreront (et cela a été le cas dans leur étude) qu'un modèle non validé ne devrait pas être utilisé, en particulier pour l'évaluation d'un projet de long-terme, car il est trop incertain. Mais Wenban-Smith, et al. (2009) soulignent que l'alternative, un modèle classique de transport est certes plus satisfaisant en terme de calibration mais beaucoup moins en terme de validité à long terme, car la structure urbaine est une donnée exogène. Nous pouvons ajouter que le panel d'expert n'est pas non plus complètement satisfaisant. Il n'y a donc pas de situation idéale, la question revient donc plutôt à celle-ci : dans quelle mesure le caractère incertain de l'exercice peut être réduit ? L'objectif, dans l'application de Wenban-Smith, et al. (2009) de Delta à Londres, a donc été de trouver des moyens de montrer la robustesse et la crédibilité du modèle, au-delà du fait déjà accepté que le modèle est pertinent théoriquement et que son architecture est correcte. La solution est alors de formaliser des tests de sensibilité, à partir de changement dans l'usage des sols ou dans le système de transport et des prévisions formulées par des experts (Wenban-Smith, et al, 2009). On vérifie que le modèle évolue dans des proportions acceptables et dans le sens prévu par la théorie. L'importance de la formalisation nous parait double : elle permet de renforcer la valeur scientifique de la démarche, elle permet de renforcer la compréhension de l'utilisateur final du processus à l'œuvre et de lui permettre de participer, soit en proposant des tests, soit en formulant des attentes de résultats (vis-à-vis d'un changement appliqué en entrée).

Les tests de sensibilité peuvent aussi être de l'ordre du screening. Il s'agit d'identifier les variables et les paramètres de premiers ordres avec des procédures de tests automatisés. Cela permet de dégrossir la démarche de modélisation et de se concentrer sur les éléments les plus significatifs. La question des incertitudes et de la propagation d'erreur est aussi importante. Les analyses d'incertitude visent à mieux comprendre comment l'incertitude se transmet entre les données et les paramètres d'un côté et les résultats de l'autre. Il s'agit de définir une méthodologie et des outils mathématiques permettant d'évaluer la sensibilité du modèle aux incertitudes, afin de rendre plus robuste la calibration.

Conclusion : malgré les difficultés importantes de calibration, nous avons obtenu, avec l'aide du Pr De la Barra, un calage satisfaisant du modèle TRANUS pour le territoire grenoblois. Toutefois, le travail visant à améliorer et faciliter cette démarche est essentiel : il déterminera le niveau d'opérationnalité du modèle, qui pour le moment, est réduite par la difficulté de cette phase ; il permettra d'améliorer la robustesse du modèle car avec une démarche plus aisée de calibration, le modélisateur pourra aller plus loin dans l'ajustement des différents paramètres. La formalisation de tests de sensibilité, permettant d'obtenir une forme faible de validation, est aussi d'intérêt. Elle constitue à notre sens la direction la plus coût-efficace pour assurer un rôle positif au LUTI dans la planification. En effet cette procédure sera plus légère que la validation historique, elle peut permettre

d'engager dès cette étape les utilisateurs finaux dans la démarche. Ce travail constituera une suite au travail de thèse, dans le cadre du projet CITIES et grâce à la collaboration avec l'Agence d'Urbanisme de Grenoble.

8. Conclusion.

La partie 1 s'est terminée avec le constat qu'il était nécessaire de renforcer l'analyse économique dans la planification et avec la définition d'un cahier des charges. Nous avons choisi de nous intéresser à une composante de la planification : la question des politiques climatiques, avec un intérêt particulier pour les émissions des transports urbains, qui représentent un défi redoutable. Dans ce chapitre nous avons vu que recourir à un modèle LUTI permettait de répondre à notre problématique car ces modèles permettent d'instruire le débat du lien entre forme urbaine et consommations énergétiques du fait de leur capacité à représenter les éléments clés des systèmes urbains, ce faisant ils peuvent constituer des outils pertinents pour renforcer notre connaissance des questions climatiques au niveau local et pour améliorer des analyses économiques passant par des courbes de coûts d'abattement du types MACCs. Nous avons ensuite décrit le principe général de ces modèles et avons vérifié qu'ils correspondaient à notre cahier des charges.

Nous sommes ensuite rentrés plus en détail dans l'univers des LUTI en décrivant les différents types de modèles existant. Du fait de notre volonté de recourir à un outil utile à la planification, notre démarche de choix a porté un intérêt particulier aux questions de complexité et d'opérationnalité des modèles, ce qui nous a conduit à mieux analyser la nature de la modélisation, les interactions avec l'utilisation dans les processus de décision, et la nature de la planification. Cette démarche nous a conduis à chercher un compromis de complexité avec le modèle TRANUS.

Dans une dernière partie, nous avons décrit la structure théorique de TRANUS, son fonctionnement et les spécificités de son application à Grenoble. Nous avons enfin détaillé la procédure de calibration et avons analysé le sens du concept de validation dans le cadre de la planification. Nous avons donc maintenant un outil de simulation utilisable pour notre cas d'étude. Il reste à décrire les autres éléments de notre méthodologie dans les chapitres suivants.

Chapitre 6 Le calcul des coûts d'abattement

*Dans ce **chapitre 6**, nous élaborons la méthodologie de calcul économique qui sera adossée au modèle TRANUS afin de produire l'analyse économique des politiques de réduction des émissions du secteur des transports.*

Nous rappelons tout d'abord les fondements du calcul économique et nous analysons le rôle qu'il peut jouer dans la planification. Ensuite nous détaillons les hypothèses de calcul que nous avons prises dans notre travail (valorisation des externalités, valeur du temps…) ainsi que les éléments clés du calcul (taux d'actualisation, nature des coûts, évaluation des économies issues du report modal..). Nous construisons la méthodologie permettant de calculer des coûts de réduction des émissions dans le domaine des transports et d'informer les politiques climatiques locales. Pour cela nous repartons des limites des MACCs identifiées dans le chapitre précédent, et ajustons la méthode standard afin de prendre en compte la dimension systémique de la ville. C'est à cette condition que l'analyse économique peut être utile dans le cadre de la planification urbaine. Enfin, nous expliquons les séquences de mesures (bus à haut niveau de service, péage urbain, tramway, véhicule électrique et hybride rechargeable, covoiturage) que nous testons avec TRANUS dans les différents scénarios.

1. Le besoin de calcul économique.

Nous avons identifié dans le chapitre précédent un certain nombre de limites de ces outils d'analyse économique des politiques climatique que sont les MACCs.

a) Périmètre pris en compte par l'outil : nous avons vu que le champ des coûts pris en compte était souvent considérée comme trop limité.
b) Capacité à servir de support à une discussion informée avec des non-experts, ce qui est leur objectif : cela implique entre autres un certain niveau de transparence dans les choix d'hypothèses
c) Capacité à intégrer des éléments d'inertie et des phénomènes de dépendance de sentier : une stratégie se pense dans la durée et les MACCs n'intègrent pas toujours correctement ces effets
d) Capacité à aller au-delà de mesures techniques et à prendre en compte des éléments systémiques : en particulier des mesures systémiques comme les transports en commun qui interagissent avec les autres composantes de la ville.

Nous avons vu dans le chapitre 5 que les points a) c) et d) nous ont incités à nous appuyer sur un modèle LUTI comme TRANUS pour surmonter ces limites. Toutefois, TRANUS ne nous permet de faire qu'une partie du chemin. Pour le point a) il va nous permettre de générer un grand nombre de sorties, décrivant le fonctionnement du territoire, mais il reste à rendre comparable et à donner forme à ces grandeurs. Pour les points c) et d), il reste à construire une méthodologie permettant de prendre en compte ces effets temporels et systémiques représentés par TRANUS. C'est bien au calcul

économique de parcourir le reste du chemin et de réaliser ces tâches. Enfin pour le point b), nous avons vu dans la discussion sur les usages des LUTI qu'il s'agissait d'un défi pour toute modélisation et d'une condition pour qu'elle soit pleinement utile à la planification. Cette condition s'applique aussi au calcul économique en tant que tel.

Le calcul économique prend le plus souvent la forme d'une analyse coûts avantages d'un projet ou d'une politique. Dans sa forme publique qui nous intéresse ici, il vise à informer les choix et les décisions, à rationnaliser les décisions. En France, la direction des routes et EDF ont été les premiers acteurs à développer des calculs de rentabilité (Abraham, 2007). La RCB (Rationalisation des Choix Budgétaire) mise en place en 1970, repris la logique du calcul économique mais avec une vision très large et ambitieuse, il s'agissait « de fonder les décisions de dépense sur une prévision de leurs impacts socio-économiques », au sein d'un domaine d'action de l'Etat et même entre différents domaines d'action (Perret, 2006). Le calcul économique répond ainsi à un besoin d'efficacité.

Le calcul économique se comprend aussi dans un contexte de démocratie où l'usage de l'argent public doit être justifié auprès des citoyens, il est donc présenté comme « un moyen de rendre plus transparents et plus cohérents les choix publics » (Crozet, 2004). Il s'est particulièrement développé dans le domaine des transports car les investissements de la collectivité publique y sont très importants et les avantages non marchands prépondérants (Boiteux, 2001). Le calcul économique permet alors de rendre comparable des éléments de différentes natures et de synthétiser la démarche dans un résultat unidimensionnel.

Le calcul économique, par les questions méthodologiques qu'il pose, représente aussi une occasion pour définir et révéler des préférences collectives, et le travail de la commission Boiteux en est une illustration, en synthétisant et discutant les études empiriques en jeu. Pour Crozet (2004), nous sommes dans une situation « d'incertitude croissante sur les préférences individuelles et collectives » et le calcul économique constitue bien un « outil précieux » dans cette recherche.

Enfin, pour toutes ces raisons, et aussi du fait de sa capacité à ramener des flux futurs de coûts et de bénéfices à l'analyse présente, le calcul économique est une forme de prospective : il est une des méthodes permettant d'interroger et d'explorer rigoureusement un futur incertain.

Il fait donc face à différents défis. Les premiers sont des défis méthodologiques : d'une part pour rendre comparable des éléments de natures diverses, et en particulier non monétaires, car « L'estimation monétaire des nuisances, faute d'être validée par un marché, est nécessairement incertaine. » (Boiteux, 2001), d'autre part pour reposer sur des données fiables et exhaustives. Les seconds sont davantage théoriques voir éthiques : les choix de taux d'actualisation sont de cet ordre. C'est ce qui va nous intéresser dans ce chapitre.

Mais il y a aussi une autre nature de défi, pour laquelle il est nécessaire de faire un petit détour. Crozet (2004) fait appel à la théorie de la justification pour définir un des enjeux du calcul

économique : rendre comparable des éléments provenant de mondes différents (en particulier variables non monétaires) et les ramener dans le monde marchand. Mais nous verrons que cette théorie nous dit encore autre chose. Le calcul économique est une mesure de grandeur dans la cité industrielle, telle que définie par Boltanski et Thevenot (1991). Comme toute mesure de grandeur dans le modèle de la cité, c'est un outil de coordination collective, communément accepté dans *son monde*. Son application ne pose ainsi pas de problème conceptuel dans le cadre d'une entreprise prenant des décisions. Mais dans sa forme publique, le calcul économique doit passer d'une cité à l'autre, de la cité industrielle à la cité civique, ce qui ne va pas sans difficulté. Il y une question de reconnaissance de cette mesure de la grandeur dans un monde qui n'est pas le sien. C'est ce qui fait dire à Crozet (2004) qu'existe aujourd'hui une perte de crédibilité du calcul économique, déconsidéré « il doit en quelque sorte se justifier ». Ces éléments, ainsi que le défi plus général de l'encastrement du calcul économique dans les processus politique, au centre de notre problématique de l'apport de l'analyse économique dans la planification territoriale, ne seront pas détaillés ici mais dans le **chapitre 9**.

Dans ce chapitre nous allons décrire les valeurs retenues pour notre propre calcul économique ainsi que la méthode de calcul. Nous allons décrire les questions pratiques qui se posent dans notre travail d'évaluation et les choix réalisés dans ce travail. Nous décrirons les séquences de mesures que nous allons tester dans les scénarios, et les mesures elles-mêmes.

2. Les bilans sociaux économiques.

2.1 Le principe de monétarisation des externalités.

Le calcul économique repose sur la théorie micro-économique et les concepts d'utilité et de surplus. Pour agréger les résultats et passer des individus à la collectivité, le calcul économique repose sur l'hypothèse de répartition optimale des revenus : pour la collectivité une variation de revenu de n'importe quel individu est équivalente. Les bilans socio-économiques reposent sur la méthodologie de la monétarisation des aspects non marchands, tel que décrit dans le rapport Boiteux (2001). L'intérêt de produire une évaluation économique incluant les dépenses marchandes et la monétarisation des conséquences non marchandes, est de fournir une analyse la plus complète possible des coûts et des bénéfices d'un projet ou ensemble de projets. Il s'agit d'élargir l'analyse du coût pour le ou les décideurs à une analyse des coûts et avantages pour la collectivité dans son ensemble. Néanmoins le rapport Boiteux (Boiteux, 2001) rappelle que l'estimation est « nécessairement incertaine » car elle ne provient pas d'un prix fixé sur un marché mais d'une évaluation empirique, ainsi les difficultés pratiques d'estimation pourraient faire préférer l'analyse multicritère au bilan socio-économique. Ce refus des bilans économiques peut aussi se fonder sur des arguments théoriques qui contestent le principe même de monétariser des biens inestimables et de rendre comparables des choses qui ne peuvent l'être. Enfin les critiques des bilans économiques proviennent d'expériences passés et présentes de projet pour lesquels le calcul économique a pu être manipulé, car il y a bien « un risque technocratique mais aussi politique du calcul économique » (Crozet, 2004).

L'analyse multicritères partage le souci d'exhaustivité du bilan socio-économique, mais ne recourt pas à la monétarisation des inconvénients non marchands, elle recourt simplement à leur chiffrage, quand cela est possible. Ensuite soit ces critères sont agrégés pour classer les différentes alternatives, et alors « l'AMC est encore plus manipulable que le calcul économique puisqu'il est aisé de multiplier les critères » (Crozet, 2004), soit les critères restent séparés et c'est au décideur d'en déduire un résultat final. Une difficulté réside alors dans la façon dont ce *calcul* fait par le décideur peut être rendu transparent et compréhensible par les citoyens.

On peut choisir, comme le fait M. Boiteux, de ne pas opposer ces deux méthodes, en soulignant qu'au contraire de ce que disent certains de ses détracteurs, un bilan économique ne dicte pas directement une décision et que les chiffres n'ont pas tous le même statut entre évaluation marchande et non marchande. En soulignant aussi que le fait de ne pas recourir à la monétarisation n'aboutit pas forcément à une mise sur un pied d'égalité des différents impacts dans les analyses multicritères. Les deux méthodes visent toutes deux à porter à la connaissance du décideur l'ensemble des conséquences du projet, et ainsi fournir les éléments de base de l'évaluation de la valeur du projet.

Mais nous rejoignons les idées émises par M. Boiteux sur l'intérêt du bilan socio-économique. Il considère que grâce à sa capacité à mesurer de manière synthétique (caractère unidimensionnel du résultat du calcul économique) les déviations impliquées par une décision supplémentaire par rapport à une situation de base, la méthode du bilan facilite le jugement de la pertinence d'une telle décision et l'analyse des raisons de son adoption. L'intérêt du bilan est bien de pouvoir mesurer des variations, car celles-ci sont plus significatives que des mesures totales et de permettre l'analyse de ces variations. Ces analyses du bilan rejoignent celle conduites par Riveline sur les méthodes d'évaluations des coûts (2005). Celui-ci explique que le coût est toujours celui d'une décision, et que son estimation nécessite la description de deux histoires du monde. Ainsi le coût est au final un surcoût, une variation, et il s'agit de s'interroger sur les raisons qui peuvent nous conduire à accepter ce surcoût. Le bilan d'un projet au même titre que le coût n'existe pas en soi, on le définit par convention de comptabilité, cette convention est choisie en fonction de l'usage que l'on veut faire de cet indicateur. Enfin, cette méthode est absolument cohérente avec l'approche que l'on souhaite développer dans ce travail, il s'agit pour nous de calculer des coûts à la tonne, ce qui implique une agrégation suivant la dimension économique, et de remettre l'analyse économique au cœur de la planification.

Dans notre travail, l'analyse se fonde sur la comparaison entre différentes trajectoires urbaines et les surcoûts sont calculés avec les scénarios de références (correspondant aux trois trajectoires urbaines*)*. Ainsi on attend moins du recourt aux bilans socio-économiques de nous informer de la nature négative ou positive du calcul (déterminant le choix d'agir ou non) que de nous permettre de comparer différents scénarios entre eux pour mieux comprendre leurs implications sur le fonctionnement du territoire. Le bilan, dans cette logique nous apparaît être l'outil pertinent.
De plus, la méthode du bilan socio économique nous amène à considérer les coûts de manière globale pour la collectivité et ses composants. Elle permet donc d'apporter un éclairage intéressant à

des questions comme celle du choix socialement efficace entre possession individuelle d'un véhicule et socialisation des coûts à travers des infrastructures de transport en commun, qui sont clés pour la planification territoriale. En effet les interactions entre les deux niveaux d'analyse économique (celui du ménage, celui de la collectivité) font que se ramener uniquement à une analyse micro-économique ne serait pas satisfaisant. Le bilan agrège ces dimensions et c'est cet éclairage que nous souhaitons apporter. Voici les types de coûts que nous allons considérer dans notre travail. Nous allons expliquer ces choix et la façon dont ces coûts ont été estimés.

	Type de coûts	Pour qui ?	Pris
Coûts économiques	Déplacement en transport en commun	Ménages	Oui
	Déplacement en voiture particulière	Ménages	Oui
	Recettes + Charges d'exploitation	Coll. Publique	Oui
	Investissement en infrastructure	Coll. Publique	Oui
Externalité et utilité des voyageurs	Temps de déplacement	Ménages	Oui
	Pollution locale	Ménages	Oui
	Bruit	Ménages	Oui
	Surplus	Ménages	Oui
A améliorer-développer	Coût d'urbanisation	Coll. Publique	Non
	Coût du logement	Ménages	Pas directement

Tableau 20 : les différents types de coûts

Le choix des valeurs des différentes externalités s'est appuyé sur ces différentes sources : (Boiteux, 2001 ; Setra, 2010 ; Certu et Ademe, 2011 ; IER, 2006 ; Bureau et Glachant, 2004 ; De Palma et Fontant, 2001).

De manière classique trois méthodes permettent d'estimer les valeurs des externalités : en estimant les coûts monétaires des dommages (point de PIB, dépense dans tel ou tel secteur..), par préférences déclarées (perte de qualité de vie du fait d'une maladie respiratoire) ou par préférences révélées (perte de valeur sur le marché d'un bâtiment touché par la pollution routière). La difficulté réside dans la réalisation de la synthèse d'études apportant des niveaux assez différents de valorisation et reposant sur des méthodologies diverses.

2.2 Présentation des valeurs retenues.

- **La pollution atmosphérique**

La pollution atmosphérique est une problématique très importante dans l'agglomération grenobloise. Sa configuration topographique en fait une cuvette sujette à des pics de pollutions particulièrement

graves. L'agglomération est une des villes qui a répondu à l'appel à projet ZAPA de l'Ademe (Zone d'Action Prioritaire pour l'Air)[111] et qui a lancé des études pour identifier les moyens de réduire rapidement ce niveau de pollution. Le diagnostic de l'Ademe est le suivant, les valeurs limites journalières et annuelles de dioxyde d'azote sont dépassées dans plusieurs agglomérations, ce qui pose problème au regard des directives européennes et plus largement au regard de la santé publique. La valorisation de cette composante est donc clé dans notre exercice.

Le rapport Boiteux fournit une valeur par véhicule.km pour la pollution atmosphérique. Ces valeurs varient suivant le tissu considéré : urbain dense, urbain diffus, rase campagne. TRANUS nous permet de produire des chiffres agrégés de véhicule.km par type de voirie, cela nous permettra de monétariser de manière différenciée l'utilisation de véhicule routier suivant les types de tissu urbain de notre territoire. L'évaluation des polluants locaux aurait pu se faire, de manière complémentaire, à partir d'équations d'émission par kilomètre en fonction de la vitesse (Joumard, et al., 2007) ce qui a l'avantage de distinguer par niveau Euro les véhicules. Toutefois l'impossibilité de simuler simultanément dans le modèle transport plusieurs offres de véhicules particuliers nous a conduits à préférer l'utilisation d'une valeur véhicule.km. Cette valeur de la nuisance provient de la prise en compte des impacts en termes sanitaires, en termes de dommages pour les bâtiments et d'impacts sur la végétation.

Valeurs retenues : calculs de l'auteur à partir de (Setra, 2010, p46 et 70) et (Certu et Ademe, 2011, p87) afin de reposer sur des valeurs moyennes, par rapport aux différentes pratiques européennes.

Tableau 21 : les valeurs choisies pour la pollution et le bruit

€2010/ veh.km		
Pollution	urbain dense	urbain diffus
Véhicule Particulier	0.093	0.032
Autobus	0.760	0.273
BRUIT	urbain dense	urbain diffus
Véhicule Particulier	0.014	0.005
Autobus	0.070	0.027
Tramway	0.141	0.049

☐ **Le bruit**

Concernant le bruit, le rapport Boiteux définit des valeurs de dépréciation des valeurs immobilières en fonction du niveau d'exposition, à partir d'études de préférences révélées, méthode qui paraît au groupe de travail plus robuste que la méthode de préférence déclarée. Cette perte de valeur monétaire est censée représenter les nuisances auxquelles sont exposés les habitants. A Grenoble, des cartes de niveau d'exposition sonores sont disponibles pour toutes les communes de l'agglomération, et distinguent expositions nocturnes, journalières, du fait du trafic routier ou ferré ou

111 Dans ce cadre, la possibilité des péages urbains a été imaginée. Depuis le lancement de la procédure Zapa en 2010 par l'Ademe (Faisabilité des zones d'actions prioritaires pour l'air, 2010), des niveaux d'avancements diverses sur la question ont pu être observé parmi les différentes villes. Cette démarche ayant été initiée par l'Etat afin de se mettre en conformité avec les règles européennes, sans amélioration de la situation, des amendes devront donc probablement être payées.

bien des sites industriels. Elles sont le produit d'un travail de modélisation spécifique et prenant en compte un certain nombre d'éléments dont : la nature du bâti, les pertes par réflexion ou diffraction, la largeur des voiries, les revêtements routier. Il apparaît donc impossible dans le cadre de notre travail, de mettre en place les outils de simulation permettant de calculer les niveaux sonores dans nos scénarios, qui nous permettraient ensuite d'en déduire des valeurs de dépréciation des valeurs immobilières. L'étude du Certu et de l'Ademe (2011) ramène les chiffres du rapport Boiteux à un coût externe par véhicule.km par type de tissu urbain : urbain dense (aire urbaine de plus de 700 000 habitants ou densité supérieure à 420 hab/km2), urbain diffus (aire urbaine inférieure à 700 000 habitants ou densité inférieure à 420 hab/km2) et rase campagne (communes hors aire urbaine ou densité inférieure à 37 hab/km2. Ces chiffres, du même format que pour les pollutions atmosphériques, sont eux parfaitement mobilisables pour notre travail.

- **Le temps de déplacement et le temps d'attente**

Nous avons calculé nos valeurs à partir des valeurs du rapport Boiteux, du travail de (Bureau et Glachant, 2004), et de (Palma et Fontan, 2001). La valeur du temps est nécessaire à la fois pour instruire le modèle économique sur les choix des ménages dans leur choix de transport et de localisation, et pour comptabiliser les coûts et bénéfices globaux de telle ou telle alternative.

La littérature économique considère que la valeur du temps pour un ménage croit avec le revenu et que le temps d'attente a une valeur plus importante, du fait d'un certain niveau d'inconfort. Le rapport Boiteux considère une valeur double pour le temps d'attente, le rapport Heatco prescrit un facteur 2.5, l'instruction cadre de 2005 recommande un facteur 2, enfin dans un travail plus récent du LVMT dans le cadre de la chaire du STIF (Syndicat Transport Ile de France), on prend un facteur 1.5 (Comber et Van Nes, 2012). Nous retenons une valeur intermédiaire d'environ 2. De même la valeur du temps varie suivant le motif du déplacement, en particulier entre déplacements pour le motif travail et les autres motifs. Ces valeurs du temps sont calculées à partir d'analyses statistiques sur les comportements des ménages pour leur mobilité. Les valeurs du temps sont ajustées jusqu'à ce que le modèle représente au mieux la réalité. Nous nous appuyons sur ces travaux afin d'estimer l'élasticité de ce coût au revenu pour l'adapter à nos quartiles de population. Voici les valeurs retenues.

Tableau 22 : les valeurs du temps retenues

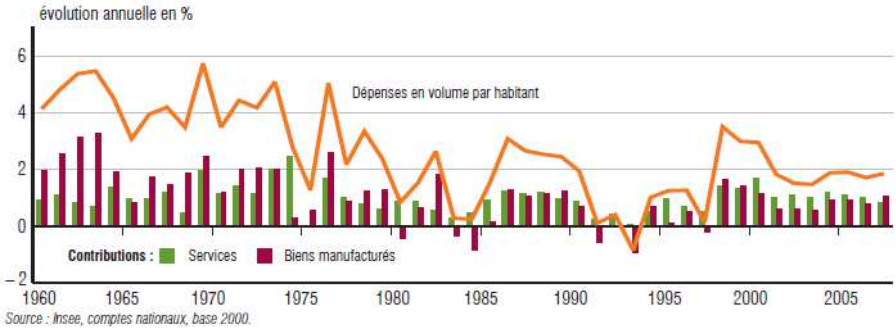
Euro 2010/heure	Déplacement	Attente
4ème Quartile Dom -Travail	14	29.5
3ème Quartile Dom -Travail	13	26.9
2ème Quartile Dom -Travail	11	22.4
1ème Quartile Dom -Travail	9	18.3
Motif achat	6	13.2
Motif école	6	13.2

Pour le calcul du bilan, il est toutefois possible de s'interroger sur la différentiation des valeurs du temps. En effet si les ménages valorisent différemment leur temps (et cela est aussi vrai à même niveau de revenu), cela ne signifie pas forcément que la collectivité doive valoriser différemment le

temps perdu ou gagné des individus qui la composent selon leur revenu. Ainsi nous retenons une valeur moyenne pour valoriser les différentiels de temps dans notre bilan socio-économique, 9€ pour les déplacements et 20€ pour l'attente. Nous verrons dans le chapitre 7 que cette valeur du temps d'attente pose toutefois question. Est-ce légitime de pénaliser autant l'attente pour les transports en commun alors que les organisateurs des transports ont amélioré les conditions de cette attente (arrêt, affichage) et que les évolutions sociétales font que ce temps d'attente est de plus en plus valorisé (smartphone) ?

Par ailleurs, le rapport Boiteux ainsi que l'instruction cadre recommandent une croissance de cette valeur au fil du temps, en fonction de la dépense de consommation des ménages par tête et avec une élasticité de 0.7. La logique à l'œuvre est que l'on valorise de plus en plus le temps à mesure que nos revenus augmentent, le temps devient une ressource plus précieuse. Toutefois il nous semble que cette hypothèse reconduit des logiques issues des dernières décennies. Dans notre travail de prospective (et non d'évaluation pour un projet donné dans le cadre d'une enquête d'utilité publique standardisée), il ne nous semble pas évident de relier nos choix de transport à des évolutions d'une situation économique sujette à la fois au remous d'une crise durable et aux interrogations d'un changement de modèle de consommation. Au regard des graphiques ci-dessous, il semble bien délicat de définir une valeur de cette croissance. La valeur retenue par les évaluations socio-économique de tramway en France, sont d'environ 1.5% - 1.3%/an[112]. Cette valeur apparait relativement arbitraire si l'on considère les grandes variations des dernières décennies. Cela a pour effet de faire croître les gains financiers issus des gains de temps de manière considérable, ce qui rend peu lisible le résultat (si, comme dans le cas de Grenoble, on considère 17M€ de gains de temps annuel pendant 30 ans, et une actualisation à 4%, ce sont 50 millions d'€ à ajouter au bilan).

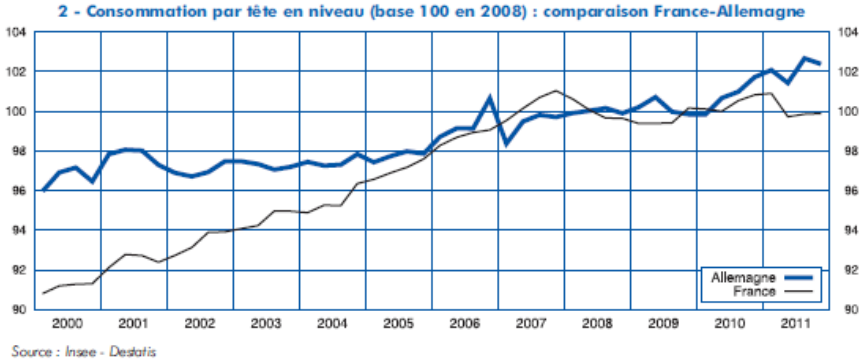
Figure 59 : Dépenses de consommation et contributions des biens manufacturés et des services à la consommation



Source : (Consales et al, 2009)

[112] On retrouve ces valeurs dans les exemples d'évaluation du Plan tramway de Bordeaux et de la Ligne E de Grenoble par exemple, que l'on détaillera dans le chapitre 7.

Figure 60 : Consommation par tête entre 2000 et 2011



Source : (Faure et al, 2012)

Plus fondamentalement, cette hypothèse appartient à une logique fondée sur les gains de temps or le paradigme de mobilité évolue et les gains de temps ne sont plus aussi prioritaires qu'ils ont pu l'être, en particulier dans les villes (Banister, 2008). Il nous parait donc préférable dans notre analyse de ne pas faire dépendre notre analyse des politiques climatiques des évolutions de la consommation par tête.

☐ **Les coûts d'urbanisation et d'équipements publics.**

Nous avons vu dans le chapitre 3 que la littérature ne fournissait pas un résultat clair sur les coûts publics engendrés par tel ou tel type d'urbanisation. Des difficultés méthodologiques et la difficulté de correctement caractériser des modes génériques d'urbanisation expliquent cette conclusion. Puisque la littérature ne peut nous fournir des résultats normalisés de surcoûts associés à des formes de développement que nous pourrions caractériser dans nos scénarios et dans notre modèle, il nous faudrait mener une analyse spécifique sur notre territoire d'étude. Malheureusement, l'analyse des budgets publics et de la comptabilité publique qui serait nécessaire représente un travail considérable (Guelton et Navarre[113], 2010 ; Castel, 2005 ; Jaglin et May, 2010), bien trop pour être entrepris de manière rigoureuse dans le cadre de ce travail. Incorporer ces éléments dans notre analyse représenterait un développement ultérieur extrêmement intéressant, comme expliqué au chapitre 3, cette connaissance apparait indispensable à une planification efficace.

☐ **Les coûts du transport**

Nous calculons les coûts du transport pour les ménages et pour la collectivité. Nous raisonnons avec des coûts complets d'usage de la voiture, et nous calculons le coût moyen d'utilisation des transports en commun pour les ménages. Nous simulons un bilan pour l'autorité organisatrice des transports urbains, avec les recettes, les dépenses d'investissements, les coûts de fonctionnements. Nous avons aussi ajouté une fonction de coût directement de TRANUS, afin de représenter le surcoût en termes de consommation induit par la congestion routière pour les automobilistes.

113 « Le décalage entre les objectifs poursuivis par la comptabilité publique et les besoins des chercheurs reste prégnant. »

Tableau 23 : les différents coûts au kilomètre

Coût d'exploitation au kilomètre		2010	2015	2020	2025	2030
20% de VE, 35% de VE avec Location batterie, 45% Hybrides Rechargeables	Taux Actua 4%		0.5	0.48	0.44	0.42
	Taux Actua 20%		0.67	0.63	0.58	0.55
Voiture thermique	Taux Actua 4%		0.31	0.33	0.34	0.35
	Taux Actua 20%	0.37	0.38	0.39	0.40	0.41
Train (Région Rhône-Alpes, Rapport d'activité 2011)		15	Constant			
Tramway (SMTC, documents internes)		7	Evolution de 0.3%/an pour le scénario CU et 0.5 pour les autres			
Bus Agglo (SMTC, documents internes)		6				
Bus hors agglo (département, Pays Voironnais, Grésivaudan)		5	Constant			

Tableau 24 : Evolution du coût d'exploitation kilométrique des transports en commun

1995	2005	2015 Projection linéaire
4.28 €/km	5.20	6.08

Source : (Faivre d'Arcier, 2008)

Dans le scénario fil de l'eau retenue par cette étude (Faivre d'Arcier, 2008), la hausse annuelle est de 1.6 %. Dans un scénario volontariste en termes de gestion du contrat à l'opérateur de transport et en termes de performance de réseau, la croissance annuelle est de - 0.3%. Nous retenons un chiffre intermédiaire, inférieur à 1.6% car cette croissance élevée issue d'une simple extrapolation des tendances 1995-2005 n'a pas de raison de se perpétuer et car l'amélioration de la vitesse des bus, grâce aux sites propres, permet de diminuer la dépense par kilomètre (Faivres d'Arcier, 2008, p63) lorsque la mesure BHNS est mise en place. Nous choisissons donc un taux pour les scénarios qui ne mettent pas en place de sites propre de 0.3% et de 0.1% dans le cas de la mise en place de sites propres (sachant que le coût d'exploitation comprend aussi les trams, et qui sera identique suivant les scénarios)[114]. On ajoute la hausse des prix de l'énergie, celle-ci représentant entre 5% et 8% des coûts d'exploitation pour un tram et entre 8 et 10% pour un bus[115]. Si on retient une hausse moyenne de 2.4% par an des carburants (cf. projection AETIC), pour une part de l'énergie de 8% dans le coût total, le coût d'exploitation augmenterait au final de **0.5% par an et 0.3%** avec BHNS (ce qui

114 Lorsque le coût des bus est en Time operative cost dans Tranus, ces calculs se font directement. Par ailleurs la hausse de vitesse fait qu'on a besoin de moins de bus, qui font donc moins de km, ce qui réduit déjà le coût.

115 Voir l'étude du CGDD sur les réseaux de bus de Caen et Nancy : http://www.ladocumentationfrancaise.fr/var/storage/rapports-publics/104000609/0000.pdf, p55

comprend la hausse identifiée par Faivre d'Arcier plus la hausse des coûts énergétique). Nous considérons donc un effort relativement important de gestion dans tous les scénarios.

Tarif des transports en commun :

Pour le train, un prix au kilomètre a été calculé à partir des coûts des abonnements pour le travail (Tarifs SNCF 2011). En effet puisque nous modélisons la pointe du matin, nous pouvons faire l'hypothèse que la majorité des utilisateurs sont abonnés et ne paient pas un simple ticket. Pour les transports de l'agglomération, nous avons divisé la recette totale par le nombre total de déplacements. On obtient donc directement le prix moyen réellement payé par les utilisateurs, sans avoir à faire d'hypothèses sur le taux d'abonnement ou le taux de correspondance. Il suffit de mettre un coût de transfert nul entre deux opérateurs de l'agglomération, l'utilisateur ne paiera que le premier « boarding tarif » et aucun coût de transfert. C'est une manière robuste de représenter le coût pour voyager en transport en commun. Pour les bus du département de l'Isère, nous avons utilisé la même méthode en divisant la recette totale par le nombre total de voyages. Les correspondances avec le réseau sont considérées comme gratuites car l'abonnement aux transports de l'agglomération permet d'utiliser les bus du département dans la zone A (agglomération) et vice versa.

Train	0.051€/km
Réseau du SMTC (Bus et tramway)	0.46€/ trajet
Bus départements et autres	0.66€/trajet

Tableau 25 : tarif des transports en commun

☐ **Les coûts du logement**

TRANUS générant des prix au m² de logement, il est tout à fait possible de prendre en compte ces coûts. Ils représentent le niveau de compétition dans le territoire pour se loger, le modèle fonctionnant sur une logique d'enchère pour la localisation. Toutefois la simulation des coûts est un exercice délicat et notre travail est de nature exploratoire (1ère application en France), le niveau de robustesse est pour le moment insuffisant. Par ailleurs, étant donné nos difficultés à obtenir des données foncières à cette échelle, notre modèle repose sur des données de surface de logement. Or reposer sur des surfaces de logements plutôt que sur des surfaces de foncier, rend plus délicat la formation des prix dans le modèle à partir de la confrontation des fonctions de demande. On a pu observer cela lors de la calibration, il a été difficile de calibrer le modèle avec les prix issus des données que nous avions entrés dans TRANUS. Par ailleurs, l'estimation du prix du logement pourrait être plus performante si nous étions capables de décrire en deux étages l'urbanisation (comme décrit dans le chapitre 5). Nous examinerons donc les résultats en termes de prix du logement de manière complémentaire à notre analyse coûts-bénéfices et non intégrée au résultat.

☐ **Les fonctions d'émissions de CO_2.**

TRANUS produit des fichiers détails qui donnent le nombre de véhicules et leur vitesse sur chacun des liens du réseau (5000). A partir de ces données, nous utilisons des fonctions polynomiales pour représenter les émissions en fonction de la vitesse, pour le parc grenoblois (Joumard, et al., 2007). En effet ces fonctions sont données pour les véhicules Euro 1, 2, 3, 4 et 5, essence et diesel. Nous avons

donc ajusté notre fonction suivant les caractéristiques du parc grenoblois (EMD, 2010). Nous avons aussi ajouté dans notre bilan les émissions dites de Cold Start, libérées lors du démarrage du moteur et dépendantes de la température. Sur l'année de base et notre territoire d'étude, nous obtenons un niveau d'émissions de 160 g CO_2/voy.km ; à titre de comparaison pour la mobilité locale, l'analyse de (Longuar et Nicolas, 2008) dans le cadre de l'analyse des données de l'ENTD de 2008 sur le territoire français repose sur un chiffre de 177 g CO_2/voy.km.

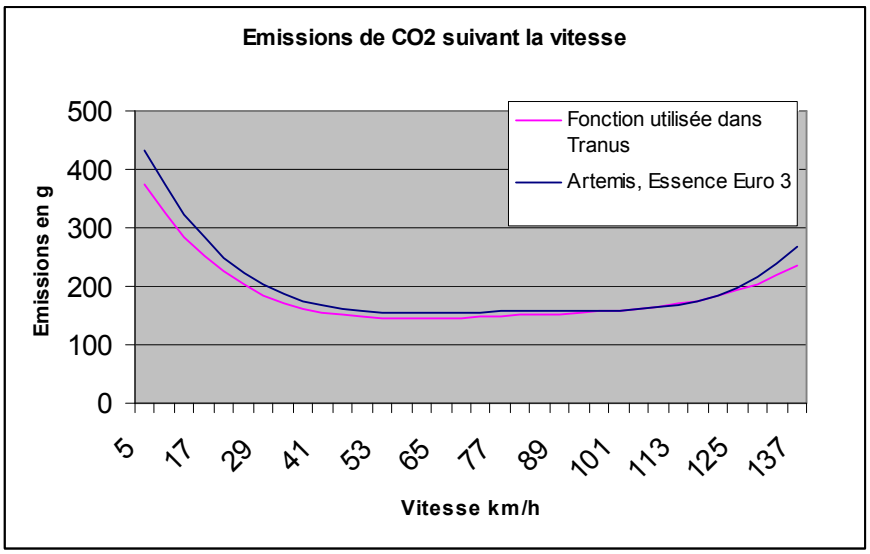


Figure 61 : Emissions de CO_2 suivant la vitesse pour les véhicules thermiques

Pour les émissions des transports en commun, nous nous sommes appuyés sur la description du parc du SMTC, et des chiffres fournis par (Joumard, et al., 2007 ; Ademe, 2007 ; Predit, 2007).

Tableau 26 : émissions des transports en commun

g CO_2/veh.km,	Traction uniquement	Fonctionnement, Maintenance, Fabrication
Bus de l'agglomération	**1040**	**1190**
Bus départemental	**1140**	**1290**
Tramway	**117**	**206**
TER **(moyenne 100 voy/veh)**	**500**	**560**

Le périmètre de l'analyse coût-bénéfice est le périmètre du SCOT, qui correspond assez bien à l'aire urbaine et surtout qui correspond au périmètre de la planification.

3. Les coûts complets du péage urbain.

Le calcul[116] du coût du péage mérite quelques précisions :

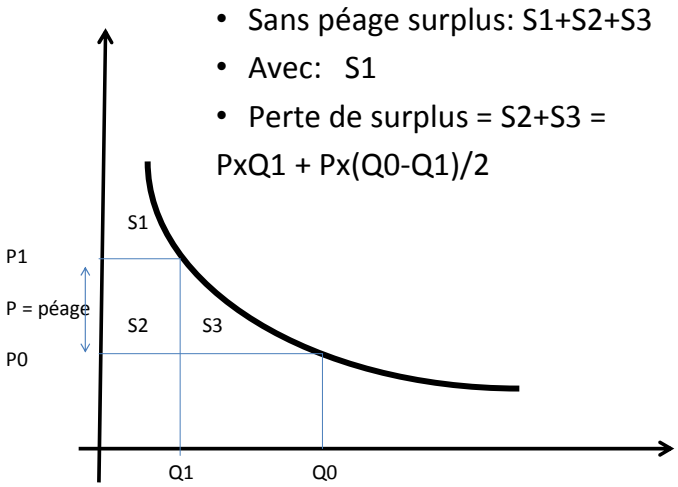
- le tarif du péage ne rentre pas en compte dans le coût pour la collectivité : c'est un **transfert** entre les ménages et l'autorité des transports, pertes et gains se compensent.

[116] Cette partie est largement issue d'une discussion avec P.Criqui dans le cadre du projet AETIC

- il existe une perte de surplus, correspondant à une perte de confort, et une possible perte de temps, pour les automobilistes devant renoncer à leur voiture pour prendre les transports en commun.

L'automobiliste a le choix entre payer le déplacement en voiture C1 qui dure T1 plus le péage P ou bien prendre les transports en commun pour un temps T2, un coût C2, une perte de surplus liée au différentiel de confort entre voiture particulière et transports en commun S3. Si l'on met de côté, dans un premier temps, les possibles pertes et gains de temps (ils seront intégrés en même temps que la prise en compte générale du temps dans nos calculs de coût), on peut calculer une première fois la perte de surplus de la manière suivante (voir Raux, Souche et Pons, 2009):

Figure 62 : l'introduction du péage et la perte de surplus



Source : (Projet AETIC, 2012)

A partir de la logique de cette courbe offre - demande de déplacement en voiture, nous calculons donc S3 à partir du nombre d'automobilistes en moins dans la zone (Q0-Q1), du prix du péage et de S2, qui représente le transfert des ménages vers l'autorité publique. On trouve environ quelques dizaines de millions d'euros par an selon la configuration du péage.

L'intégration du temps dans ce calcul est intéressante : notre calcul de gain ou de perte de temps intègre à la fois le différentiel entre usage de la voiture avant le péage et usage des transports en commun après le péage et la conséquence de la congestion réduite sur la circulation en bus et en voiture. Nous le détaillerons à la fin de ce chapitre lorsque nous préciserons les mesures testées, et nous verrons que les analyses classiques ne permettent pas toujours de calculer l'ensemble de ces impacts, quand elles ne reposent pas sur une simulation multimodale. Globalement, nous verrons que la perte de temps est significative, le coût à la tonne augmente. Cela signifie que mettre en place le péage pénalise les automobilistes, qui avaient choisi ce mode en partie car il leur permettait de gagner du temps par rapport aux autres possibilités. Nous reviendrons sur les questions de transferts et de redistributions en jeu dans le chapitre 7.

4. Estimer les économies issues du transfert modal.

Le calcul direct, à partir des sorties du modèle pour l'heure de pointe et leur extrapolation à l'année, des coûts d'abattement pour les infrastructures de transport en commun fait apparaître des coûts négatifs ou très proches de 0. On explique ces coûts négatifs par le fait que les ménages ne paient qu'environ 25% du coût d'exploitation des transports en commun urbains, le reste étant financé par le Versement transport. Ainsi les automobilistes qui quittent leur voiture pour les transports en commun urbains (TCU) font des économies significatives et cela est comptabilisé dans notre méthode. Dans le même temps l'autorité publique voit augmenter ses coûts d'exploitation, et engage des investissements. Mais globalement, les TCU, quand ils ont un niveau de fréquentation suffisant, représentent une solution économique efficace pour la collectivité dans son ensemble : c'est ce qui ressort de notre calcul.

Néanmoins ce résultat est aussi déterminé par la structure de notre modélisation : chaque agent a le choix entre diverses offres de transport pour la période de pointe. Le coût de la voiture est un coût complet : il comprend les coûts d'investissements et de maintenance. Lorsque l'agent choisit les TCU plutôt que sa voiture, il ne supporte plus aucun coût lié à sa voiture, cela équivaut à une non-possession de voiture. **Le coût négatif est donc à relativiser**, il n'est généralisable (en dehors de l'heure de pointe) que si les ménages ne possèdent plus de voiture : ce sera vrai pour certains des ménages qui choisissent désormais les TCU pour aller au travail (on a bien un taux de possession de voiture moins élevé dans les zones denses de l'agglomération bien desservies, et des villes comme Paris ont des taux de possession très bas) mais pas pour d'autres qui continueront à utiliser leur voiture le week-end, pour les vacances ou en cas d'imprévu et qui supporteront donc encore des coûts de possession. Dans le premier cas, on pourra trouver des ménages passant d'une situation de possession de deux véhicules à la possession d'un seul véhicule. Dans le 2ème cas on peut penser que les coûts de possession seront probablement moins élevés, un usage beaucoup moins fréquent incitant à minimiser l'investissement dans son véhicule. D'autres mesures, non modélisables, qui permettent de compter sur une voiture lorsque l'on en a vraiment besoin (de type Autolib), ou qui permettent de se déplacer le week-end (train, transports en commun touristique de type navette) sont nécessaires pour accompagner un mouvement de décroissance de la possession. Le coût négatif montre qu'il y a un potentiel pour financer ces mesures additionnelles permettant de dessiner un autre modèle de mobilité (comme abordé dans le Chapitre 1).

Nous décidons d'identifier et appliquer une méthode pour estimer l'économie réelle faite par les ménages : l'objectif est de calculer le facteur à appliquer à l'économie calculée directement à partir du modèle sur l'heure de pointe.

Nous pouvons estimer le nombre de personnes qui n'utilisent plus leur voiture durant notre période de simulation. Par exemple avec le mesure 1 BNHS du scénario de concentration urbaine, nous verrons que cela représente 12 000 d'automobilistes en moins. L'économie correspondante est de 24M€/an. L'annualisation représente une vision idéale de l'économie réalisée qui est cohérente avec le raisonnement que l'on tient ici : elle se réalise si les ménages ont les mêmes comportements de mobilité durant notre période de simulation et en dehors : c'est-à-dire si la voiture est bien abandonnée.

Ces personnes peuvent appartenir à un ménage avec 2 voitures (25% des ménages dans l'agglomération), ou avec une voiture (50% des ménages). Nous pouvons faire l'hypothèse qu'il y a une chance sur deux que cette personne appartienne à chacun de ces types de ménages : certes les ménages avec 1 voiture représentent davantage de ménages, mais ils représentent un potentiel de transfert modal moins important car un des membres du ménage n'utilise déjà plus de voiture.
Il y aurait donc 6 000 personnes d'un ménage à 2 voitures : si le ménage abandonne une voiture sur les deux, alors on se retrouve dans la situation idéale : l'économie est réelle, estimons-le à 50% des cas. Si le ménage n'abandonne pas de voiture, seuls les coûts variables sont économisés : c'est-à-dire 1/3 des coûts (50% des cas). Il y aurait 6 000 personnes d'un ménage à une voiture : si le ménage abandonne sa voiture, alors l'économie est réelle ; si le ménage n'abandonne pas sa voiture alors seuls les coûts variables sont économisés : c'est-à-dire 1/3. Estimons la probabilité à 1/5 de ménages qui abandonnent et 4/5 qui la gardent (identique à l'hypothèse faite par la communauté urbaine de Bordeaux pour l'évaluation de son plan de tramway[117]). En effet, il peut sembler nécessaire à beaucoup de ménages de conserver au moins une voiture. Ce serait donc 4 200 véhicules possédés en moins, sur 200 000 voitures dans l'agglomération, notre estimation d'une démotorisation suite à la politique BHNS apparait donc crédible. Avec les sorties de TRANUS nous calculons l'économie équivalent à 12 000 voitures en moins, il y aurait donc un **facteur d'environ 1/3 à appliquer sur l'économie réalisée.** Globalement, nous pouvons dire que nos hypothèses sont relativement optimistes et reposent en partie sur l'idée que les jeunes générations sont moins attachés à la possession d'une voiture que leurs aînés, ce qui se traduit aujourd'hui par une grande effervescence dans le domaine de l'économie de la fonctionnalité, qui vise à tirer profit et amplifier cette tendance.

Ces éléments, en plus de rendre plus robustes nos résultats, nous permettent de comprendre que d'un point de vue du bénéfice global de la collectivité, la réduction du taux de possession automobile est un élément clé. Les politiques permettant d'accompagner les ménages qui le souhaitent mais qui ne passent pas forcément le pas paraissent être un levier important. La situation où la collectivité investit beaucoup dans les transports en commun faisant que leur usage augmente, mais que dans le même temps les ménages conservent leur voiture et continuent d'en supporter les coûts fixes, apparait comme sous-optimale. On peut la voir comme une situation de transition, où peu à peu, la motorisation va baisser. On comprend que pour mettre en œuvre des mesures permettant aux ménages de plus facilement délaisser leur voiture (offre locale de location facilité pour les déplacements peu fréquents qui nécessitent une voiture / offre interurbaine et régionale performante), des investissements sont nécessaires et ils doivent être coordonnées au-delà de l'aire urbaine.

117 Communes de Bordeaux, Bruges et Blanquefort, 3ème phase du Tramway de l'agglomération bordelaise, Construction de la ligne Tram-train du Médoc, Dossier d'enquête préalable à la déclaration d'utilité publique et de mise en compatibilité du Plan Local d'Urbanisme de la Communauté Urbaine de Bordeaux Pièce n°7 Evaluation socioéconomique, 2010

5. La hiérarchisation des mesures, le planificateur et la forme des courbes de coûts.

Nous avons vu dans le chapitre 5 l'intérêt d'utiliser les MACCs comme outils d'analyse des politiques climatiques, permettant de hiérarchiser les actions à entreprendre pour réduire les émissions de CO_2. La production de ces courbes, dans les domaines des bâtiments, des transports et des réseaux énergétiques locaux est aussi le cœur du projet AETIC. Nous allons maintenant détailler la méthodologie pour les construire dans le domaine du transport.

5.1 Calcul économique et taux d'actualisation : choix public, choix des ménages.

5.1.1 Taux d'actualisation.

Afin de faire une analyse économique rigoureuse, il est nécessaire d'actualiser les flux de coûts et les flux d'émissions de CO_2 entre 2010 et 2030. Mais pour intégrer les différentes courbes entre elles (différents secteurs du projet AETIC) et pour pouvoir comparer la pertinence économique des différentes mesures, il est nécessaire de considérer un unique taux d'actualisation pour tous, il est nécessaire de partir de la même base économique. Or entre le choix d'une autorité publique, d'une entreprise ou d'un ménage, les taux d'actualisation explicite (condition d'emprunt) ou implicite (perception du risque, préférence pour le présent, capacité à payer et à emprunter) diffèrent. Ainsi on considère généralement qu'une autorité publique raisonne avec un taux d'actualisation de 4% (Lebègue, 2005), une entreprise avec un taux d'actualisation de 12% (échanges au sein du projet AETIC, Veolia étant partenaire) et un ménage avec un taux d'actualisation de 15-20% (CAS, 2011).

Dans ce travail de thèse nous nous plaçons dans la perspective d'un planificateur public, capable d'organiser des transferts financiers pour obtenir les solutions les plus efficaces socialement, et nous choisissons donc un taux d'actualisation de 4% pour effectuer nos calculs et comparer les options de réduction.

Néanmoins avec un tel taux d'actualisation, les réductions des émissions dans le secteur du bâtiment se font alors largement avec des coûts négatifs (le bâtiment étant un des secteurs du projet AETIC). Or la réalité est différente, car dans la pratique les ménages ne réalisent pas ces actions sur leur habitation, alors qu'elle leur rapporterait de l'argent suivant ce calcul, au bout d'un certain temps de retour qui peut être long. Cela signifie que les acteurs ne se comportent pas toujours avec un taux d'actualisation aussi bas. Nous choisissons donc de recalculer le coût des options de réduction avec un taux d'actualisation plus élevé. L'écart entre les coûts calculés avec un taux d'actualisation de 4% et ceux calculés avec un taux de 20% représente alors l'imperfection de marché qui devrait être réduite par l'action mise en place par l'autorité publique (information, subventions, réglementation). Cela permet d'avoir une analyse économique plus pertinente de la stratégie à mettre en œuvre pour réduire les émissions.

En effet :

- si nous choisissons uniquement un taux d'actualisation de 4%, nous avons des coûts négatifs d'actions qui ne sont pourtant pas mises en place dans la pratique et nous ne représentons qu'une partie de la réalité.
- si nous choisissons uniquement un taux d'actualisation 20%, nous perdons de vue l'efficacité d'un point de vue de la collectivité globalement.

Toutefois nous avons la contrainte d'être réaliste dans la simulation avec TRANUS. Le changement de taux d'actualisation modifie le coût kilométrique de l'usage des véhicules personnels. La diversité des taux d'actualisation implicites dans un groupe de population rend de toute façon impossible le choix du bon taux, il n'y en a pas un unique. Mais nous avons la nécessité de représenter de manière réaliste le choix des agents, à partir des données de calibration qui nous sont disponibles. Comment gérer alors la simulation et les calculs avec plusieurs taux ? Une première idée serait de faire tourner TRANUS pour l'année de référence et les scénarios de référence avec un taux d'actualisation élevé, qui représenteraient les comportements réels des ménages. Ensuite nous nous placerions dans « un monde à 4% » pour implémenter nos mesures de réduction et calculer nos coûts, par rapport à un scénario de référence à 4% afin d'être cohérent. Enfin nous implémenterions de nouveau nos mesures dans un monde à 20% pour calculer la deuxième valeur du coût et ainsi avoir deux points sur la courbe de coût comme expliqué précédemment. Ce principe fonctionne bien avec l'analyse dans le secteur des bâtiments, à chaque mesure sont associés un coût et un potentiel de réduction. Le coût à la tonne évitée peut être calculé soit avec un taux d'actualisation de 4 ou 20%.
Dans le transport, cette question de l'actualisation se pose pour les véhicules individuels. Quand un ménage achète une voiture, il paie aujourd'hui pour un service qu'il aura demain (avec une part d'incertitude), il investit donc pour des kilomètres futurs. Avec un taux d'actualisation plus élevé, il valorise moins les bénéfices futurs et donc ce service de *veh.km*, ainsi le coût kilométrique de la voiture augmente. Puisque l'abonnement au transport en commun ne nécessite pas un tel investissement (paiement mensuel), le coût des transports en commun supporté par les ménages n'est pas susceptible de changer suivant le taux d'actualisation.

Mais cette question du changement de taux d'actualisation pose certains problèmes dans notre travail. En effet TRANUS modélise le système urbain dans son ensemble, et changer le coût kilométrique des voitures particulières a un impact sur tous les autres éléments : fréquentation des transports en commun, localisation des acteurs, des emplois… En clair « le monde » change dans TRANUS. Or pour l'année de base, il n'y a qu'un monde possible, celui décrit par les données de calibration. On ne peut pas calibrer deux fois le modèle avec des taux d'actualisation différents pour l'année de base, par définition elle correspond à un état donné du monde et cela représente un premier problème.
De plus si on calibre avec un taux d'actualisation donné et qu'ensuite on simule des trajectoires avec les deux taux, d'une part nos mesures n'auraient ni le même coût ni le même potentiel de réduction (les points sur la courbe ne seraient alignés ni verticalement ni horizontalement ce qui complique singulièrement l'analyse). D'autre part il y aurait un effet de seuil peu réaliste après l'année de base

du fait du changement de taux d'actualisation. Enfin, et c'est fondamental, puisque l'ensemble des états de TRANUS seraient modifiés (en particulier la forme urbaine et le partage modal), les scénarios de référence ne seraient plus strictement comparables (on considère que l'on compare les tirs avec des scénarios de référence ayant le même taux).

Nous faisons donc le choix de simuler avec un seul taux d'actualisation et d'ensuite recalculer, hors du modèle, les coûts « comme si » nous étions dans une situation avec un taux d'actualisation différent. Encore une fois, puisqu'il n'y a pas un taux unique parmi tous les ménages, notre travail avec deux taux d'actualisation est avant tout une analyse de sensibilité des coûts, plus qu'une analyse des changements de comportement suivant le taux utilisé par les ménages. En effet l'objectif principal est de comptabiliser des coûts de réduction dans des trajectoires urbaines contrastées et non d'estimer le niveau de déploiement de telle ou telle technologie suivant les taux choisis par les ménages. Pour faire cela, il serait préférable d'avoir un modèle à part entière, désagrégeant les ménages et leurs comportements d'acquisition des véhicules particuliers (en particulier en distinguant achat et coût d'usage, alors que dans TRANUS nous utilisons un coût kilométrique).

Nous choisissons de nous placer dans un monde (simulation avec TRANUS) avec un taux élevé, qui nous parait plus réaliste comme le montre le décalage entre le monde décrit par des analyses montrant des coûts négatifs des travaux dans le bâtiment et la réalité où ses travaux ne se font pas. En effet, en prenant un taux de 6%, le Conseil d'Analyse Stratégique considère qu'il le sous-estime dans le cas des VEVHR, et cite l'exemple du taux de 15% ou plus pour certains ménages. Nous choisissons un taux de 20%, conscient qu'en faisant de la sorte, nous faisons ressortir le coût d'achat de ces nouvelles technologies automobiles. Ce taux apparait toutefois réaliste pour les travaux dans les bâtiments (échanges dans le Projet AETIC). Quand nous recalculons avec un taux de 4%, cela équivaut à imaginer des politiques permettant de favoriser l'acquisition de cet équipement capitalistique qu'est le véhicule électrique (subventions par exemple).

Pour les véhicules thermiques, nous recalculons aussi un coût à la baisse du fait de ce nouveau taux d'actualisation. On peut penser que le changement de taux pour les véhicules thermiques parait moins réaliste que pour les VEVHR. En effet les VTH sont moins porteurs du risque inhérent à une nouvelle technologie et l'hypothèse d'un taux de 20% parait forte. Toutefois, on remarque que pour les véhicules thermiques aussi, certains ménages raisonnent avec un taux élevé, cela explique le succès de véhicules *low cost* tel que la Logan, présentant un coût inférieur d'investissement mais des coûts d'usage plus élevés que d'autres véhicules équivalents classique (CAS, 2011, p131). Par ailleurs, le parc VTH étant moins capitalistique et davantage fourni en véhicules d'occasion, le changement de taux a un effet moindre que pour les VEVHR. Enfin, cette solution d'opter pour les mêmes taux d'actualisation nous parait préférable par souci de cohérence.

5.1.2 Actualisation des tonnes de CO_2 et valeur tutélaire.

Derrière les différentes valeurs que l'on peut trouver en termes de valeur du CO_2 se cachent en fait différentes approches théoriques, différents référentiels et espaces d'analyse, (Quinet, 2009). Il est donc nécessaire de replacer notre calcul de coût d'abattement dans ce contexte. En particulier cela nous permettra de déterminer notre choix de taux d'actualisation pour les flux de CO_2 évitées.

Il est utile de rappeler qu'il n'y a pas de valeur carbone à proprement parler dans notre simulation, nous nous plaçons dans un monde sans valeur explicite du carbone (contrairement à un modèle d'équilibre général ou un modèle énergétique d'équilibre partiel) et l'objectif du travail est bien de révéler cette valeur par l'analyse des actions mises en place. La méthode est généralement qualifiée d'*expert-based*, *bottom-up* ou méthode *d'ingénieur*.

Dans une logique coût-efficacité, traiter la question de l'actualisation des flux de CO_2 revient à faire une analogie avec un kWh ou un litre d'eau et avec la manière dont les entreprises qui les produisent raisonnent. Elles actualisent positivement ces flux comme un flux d'argent, un kWh produit dans 20 ans a moins de valeur qu'un kWh produit aujourd'hui. Cette analogie prend bien sûr tout son sens quand on se place dans un marché carbone où l'on vend ces tonnes économisées. L'idée est qu'une politique climatique *produit* des réductions au même titre qu'une entreprise produit des kWh. On se place dans une logique de vente pour comprendre comment traiter cette quantité dans le calcul (d'une certaine façon, si demain on se mettait à vendre ces quantités, nous conserverions le même prix, preuve que le calcul économique était pertinent…).
Dans un autre registre, non plus basé sur l'efficacité mais basé sur les dommages, on peut justifier cette actualisation positive en disant que les tonnes de CO_2, et le changement climatique qu'il implique, produisent des dégâts monétaires dans le futur. Comme tous coûts dans le futur, il est nécessaire d'actualiser positivement ces flux de dégâts monétaires et donc les flux de CO_2 avec un taux de 4%, si on prend un taux public. Ainsi il est clair qu'il faut un taux d'actualisation positif de 4% pour les flux de CO_2.

Mais par ailleurs, comme expliqué par Sterner et Pearsson (2008) et Lebègue (2005), « Le taux d'actualisation se comprend comme l'ensemble formé par le taux d'actualisation et un système de prix relatifs des biens dans lequel notamment le prix de l'environnement croît nettement par rapport aux autres. ». **En plus de la question de l'actualisation, se pose alors la question de l'évolution de la valeur carbone.**
Une fois encore on peut distinguer deux logiques. La valeur tutélaire croissante du carbone définie par le rapport Quinet (la valeur du carbone augmente d'environ 5.9% entre 2010 et 2030 et de 4% entre 2030 et 2050) relève d'une logique coût efficacité. La croissance de la valeur d'ici à 2030 « repose sur l'idée que la transition vers une valeur du carbone élevée doit être progressive pour deux raisons : exploiter en priorité les gisements d'abattement à faibles coûts aujourd'hui disponibles ; ne pas peser sur la croissance et faciliter la gestion des transitions économiques, sociales et professionnelles. » (Quinet, 2009, p13). L'objectif est aussi de faire en sorte que le carbone ne soit pas « écrasé » dans

les calculs de bilan socio-économique, son prix relatif augmente au fil du temps[118]. La détermination de cette trajectoire repose sur l'usage de simulations, et « la valeur de la tonne de carbone ne dépend pas de l'effet qu'elle aura sur le changement climatique mais du niveau de contrainte sur les émissions et des mécanismes de flexibilité associés pour les réduire » (Quinet, 2009).
La seconde logique (par exemple à l'œuvre dans le rapport Stern) est celle du coût/avantage, dans cette logique on cherche à déterminer la trajectoire mondiale optimale et ainsi le coût marginal de réduction d'une tonne doit égaliser le dommage marginal de cette tonne. Cela conduit aussi à une hausse progressive du coût carbone. Chaque tonne supplémentaire émise aurait un effet croissant, ainsi on valoriserait de manière croissante les réductions des émissions. Enfin, si l'on raisonne en termes de budget carbone à respecter, une tonne réduite aujourd'hui a la même valeur qu'une tonne réduite demain, ce qui signifie qu'il y a une croissance de sa valeur égalisant le taux d'actualisation.

La question est la suivante : doit-on ou non intégrer une croissance de la valeur du carbone dans notre calcul de coût d'abattement ? Doit-on intégrer cette évolution du prix relatif du carbone ?

Si l'on se place dans une approche de bilan socio-économique, la réponse est claire : il faut, en plus de l'actualisation à 4%, valoriser ces tonnes avec une valeur tutélaire croissante. Pour les coûts d'abattement cela nous ramène à une question de point de vue et de nature du calcul, et à la question suivante : comment va-t-on utiliser l'instrument de mesure *coût à la tonne* ? Si par exemple l'on se plaçait dans la situation d'un acteur privé pour prendre une décision d'investissement dans un monde où il existe une taxe carbone et qu'il est possible de faire une anticipation sur son évolution alors la croissance du prix carbone doit bien sûr être prise en compte dans le calcul. Si l'on souhaite calculer des coûts à la tonne pour comparer avec la littérature cela dépend donc de ce qui est généralement fait dans ces exercices. On remarque que c'est un élément du calcul qui n'est pas spécifié lorsque sont présentés des courbes de coûts d'abattement. Gitz dans sa thèse portant sur la séquestration, identifie plusieurs métriques pour les tonnes de CO_2, avec ou sans actualisation, et considère que cela est « à l'origine de nombreuses confusions dans l'interprétation des coûts unitaires de projet de séquestration » (Gitz, 2004, p260) et appelle à la vigilance.
Du fait de notre approche coût-efficacité, nous nous écartons de la vision coût social du carbone. Dans cette vision, la perspective globale retenue implique que l'analyse des coûts de réductions de différents types d'actions n'est pas séparable de l'analyse de la trajectoire du coût : il y a un bouclage global. Nous nous plaçons dans une logique coût-efficacité. Les MACCs sont utiles pour déterminer les mesures qui devraient être mises en place pour réduire les émissions, pour déterminer le niveau d'ambition qui fait sens dans un secteur vis-à-vis d'autres secteurs, elles doivent permettre d'améliorer l'efficacité de la stratégie engagée. C'est un exercice de nature micro-économique. Il s'agit de plus

118 « Il convient de souligner que la croissance de la valeur du carbone à 4 % l'an tend à accroître son importance par rapport aux autres éléments du calcul de rentabilité (gains de temps, de sécurité, etc.). En effet, cette valeur, contrairement aux autres, n'est pas « écrasée » par l'actualisation au fur et à mesure que l'horizon s'allonge. », ainsi « la valeur du carbone retenue constitue plus généralement un élément de référence pour évaluer la pertinence environnementale des politiques publiques de réglementation, de subventions ou de dépenses fiscales ».

d'une approche locale, au sens où elle n'a pas vocation à être bouclée avec le reste du monde et des politiques climatiques.
La valeur tutélaire croissante du carbone répond à une autre logique. Il s'agit de définir la trajectoire optimale permettant d'atteindre un certain niveau de changement climatique considéré comme acceptable, ce qui se traduit dans une trajectoire d'émissions donnée. Cela se veut être un cadre global prenant en considération l'ensemble des acteurs. **La production de MACCs et l'estimation des valeurs tutélaires correspondent donc à des exercices d'analyses économiques complémentaires,** qui doivent dialoguer, mais qu'il n'est pas pertinent de mélanger.

L'hypothèse sous-jacente d'un calcul sans prise en compte de la croissance de la valeur tutélaire est donc que **l'on se place dans un monde sans valeur du carbone à priori. La valeur tutélaire est la valeur duale de la contrainte physique, si l'on change la cible, on change la valeur de la tonne de carbone, si l'on n'a pas de cible, on n'a pas de valeur. Dans notre travail nous n'avons pas de cible à priori** : il s'agit justement, en assemblant les différents secteurs de déterminer le niveau d'ambition à avoir dans chacun d'entre eux.
L'objectif du calcul est de déterminer les coûts de différentes mesures d'abattement mais aussi plus largement de donner des indications sur le niveau de ces coûts, ce qui peut instruire les exercices d'estimation des valeurs tutélaires. La justification pour ne pas prendre en compte une croissance préexistante du coût carbone dans un travail de calcul d'une courbe de coût d'abattement, est donc que justement, l'objectif du travail, sa nature, est d'une certaine façon de recalculer une trajectoire de coût carbone, pour le secteur et l'espace considéré, afin d'instruire la stratégie de réduction. Vouloir construire une courbe de coût d'abattement, c'est d'une certaine façon vouloir reconstruire la « valeur tutélaire » du secteur étudié.

Par ailleurs, ajouter une croissance de la valeur carbone dans ce calcul reviendrait à faire une anticipation parfaite. Cela revient aussi à s'interroger sur la façon dont a été calculée la valeur tutélaire. Dans IMACLIM, les agents anticipent les prix du carbone, mais de façon imparfaite : soit ils prennent le prix d'aujourd'hui et anticipent qu'il restera constant, soit ils font une extrapolation des tendances des dernières années. De même dans POLES, plusieurs niveaux d'anticipation sont testés.

Enfin, une des difficultés pour penser cette question vient du fait que l'on calcule des coûts à la tonne pour plusieurs motifs et de plusieurs façons. Dans notre exercice nous calculons à la fois des coûts bruts (avec seulement des coûts économiques pris en compte) et des coûts incluant des externalités (pollution locale, bruit, voir temps de transport) pour avoir un coût « complet » de la tonne abattue, ce qui change d'une certaine façon la nature du coût d'abattement, le rapprochant d'un bilan socio-économique pour lequel il est nécessaire de prendre en compte cette croissance de la valeur carbone.

Cette question nous a donc invités à revisiter la nature des coûts que l'on calcule et des outils d'analyse économique que nous utilisons.

5.2 Les difficultés méthodologiques : concilier scénarios, mesures systémiques et courbes de coûts marginaux.

Il existe une difficulté inhérente à considérer conjointement coût et scénario : il y a toujours une tendance à les dissocier pour faciliter l'analyse pour ensuite les réassembler. Pourtant ils sont indissociables, un coût est un surcoût, c'est-à-dire une variation entre deux scénarios, où des décisions ont différé. Nous avons vu au début de ce chapitre que le bilan social global prend tout son sens lorsqu'il s'applique à plusieurs « histoires », plusieurs scénarios qu'il s'agit de comparer. Dans la planification, l'utilisation de scénarios urbains est un moyen classique de concrétiser les travaux de prospective et d'alimenter la réflexion sur les orientations pertinentes. Enfin les modèles LUTI sont le plus souvent utilisés pour tester les conséquences de plusieurs scénarios de développement urbain et c'est le cas dans notre travail. Mais lorsqu'il s'agit, à partir de scénarios, de construire des courbes de coût d'abattement, des difficultés spécifiques apparaissent.

5.2.1 Concilier mesures incrémentales et systémiques.

Nous avons vu dans le chapitre 5 qu'au niveau urbain, elles ont été utilisées de manière emblématique par McKinsey à Londres. Ces courbes prennent en compte des mesures ou ensembles de mesures, classées selon leur coût par tonne de CO_2 évitée en ordonnée, et faisant apparaitre, en abscisse, les quantités réduites. La lecture de la courbe permet, pour un objectif donné de réduction des émissions à un horizon donné, de calculer les coûts totaux d'une stratégie coût-efficace. Ce principe fonctionne bien quand les actions sont indépendantes entre elles, quand elles sont de l'ordre de la mesure incrémentale, l'amélioration de l'efficacité thermique des bus par exemple. On construit ainsi un programme de réduction en ajoutant les mesures par ordre d'efficacité. Toutefois ce type de travail présente de nombreuses limites : on se restreint à des mesures technologiques et on ne considère pas des mesures ayant un effet sur le système urbain. Enfin, et cela est particulièrement important vis-à-vis de notre problématique de planification, il n'y a pas de scénarios urbains servant de support de discussion.

Mais lorsque l'on souhaite évaluer des mesures systémiques, par exemple la mise en place d'une nouvelle ligne de bus, on se rend compte que la question se complique largement. L'efficacité de cette action sera en effet dépendante d'un grand nombre d'actions faisant système et conditionnant sa fréquentation, sa vitesse… : les projets urbains le long de la ligne, la politique de stationnement, la tarification des véhicules par l'intermédiaire d'un péage, la situation du reste du réseau de transport en commun, le prix de l'énergie…etc. Quel potentiel et quel coût faire alors apparaître sur la courbe ?
Nous pourrions prendre le partie de calculer un potentiel *statique* de cette mesure, en gardant des éléments tendanciels pour le reste du système urbain, on analyserait alors une à une toutes les mesures. Or ce potentiel n'aurait pas de sens, car une politique pertinente de réduction des émissions dans le transport combine forcément différentes mesures, afin de profiter des effets systémiques. Et disposer du potentiel de chaque mesure ne permet pas d'estimer le potentiel de leur implémentation

combinée ou successive car des effets systémiques sont à l'œuvre. On ne pourrait alors pas décrire et évaluer des trajectoires ce qui limiterait singulièrement la portée de notre travail.

Nous choisissons donc de prendre en compte cet aspect systémique : en considérant des paquets de mesures (bus sur site propre + politique stationnement par exemple). Nous testons donc ces paquets sur toute la période, puis nous ajoutons d'autres mesures pour lesquelles l'effet additionnel est évalué, ce qui comprendra des effets systémiques.

Concrètement cela signifie que le rectangle M3 est la contribution et le coût de la mesure 3 dans un « monde » où l'on a déjà appliqué M1 et M2 (schéma ci-dessous). Ces chiffres seraient différents si cela n'avait pas été le cas ou si d'autres mesures avaient été appliquées : le résultat pour M3 ne peut donc être considéré seul. Notre méthodologie permet donc d'intégrer l'aspect systémique de la ville, ce que le travail emblématique de McKinsey, par exemple, ne faisait pas, limitant fortement son apport à la planification urbaine.

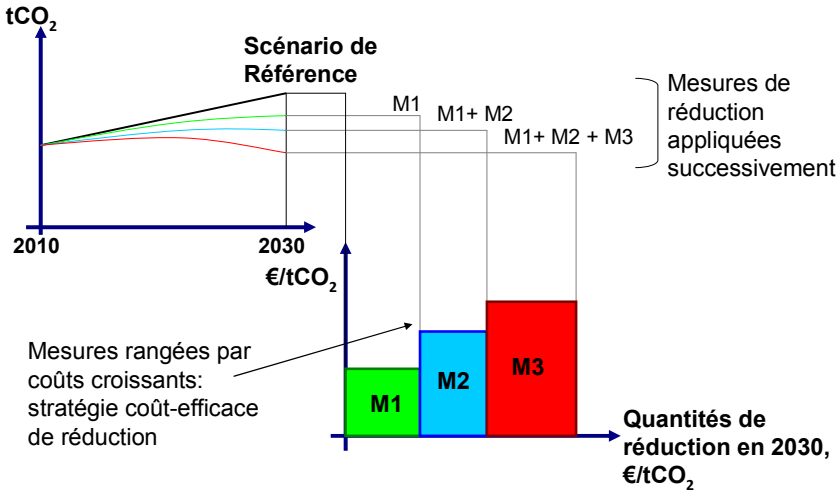


Figure 63 : schématisation d'une MACCs

Cela a toutefois une conséquence importante : puisque que les gains systémiques sont pris en compte, nous devons créer une séquence cohérente, par opposition à un catalogue de mesures indépendantes entre elles et de leur milieu d'application. Il nous reste donc les questions suivantes : quels critères choisir et comment construire la courbe ?

5.2.2 Comment construire la courbe ? Quels critères pour choisir des programmes d'actions ?

Cette question de la difficulté à produire des courbes de coûts marginaux se pose aussi dans d'autres types de modélisation et d'autres types de travaux économiques et il est utile d'en dire quelques mots pour mettre en perspective notre propre problématique. Nous prenons ici l'exemple du modèle POLES (Criqui, et al., 1999). Dans ce modèle d'équilibre partiel représentant les marchés de l'énergie, on peut actionner le levier du prix du carbone. En actionnant ce levier dans le temps, les agents sélectionnent un ensemble d'options techniques qui influent sur la consommation et le mix énergétique, on en déduit un potentiel de réduction pour chaque niveau de prix du CO_2. Les scénarios consistent en des contextes généraux différents et pour construire une CMR, on recherche une trajectoire efficace du

coût carbone pour réduire les émissions à un niveau donné. A chaque point de la CMR correspond donc à un ensemble d'options techniques actionnées par un ensemble d'agents. On comprend que l'intégration ou la comparaison avec des courbes du type de Mc McKinsey, qui prend les options techniques une à une pour évaluer leur coût-potentiel, relève du « casse-tête ». On comprend aussi avec ces éléments que la philosophie de POLES est complètement différente de celle de TRANUS. Pour le dire simplement, si nous actionnons un prix carbone dans TRANUS, les agents ne vont pas construire le tram ou mettre en place un péage !

Par ailleurs dans la logique de POLES et des travaux qui s'intéressent à l'efficacité énergétique, seule la logique prix guide les agents vers le choix de telle ou telle option technique. Dans TRANUS on essaie de simuler des trajectoires urbaines cohérentes qui ne reposent pas uniquement sur le prix au premier degré : la construction du tram se justifie par la réduction des émissions mais aussi par l'amélioration des temps de transport des usagers et par la réorganisation de la voirie, de la revitalisation de la zone traversée..., dans une logique urbaine.

Au delà de la question des critères (coût ou faisabilité sociopolitique), il faudrait, pour optimiser la trajectoire, découper nos mesures en quelque chose qui ressemble à ce qui existe dans Pôles : des petits bouts de bus, de tram, de péage et de VE, que nous ferions évoluer linéairement pour trouver les coûts/potentiels optimaux. D'une part ça ne parait ni faisable ni réaliste, d'autre part l'optimisation resterait illusoire, du fait d'une infinité de trajectoires possibles. Enfin tous les critères urbains, politiques seraient caducs. Pour faire comme McKinsey, nous avons vu que nous devions nous restreindre à des mesures incrémentales, ce qui limiterait largement l'intérêt de notre travail. Nous devons donc trouver une démarche propre. Du fait de l'absence d'un continuum possible dans les politiques de transport, c'est-à-dire que l'on ne peut pas mettre des petits bouts de tram ou de péage, il n'y a pas d'autres méthodes que de passer par la construction de scénarios cohérents, représentant des séquences de mesures, pour réaliser ce travail. Nous sommes bien dans une **logique où l'on teste plusieurs scénarios qui nous paraissent pertinents, mais non dans une optimisation à partir d'une exploration des possibles** : TRANUS n'est pas fait pour ça avec autant de scénarios et de paquets possibles.

La valeur ajoutée d'une modélisation urbaine pour évaluer les coûts et bénéfices de politiques publiques, par rapport à un travail à une échelle plus macro et nationale, est d'apporter davantage de détails et d'analyse à ce qui fait l'urbain : son aspect systémique. Ainsi nous souhaitons utiliser des critères urbains afin d'adapter les séquences de mesures testées avec les scénarios de développement. Les politiques de transport, que nous évaluons dans leur dimension « émissions de CO^2 », sont constitutives des trajectoires urbaines, à la fois conséquences et causes, on ne peut les dissocier des politiques d'usage des sols comme des phénomènes d'urbanisation. Il faut donc estimer le degré de cohérence qui existe lorsque nous choisissons d'appliquer une mesure dans tel développement urbain, il faut aussi choisir des mesures qui peuvent favoriser la réalisation de tel développement urbain (nous y reviendrons dans la partie suivante). Il peut ainsi être plus pertinent de mettre en place une mesure dans un scénario plutôt que dans un autre. Par ailleurs la nécessité de créer une séquence cohérente se justifie aussi par le fait que les mesures de transport testées ne sont pas uniquement mises en place pour des motifs « climatiques » comme pourrait l'être une rénovation de bâti par exemple.

Cette méthodologie s'éloigne donc d'une certaine façon des courbes de coûts marginaux traditionnelles, le critère économique n'est pas le seul utilisé pour construire la courbe. **Nous souhaitons prendre en compte la faisabilité politique, technique et financière en plus du critère de minimisation des coûts** dans l'élaboration des séquences testées ensuite avec TRANUS.
Au final, ces choix peuvent donc conduire à des courbes de coûts non croissants, ce qui peut apparaître contradictoire avec le concept même de MACCs. Mais cela n'apparait contradictoire ni avec notre problématique générale qui est d'apporter une analyse économique dans la planification, qui serve de support aux débats et à la discussion dans le cadre des choix d'orientations, ni avec notre perspective de simulation prospective et non d'optimisation. Notre méthode permet bien la discussion avec les décideurs locaux, et le caractère discutable des scénarios est justement un aspect clé. On peut en discuter, identifier d'autres scénarios et variantes, puis les tester, c'est l'objectif de l'outil.
Enfin il n'existe pas un coût mais des coûts pour chaque mesure (suivant le taux d'actualisation choisi, le périmètre, différentes hypothèses de calcul, les incertitudes…nous le verrons dans le chapitre 7) : il n'y a pas de hiérarchie univoque entre les mesures, relativisant ainsi fortement la notion de classement par coûts croissants. A cela s'ajoute les limites inhérentes à la modélisation (éléments non pris en compte, rationalité limitée des ménages…). Le choix de la séquence de mesures se comprend donc comme une logique d'aller-retour entre planificateur et économiste, et se fait suivant des critères de coût, de faisabilités politiques et financières mais aussi suivant l'apport des mesures pour faciliter, accompagner et rendre possible la réalisation du scénario urbain.

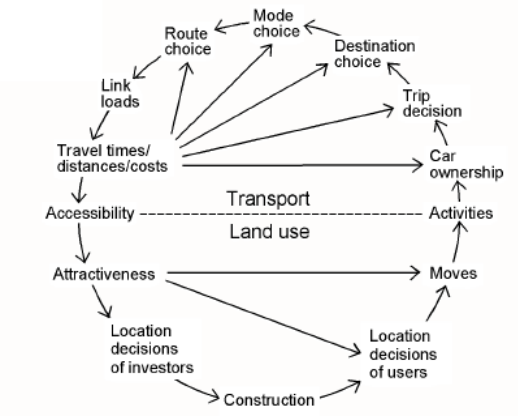
Nous voyons ici que notre exercice de modélisation au service de la planification ne peut être neutre, comme nous l'avons expliqué au chapitre 5. Dans le choix fini des mesures que nous pouvons tester, il est nécessaire de faire des choix qui dépassent le stricte cadre de la simulation. Pour reprendre Klosterman (2012) nous en revenons à la nature de la planification et aux limites de la science. Nous considérons que l'optimisation réside dans le processus de planification, dans la recherche, par les planificateurs, des orientations les plus bénéfiques aux territoires, en prenant en compte toutes les dimensions et non pas simplement la dimension économique. Plutôt que de chercher une trajectoire optimale économiquement ; nous souhaitons simuler des orientations et calculer leurs bilans économiques, pour enrichir la démarche de planification en apportant un résultat plus flexible. **Notre méthodologie permet au final de concilier scénario et courbes de coûts marginaux.** Notre démarche a donc un caractère hybride, entre un examen statique des actions envisageables, à la McKinsey, et une vision prospective et une construction de scénarios formant des images cohérentes.

6. Scénarios urbains et mesures de transport.

Il est nécessaire de revenir dans cette sous-partie sur la question de l'interaction transport-usage des sols. En effet, l'objectif de notre travail est d'accompagner la simulation des trois formes urbaines de l'application de paquets de mesures de réduction des émissions du transport, il s'agit donc de faire en sorte que ces mesures soient cohérentes avec les trois trajectoires contrastées. Il faut considérer les deux termes du couple transport-usage des sols conjointement, car l'analyse de ce couple dévoile des interactions, des compatibilités comme des incompatibilités entre les différentes options entrevues.

Mais la question de l'interaction entre transport et usage des sols est délicate. Si le fait que la séparation dans l'espace des activités et des populations implique des besoins de mobilité est bien compris et forme la base de la prévision dans le domaine du transport, la relation inverse est beaucoup moins évidente, la nature exacte des impacts du transport sur l'urbanisme n'est pas très bien identifiée même par les planificateurs (Lausto, et al., 2004). C'est bien l'objectif des modèles LUTI que d'être un outil permettant d'analyser ces relations. Ces modèles le font à partir des théories économiques qui décrivent les interactions entre ces différentes composantes (voir figure ci-dessous).

Figure 64 : interaction transport usage des sols



Source : (Lausto et al, 2004)

Ainsi le modèle permet de représenter un certain nombre d'effets : l'accessibilité apportée par les infrastructures de transport favorise l'attractivité des zones considérées, cela augmente la probabilité d'une part que ces zones soient choisies par les agents pour se localiser, et d'autre part que des changements d'utilisation des sols soient réalisés pour s'adapter à cette nouvelle situation et tirer parti de l'accessibilité en hausse. Cet effet doit être mis en contexte avec l'évolution des autres zones de la ville, l'évolution des conditions de mobilité (coût, congestion…) afin d'en estimer les impacts, en particulier sur les caractéristiques de la mobilité (temps et distance, émissions, choix des modes…). La répartition des densités, la taille de la ville et la distribution des fonctions urbaines ont aussi un impact sur la longueur des déplacements moyens et les modes utilisés, comme nous l'avons rapidement examiné dans le chapitre 5. Tous ces éléments sont représentés par le modèle, la simulation permet aussi de vérifier la cohérence entre les capacités et les spécificités (implantation territoriale, qualité) du système de transport et les développements urbains : c'est bien sûr un point clé de la planification urbaine que d'éviter par exemple une défaillance du système de transport du fait d'une inadéquation avec les formes de la croissance urbaine (que ce soit du fait d'une incapacité des ménages à se déplacer pour des questions de budget, d'une congestion généralisée ou d'une sous capacité des infrastructures de transports en commun).

Elle permet aussi de mesurer des niveaux d'efficacité économique et énergétique, Lefèvre (2008) montre par exemple avec TRANUS que la mise en œuvre d'une politique intégrée transport - usages des sols (réglementation du foncier ; politique du logement, fiscalité) permet de maximiser les effets positifs des investissements dans les infrastructures de transports en termes de consommation

d'énergie (elle permet en particulier d'agir fortement sur le A (activité dont distance parcourue) et le S (partage modal) de ASIF).

Toutefois, d'autres facettes de ces phénomènes ne sont pas modélisables directement, soit qu'elles sortent du champ de l'analyse économique, soit qu'elles impliquent un niveau de finesse beaucoup trop important, soit plus largement car elles font interagir de manière très complexe des éléments économiques, sociaux, techniques et politiques. Ainsi il est nécessaire de mettre en cohérence les mesures de transport choisies avec les trajectoires urbaines, en prenant en compte tous ces éléments non modélisables. Ces éléments concernent la dynamique politique, la production de visions du territoire, des processus de construction de la ville ou des anticipations que les acteurs réalisent. L'objectif de cette sous-partie est de replacer notre travail d'analyse économique avec le modèle TRANUS dans un cadre plus large d'analyse prospective de la ville, en examinant brièvement ces éléments qui ne sont pas directement modélisables, avant de décrire les séquences de mesures choisies. L'objectif est donc d'enrichir la vision d'ensemble portée par nos scénarios mais aussi de discuter des limites dans lesquelles il est possible d'analyser de manière rigoureuse les résultats de la modélisation.

6.1 Replacer l'analyse économique dans un cadre plus large.

La littérature montre qu'il faut se méfier des raisonnements systématiques qui font que la construction d'une infrastructure de transport impliquerait directement une urbanisation plus forte le long des axes, une densification ou une hausse des prix immobiliers. Offner (1993) s'inscrit en faux contre une « vision déterministe des rapports entre réseaux de transport et structures urbaines » portée par des notions comme celles d'impact ou d'effet structurant. Offner parle de mystification scientifique car de nombreux exemples empiriques contredisent cette « causalité linéaire entre le développement d'une offre nouvelle de transport et des transformations spatiales, sociales ou économiques ». Fristch (2007) par exemple, à partir de son analyse ex post des effets des tramways à Nantes sur la construction privée ne trouve pas d'effets significatifs du tramway sur la construction de logements collectifs privés dans l'agglomération de Nantes. Nguyen-Luong et Boucq (2011) dans leur étude sur les effets de la construction d'infrastructures de transport urbain en Ile de France, montrent que l'effet à la hausse des prix immobiliers n'est pas du tout automatique et identifient un ensemble de conditions qui doivent être respectées pour que l'effet soit identifiable[119]. Le potentiel effet sur les prix dépendra du croisement entre ces 8 facteurs. A cette critique empirique, Offner (1993) joint une critique théorique, il n'est pas pertinent de considérer le facteur technique indépendamment d'autres facteurs (sociaux, économiques, politiques…) car des interactions clés sont à l'œuvre. Il ne faut pas évaluer le projet mais la politique et il faut considérer l'offre de transport comme un « facteur d'amplification et d'accélération de tendances préexistantes mais aussi comme instrument potentiel de stratégies des acteurs territoriaux » (Offner, 1993). La notion de risque pour une opération urbaine

[119] Type de l'infrastructure nouvelle : mode lourd (Rer), mode léger (tram ou bus) ; Existence d'une offre de transport antérieure et niveau de service de cette offre ; Distances du logement aux arrêts et à la ligne ; Distinction appartement / maison; Contexte local (image et histoire du secteur, typologie sociale, densité, dynamisme) ; Aménagement/requalification de l'espace accompagnant la construction de l'infrastructure ; Conjoncture immobilière générale ; Période à prendre en compte avant la mise en service (anticipation) et après la mise en service (temporalité de court, moyen ou long terme.

joue aussi probablement ; investir dans le transport est probablement une façon de réduire le risque d'échec, on chercherait ainsi non pas un effet automatique, mais plutôt à contribuer au succès d'une politique plus large. Au final Offner parle de congruence, l'effet dépendra d'une adéquation structurelle entre différents éléments, le modèle de causalité linéaire, valable dans les sciences exactes, ne l'est pas dans les sciences sociales. L'explication d'Offner est importante car ce discours simple est encore souvent à l'œuvre dans de nombreux projets. Il fournit en effet des arguments simples et en apparence solide aux décideurs favorables à ces investissements (on pense ici aux discours sur l'effet attendu sur l'emploi des infrastructures du Grand Paris, l'impact de nouvelles autoroutes ou de l'arrivée d'un TGV… voir par exemple Crozet (2012) pour une analyse critique de ce type de raisonnement).

Nous retenons que cet argumentaire est en phase avec les éléments que nous avons développés au chapitre 5 sur l'usage des LUTI : ces modèles ne peuvent pas faire de la prévision, ils sont là pour servir de support à la réflexion dans le cadre de la planification, aux côtés d'autres natures d'analyse. Le modèle permet d'identifier des zones et des effets d'intérêts, il donne une carte du *probable* et du *potentiel*, permettant d'orienter le planificateur dans sa réflexion. Plus simplement, en simulant cette interaction, le modèle incite à y prêter plus attention, ce qui est déjà un résultat en soi. La simulation ne peut donc être utile que dans un exercice plus large de prospective et d'analyse.

6.2 Les transports pour construire l'espace physique et politique de la ville.

Nous avons vu dans le chapitre 1 - 4.2.1, que les politiques de transport en commun ne se limitent pas à la construction d'infrastructure, à la définition d'une offre, elles ont un lien fort avec les collectivités locales. Elles ont en effet joué un rôle important dans la constitution de l'échelon intercommunal et constitue aujourd'hui un levier comme un autre pour agir sur la ville. On sait que les TCSP ont été tout autant des outils de requalification urbaine que des outils de mobilité proprement dit. Les exemples de contrats d'axes, que nous avons décrits dans le chapitre 4, sont révélateurs de cela. Leur existence est une preuve de plus à l'argumentaire d'Offner, pour le dire simplement, si les effets induits étaient automatiques, nous n'aurions tout simplement pas besoin des contrats d'axes.

Ainsi on conçoit de plus en plus les politiques de transport comme des politiques d'urbanisme : elles ne répondent pas seulement à une offre, elles construisent et organisent une demande, elles construisent l'espace urbain et son cadre de vie de manière explicite (partage de l'espace public, niveau de nuisances dû au transport) (Stambouli, 2005). Par exemple à Grenoble, la mise en place du tram D à Saint Martin d'Hères a facilité la politique de renouvellement urbain et les grandes ZAC (Zone d'Aménagement Concertée) qui sont en cours. La politique de transport a précédé le lancement de l'action urbaine en permettant de renforcer l'attractivité de ces zones qui étaient relativement marginalisées du centre de l'agglomération, à la fois par le service mobilité que rend cette infrastructure et par l'action de régénération urbaine sur le quartier traversé. L'infrastructure de transport apparait comme un outil de structuration urbaine permettant de réinsérer des quartiers ou des morceaux de ville dans l'agglomération en apportant accessibilité mais aussi dynamisme pour la mise en place de projets de développement urbain par exemple à partir de friches industrielles.

Ainsi dans notre choix de mesure, nous devons être attentifs à l'adéquation entre la vision de la ville portée par les collectivités et les mesures de transport mais aussi considérer les mesures comme des moyens de construire la ville décrite par nos scénarios.

7. Description des séquences de mesures.

Voici les paquets de mesures qui seront implémentés de manière progressives pour construire la courbe de coûts de réduction des émissions (chacun ayant sa chronologie propre, l'ordre entre les paquets représente un niveau d'effort croissant et non une application progressive dans le temps). Dans chaque scénario, un ensemble de mesures d'usage des sols a préalablement été mis en place, ce qui a conduit à nos trois formes urbaines de référence. Néanmoins des mesures d'urbanisme additionnelles (densification type contrat d'axe) seront mises en place en même temps que certaines mesures de transport (par exemple extension de tramway). Nous décrivons les séquences de chacun des scénarios. Ensuite nous décrirons plus précisément chacune de ces mesures en annexe.

Scénarios	**Mesure 1**	**Mesure 2**	**Mesure 3**	**Mesure 4**	**Mesure 5**
Concentration urbaine	BHNS	Péage	Extension Tramway	VEVHR	Covoiturage
Expansion urbaine	Péage	VEVHR	Extension Tramway	Transport Interurbain	Covoiturage
Renforcement Multipolaire	Péage	Extension Tramway	VEVHR	Transport Interurbain	Covoiturage

Tableau 27 : les 3 séquences de mesures

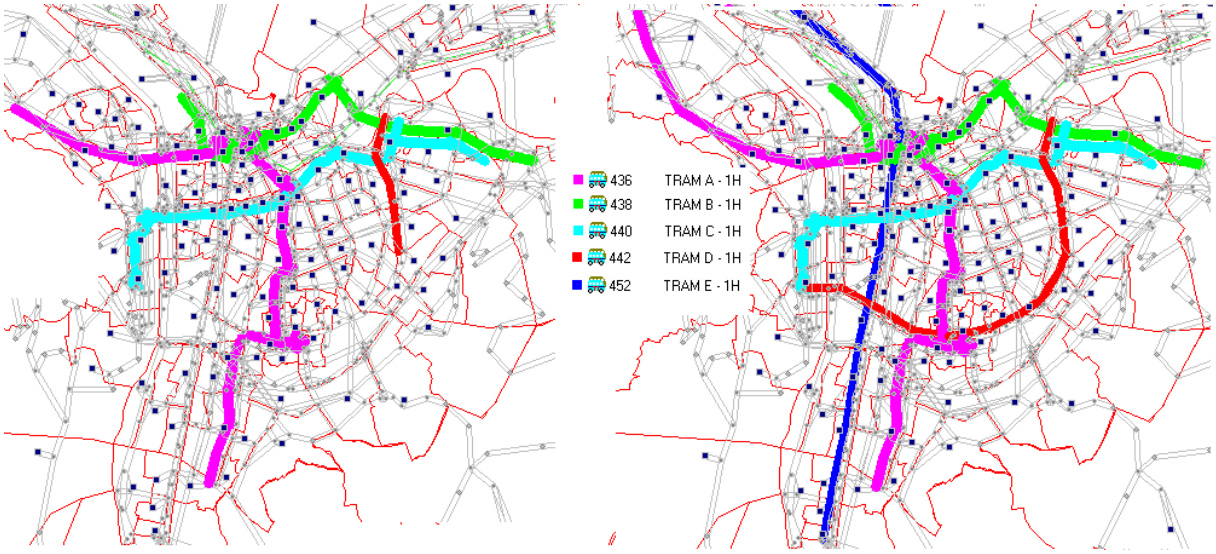


Figure 65 : le réseau de tramway à l'année de base et en 2030 avec les extensions (ligne E construite dans le scénario de référence)

Dans le scénario Concentration Urbaine nous avons souhaité tester l'effet sur les émissions de CO_2 d'une politique de renforcement de l'agglomération extrêmement ambitieuse, que ce soit en termes quantitatifs par le nombre de logements produits et le nombre d'emplois attirés et créés ; ou

que ce soit en termes qualitatif pour le tissu urbain par la forte densification de la première couronne et des pôles de la seconde, densification qui témoignerait d'un changement de perception dans leur rapport à l'urbain (surtout pour cette dernière couronne). Néanmoins, et au-delà des possibilités et difficultés que proposent les politiques d'usage des sols et de logement pour atteindre cette image de l'agglomération, la réalisation de ce scénario n'est possible que si la politique des transports s'avère être, non seulement cohérente, mais plus que cela, un moteur, comme nous l'avons expliqué précédemment.

Mesure 1 : BHNS

Description : mise en place de BHNS pour les lignes de bus les plus fréquentées de l'agglomération : voies de bus afin d'améliorer leur circulation (vitesse et fiabilité des temps de parcours), stationnement réduit autour des nouvelles infrastructures, pistes cyclables, augmentation des fréquences. Dans notre modèle cela s'accompagne par une baisse des pénalités (estimées lors de la calibration) pour ces bus par rapport au bus « normaux » (intermédiaire entre un bus normal et un tramway), la fiabilisation des temps de parcours, la fréquence plus grande, le travail d'affichage pour valoriser cette nouvelle offre le justifient. Au final, 37 kilomètres de sites propres dans les deux sens sont réalisés, ce qui représente donc environ 18.5 kilomètres d'aménagement.

Coûts : l'investissement est de 85M€ pour les sites propres, et l'aménagement nécessaire (station, croisement…), cela revient à 5M€ /km pour les sites propres (18.5 km) et pour l'achat de nouveaux bus (300 000€ pièce). Nous calculons et actualisons une valeur résiduelle pour ces investissements à la fin de notre période de temps (2030) que nous retranchons à l'investissement.

Pourquoi cette place dans la séquence : La dynamisation des bus a déjà bien fonctionné pour la ligne 1 dans le réseau grenoblois, il y a donc un potentiel en termes d'efficacité. Il y a aussi un potentiel d'amélioration en termes de perception par les usagers qui, aujourd'hui, n'ont pas toujours une image du bus en adéquation avec leurs performances réelles. Le renforcement du réseau de transports en commun est aussi cohérent avec le scénario de concentration urbaine. Les BHNS représentent un investissement moindre que celui nécessaire pour le tramway, ce qui est un point particulièrement important dans la situation financière actuelle. Nous verrons que le coût à la tonne de cette option justifie aussi ce positionnement. Enfin réaliser cette action peut permettre de préparer les actions futures, par exemple en améliorant l'acceptabilité d'un péage urbain.

Ainsi, ce paquet nous apparait comme le 1er paquet car après des investissements importants dans les trams durant les dernières décennies, qui ont permis d'équiper les zones à plus forts potentiels et ont aussi impliqué une dette importante, la priorité aujourd'hui est de rationnaliser l'offre autour de ligne de bus plus structurantes et plus attractives afin de conquérir plus d'usagers, tout en limitant les investissements. Cela s'accompagne d'une restriction de la place de la voiture (site propre) et d'un développement des infrastructures pour les modes doux, afin de favoriser l'acceptabilité et l'attractivité de la ville dense.

Mesure 2 : Péage et Stationnement :

Description : Durcissement de la politique de stationnement dans toute l'agglomération à partir de 2015 : il y a moins de places disponibles, on élargit la politique de stationnement payant qui existe

déjà dans le centre de Grenoble. Cela permet de dégager de la place pour vélo et piéton (on crée aussi de nouvelles pistes cyclables). Parallèlement, on met en place un péage urbain de zone (se déplacer dans la zone coûte 4€/jour) à l'entrée de Grenoble (intra rocade). Un péage de zone fait en sorte que les résidents comme les entrants paient le péage et permet ainsi une certaine équité et solidarité territoriale, vis-à-vis des externalités locales (bruit, pollution atmosphérique) et globales (CO_2) de la circulation automobile.

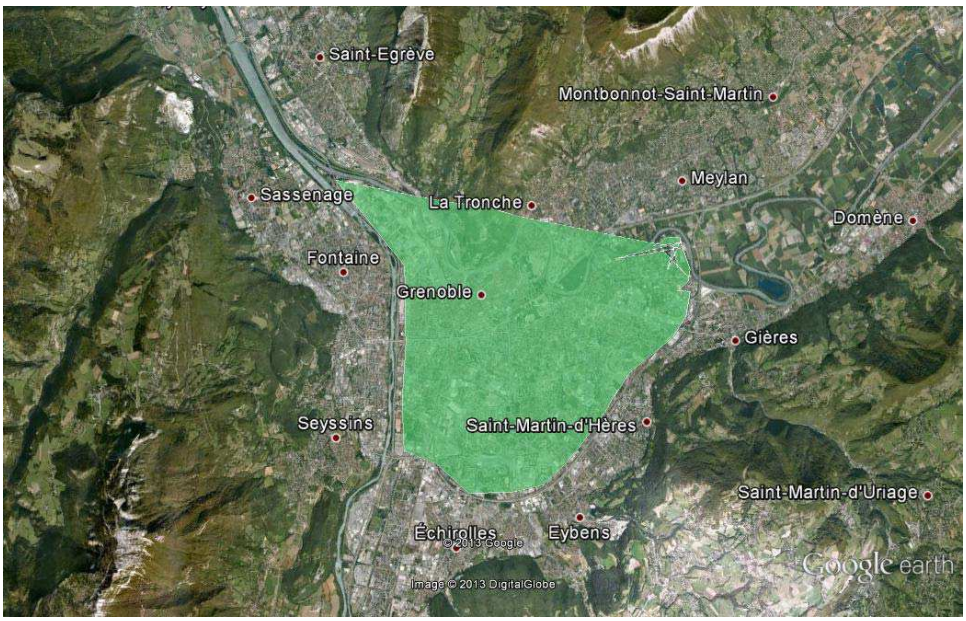


Figure 66 : le périmètre du péage urbain testé

Coûts : exploitation et investissement amorti sur 15 ans (2015-2030) : 25M€/an.

Pourquoi cette place dans la séquence : Nous ne mettons pas cette mesure avant, car l'acceptabilité est difficile, et de plus elle est améliorée par la mesure 1. On choisit de la mettre en deuxième position et non après, car le potentiel de réduction des émissions de polluants locaux et CO_2 est très important. Or la problématique des polluants locaux dans la « cuvette » de Grenoble est cruciale : l'agglomération est l'une des agglomérations françaises dépassant les seuils fixés par l'Europe, elle avait ainsi engagé une procédure ZAPA (Zone d'Action Prioritaire pour l'Air). Le péage permet aussi de générer des financements pour continuer les investissements dans les transports en commun ainsi que de réduire la congestion.

Ce paquet nous apparait comme un bon allié du paquet précédent dans son ambition d'aider les TC à conquérir plus de part de marché. Il nous semble donc logique d'estimer son apport additionnel. Son application nous parait en effet plus faisable dans une séquence où une offre de TC la précéderait plutôt que le contraire. En effet cette situation nous apparaitrait difficile politiquement et coûterait cher aux ménages : les alternatives en transports en commun étant moins performantes, la perte de temps serait plus importante.

Mesure 3 : Extension des tramways :

Description : Extension du tramway D (2020), A et E (2025) (13 km): cela s'accompagne de la réduction de capacité des voiries utilisées et des capacités de stationnement afin de libérer de l'espace pour des pistes cyclables et des parcs à vélo et favoriser la fréquentation des trams. La

circulation est optimisée afin d'améliorer la vitesse commerciale des tramways. Des contrats d'axes sont mis en place sur ces 3 extensions afin de favoriser la densification le long de la ligne de tram. Les parkings relais existants sont renforcés en bout de ligne et d'autres sont créés.

Coûts : investissement de 144M€ en 2015 et 135M€ en 2020 pour les infrastructures et le matériel roulant, une fois retranchée la valeur résiduelle de ces investissements en fin de période.

Pourquoi cette place dans la séquence : On ne met pas en place cette mesure avant car les financements disponibles sont très limités. On ne la met pas après car il y a une cohérence forte avec la trajectoire urbaine. En effet desservir la première couronne qui a une croissance forte est tout à fait important et justifie la logique d'extension du réseau existant. C'est aussi un engagement contracté à la mise en place du péage que d'utiliser les recettes pour financer les transports en commun. Ce paquet va donc au bout de la logique des transports en commun et met en place les infrastructures entrevues par le SMTC avant que les difficultés financières deviennent trop aigues (exercice de prospective 2025 avec analyse des différentes possibilités possibles pour l'extension du réseau). De plus ces investissements sont d'autant plus profitables dans un contexte où les transports publics sont favorisés par le péage.

Mesure 4 : Politique de soutien aux véhicules électriques et hybrides rechargeables

Description : la réduction des émissions ne passe pas uniquement par le report modal vers les transports en commun : la pénétration de véhicules électriques et hybrides rechargeables permet aussi des réductions importantes. Cette solution apparait particulièrement pertinente dans beaucoup de zones peu denses du territoire où la possibilité de développer des transports en commun est réduite.

Comme nous l'avons expliqué dans le chapitre 5, nous simulons un déploiement tendanciel de ces nouvelles technologies dans le scénario de référence, ce qui implique 18% des kilomètres parcourus en 2030. L'action de la collectivité publique vise donc à aller au-delà de ce niveau de déploiement : cette action comprend à la fois des subventions et la création d'infrastructures permettant de faciliter et garantir le bon usage de ces véhicules. Contrairement aux autres scénarios, le stationnement reste payant et le péage n'est pas différencié en faveur des VEVHR. En effet dans ce scénario, l'agglomération cherche à réduire la place de la voiture et cela passe par la politique de stationnement et le péage. Les VEVHR, bien que n'émettant pas de pollutions localement, continuent de générer les autres externalités des voitures en zone urbaine dense. Pour les mêmes raisons, l'agglomération ne libère pas d'espace pour favoriser les recharges sur la voie publique et incite les entreprises à réduire la taille de leur parking plutôt qu'à les équiper en systèmes de recharge. Ainsi on vise davantage l'équipement en VEVHR dans la périphérie et non dans l'agglomération.

Coûts : le Rapport Nègre (2011) donne le chiffre de 6M€ pour 3 300 VEVHR en 2015 pour une agglo comme Rouen. Si on ajoute à ces coûts des frais d'étude pour organiser ces investissements, pour les expérimentations nécessaires, pour le travail d'accompagnement des entreprises sur les infrastructures et la gestion de la charge (smart grids) et pour le soutien aux ménages pour la pose de borne dans leur logement, on ajoute 4M€. On arriverait alors à un total d'environ 10M€ pour la collectivité. On imagine aussi qu'une subvention est distribuée par la collectivité aux ménages des deux premiers quartiles, afin de les aider à s'équiper. Cette aide revient à réduire les effets d'un taux

d'actualisation élevé pour ces populations, elle vise à compenser ces surcoûts. Il faudrait un modèle spécifique pour mieux analyser le niveau de subvention adéquat suivant les populations visées. De plus puisque la subvention est un transfert, elle ne rentre pas dans le bilan. Nous ne retenons donc pas un chiffre particulier dans ce travail. Nous faisons simplement une hypothèse que cela permet à un certain nombre de ménages des deux premiers quartiles de s'équiper.

Pourquoi cette place dans la séquence :

Dans ce scénario, les politiques de transport sont utilisées pour construire la ville dense, et cela se fait au détriment de la place de la voiture particulière à partir des logiques présentées précédemment. L'ensemble des signaux envoyés par l'agglomération sur la mise en place de ces mesures n'incite pas à l'équipement des foyers en véhicules électriques ou hybrides rechargeables onéreuses. Au vu des incertitudes sur ces véhicules eux-mêmes et des perspectives de difficultés croissantes pour utiliser sa voiture particulière, il est en effet peu probable qu'un nombre important de ménages fasse cet investissement important. Elle n'est donc pas placée avant car le contexte de réduction de la place de la voiture dans l'agglomération rend l'intégration des infrastructures de charge plus complexe et l'incitation aux ménages moins efficace, et car la subvention à l'achat pour les ménages modestes représente une charge importante pour la collectivité. Toutefois ce scénario ne considère pas uniquement l'agglomération, et cette technologie est un levier important pour le périurbain.

Mesure 5 : Covoiturage :

Description de la mesure : on favorise le covoiturage en mettant en place des zones aménagées, en favorisant l'utilisation d'un site internet dédié, en aidant les ménages à trouver les moyens d'un covoiturage dans leur voisinage, enfin en subventionnant via le site de l'Isère l'expérimentation par les ménages. Concrètement, le taux d'occupation passe de 1.3 à 1.5 en 20 ans, inversant ainsi les tendances des 20 dernières années (où l'on est passé de 1.5 à 1.3).

Coût : 3.5M€

Pourquoi cette place dans la séquence : Ce paquet de mesure a un potentiel relativement élevé de réduction, pour des coûts relativement faibles. Mais il n'apparait pas en première position pour des questions de faisabilité : l'usage du covoiturage parait incertain sans changements de comportement importants. Il y a une incertitude forte sur la capacité des investissements publics à enclencher la dynamique sociale du covoiturage. Le degré de faisabilité de ces mesures nous parait donc assez faible ce qui justifie cette hiérarchie dans l'application des mesures, néanmoins l'efficacité et l'ampleur du potentiel de ces mesures devraient justifier davantage d'efforts politiques et l'amélioration du savoir-faire public pour agir sur la dimension comportement. C'est dans ce sens que nous souhaitons tester cette mesure et quantifier son impact.

Ainsi après avoir fortement actionné les leviers pour les transports en commun pour faire évoluer le partage modal vers les modes les plus efficaces énergétiquement au niveau de l'agglomération, nous actionnons un levier de nature différente, à une échelle différente : améliorer l'efficacité énergétique des voitures particulières à l'échelle du SCOT (en favorisant les véhicules les moins consommateurs, M4, et en favorisant un plus grand taux d'occupation, M5).

Dans le scénario Expansion Urbaine, une croissance tendancielle des différents secteurs est simulée et ce sont ainsi les secteurs périphériques qui se développent le plus. Par ailleurs les emplois restent assez fortement concentrés dans l'agglomération car il n'y a pas de rattrapage des secteurs extérieurs : l'agglomération et sa périphérie continuent de se partager la croissance des emplois. Ainsi le territoire s'organise entre une large zone polarisée par son centre, l'agglomération, que ce soit pour les emplois ou les services et les commerces, et quelques pôles périphériques relativement dynamiques. La logique des mesures mises en place ici est d'abord de préserver, dans ce contexte, la zone dense de l'agglomération de flux trop importants de voiture, et ensuite de transformer ces flux afin qu'ils soient moins générateurs d'externalités (VEVHR, tram, interurbain, covoiturage…) sans toutefois réduire significativement la place de la voiture comme dans le scénario précédent.

Mesure 1 : Péage et stationnement

Description : le périmètre et le principe sont les mêmes que dans le scénario précédent, mais le tarif est moins élevé : chaque déplacement dans la zone est tarifé 2€ pour les VTH et gratuit pour les VEVHR. Nous réduisons le coût du stationnement et nous le facilitons (pénalité en moins) pour les VEVHR, au contraire moins de places sont disponibles pour les VTH. Contrairement au paquet du scénario CU, les capacités globales de stationnement ne sont pas réduites dans l'agglomération. La logique est donc d'inciter les ménages de l'agglomération et des secteurs hors-agglomération à s'équiper de véhicules moins émetteurs mais et non de réduire la place de la voiture.

Coût : *idem scénario précédent.*

Pourquoi cette place dans la séquence : pour les raisons décrites pour le scénario CU, le péage représente un potentiel très fort de réduction des émissions locales et de GES. Dans un scénario urbain où la périphérie croit davantage que l'agglomération, alors que les emplois restent largement dans cette zone, le péage, sous cette forme, apparait comme un moyen efficace pour à la fois réorienter vers les transports en commun, réduire la congestion et inciter à l'équipement en véhicules moins émetteurs, sans toutefois modifier l'arbitrage entre modes dans l'allocation des espaces urbains denses, comme dans le scénario CU. L'acceptabilité est améliorée du fait du tarif deux fois moins élevé et de la possibilité de s'équiper en VEVHR.

Mesure 2 : Déploiement VE/VHR :

Description : l'agglomération ainsi que les pôles principaux mettent en place une politique active de promotion des VE : infrastructures de recharges, stationnement privilégié, aide (information) à la mise en place des infrastructures de recharge à domicile, en particulier dans les copropriétés, collaboration avec les entreprises pour organiser le rechargement pendant le temps de travail. La mesure est identique à celle mise en place dans le scénario précédent à quelques éléments prêts : ici l'agglomération investit davantage car elle n'est pas dans un paradigme de densification aussi fort que précédemment, l'investissement global est plus ambitieux, ce qui va se traduire par un déploiement plus important. De plus le stationnement est facilité.

Coût : Investissements identiques à ceux du scénario 1 mais avec davantage d'ampleur et un niveau d'ambition plus élevé, le coût passe à 15M€.

Pourquoi cette place dans la séquence : dans la perspective d'une expansion urbaine et d'une augmentation progressive des déplacements pour une partie de la population, les VEVHR apportent des solutions pertinentes et efficaces pour réduire les émissions, présentant aussi l'avantage de coûts d'usage inférieurs (dans le futur cela dépendra néanmoins des évolutions des prix du carburant, du prix de l'électricité et des choix en termes de fiscalité). Cette politique permet de renforcer la dynamique initiée par le péage. La cohérence entre une croissance urbaine favorisant la maison individuelle dans le périurbain et la possibilité de recharger facilement son véhicule à son domicile est forte.

Mesure 3 : Extension Tram

Description : *idem que dans le scénario précédent*, à l'exception du contrat d'axe, qui n'est pas réalisé dans ce scénario et de la contrainte sur le stationnement, qui est moins forte, de manière cohérente avec les orientations urbaines de l'agglomération.

Coûts : *idem scénario précédent*

Pourquoi cette place dans la séquence : Afin de garantir une circulation assez fluide dans l'agglomération, et de desservir les projets urbains de l'agglomération (qui sont de l'ordre du tendanciel et donc aussi présents dans ce scénario, mais avec des niveaux d'ambitions plus réduit), l'agglomération décide de réaliser des extensions aux trams D, A et E. A la suite du péage, il s'agit aussi d'offrir une alternative à ceux qui n'ont pas voulu ou pas pu s'équiper de VEVHR. Puisque la voirie doit être préservée pour assurer la circulation des voitures particulières, l'option BHNS n'apparait pas pertinente, par contre l'extension des Tram D, A et E peut être envisageable, même si elle va réduire la voirie sur certains axes. Le financement est aussi rendu possible par la mise en place du péage.

Mesure 4 : Transports en commun interurbains

Description de la mesure : augmentation de la fréquence des TER, création de lignes entre les pôles du Voironnais : Voiron, Rives, Tullins, Moirans et Voreppe, de même pour le Grésivaudan entre Villard-Crolles et Pontcharra. Les Transisères et Car Express à direction de l'agglomération sont renforcés par davantage de site propre et une fréquence en hausse. On ne met pas de sites propres pour l'offre interurbaine dans l'agglomération car cela est difficile dans la pratique. En effet les itinéraires croisent ceux du tramway et il faudrait réduire très fortement la voirie réservée aux voitures. Or il n'y a pas une volonté de réduire la place de la voiture avec des sites propres car on veut préserver la place de la voiture, en particulier électrique.

Coût : 81M€ pour l'achat de nouvelles rames de TER, de nouveaux bus et pour la construction des sites propres.

Pourquoi cette place dans la séquence : de manière cohérente avec un développement urbain fort des secteurs périurbains, cette mesure cherche à développer des alternatives à la voiture. Même si le développement ne se centre pas autant dans les pôles du SCOT comme dans le scénario suivant, le potentiel de déplacement inter-pôles et entre les pôles et l'agglomération est quand même important. Toutefois l'efficacité de cette mesure reste inférieure aux précédentes, le potentiel des transports en commun reste faible en dehors de l'agglomération, même avec ce type de développement.

Mesure 5 : Covoiturage : *identique dans tous les scénarios.*

Dans le scénario Renforcement multipolaire l'agglomération se renforce mais de manière moins ambitieuse que dans le scénario CU et les pôles périphériques se développent de manière plus importante. En particulier, un véritable rééquilibrage des emplois et des offres commerciales est à l'œuvre afin de limiter la dépendance des secteurs à l'agglomération. Afin d'accompagner ce développement, le transport collectif interurbain est renforcé que ce soit entre les pôles ou entre les pôles et l'agglomération. Pour le reste, la séquence choisie apparait comme un entre deux des scénarios précédents.

Mesure 1 : Péage et Stationnement

Description de la mesure : la politique de stationnement a un niveau intermédiaire entre le scénario CU et le scénario EU. Conjointement est mis en place un péage urbain de zone suivant le même principe que dans le scénario Expansion Urbaine (2€ pour les VTH ; gratuit pour les VEVHR).

Coûts : *idem scénarios précédents*

Pourquoi cette place dans la séquence : pour les mêmes raisons que dans le scénario expansion urbaine, cette mesure apparait comme un moyen efficace de réduire les émissions.

Mesure 2 : Extension du réseau de Tramway et parking relais :

Description de la mesure : *idem scénario précédent (Expansion urbaine).*

Coûts : *idem scénarios précédents*

Pourquoi cette place dans la séquence : dans ce scénario, la croissance plus importante de l'agglomération incite à privilégier l'extension du réseau de tramway à la mesure de soutien aux VEVHR, qui viendra juste après.

Mesure 3 : Déploiement VE/VHR :

Description : *idem que dans le scénario précédent*, on ne cherche pas à réduire la place de la voiture comme dans le scénario CU.

Coût : *Idem scénario précédent.*

Pourquoi cette place dans la séquence : *idem* sauf que le mesure extension des tramways a été mise en place avant.

Mesure 4 : Renforcement des transports en commun interurbains :

Description de la mesure : idem sauf qu'en plus, un transport par câble est mis en place entre Crolles et la gare SNCF de Brignoud, ce qui est cohérent avec le développement de ces pôles dans ce scénario.

Coût : 81M€ pour l'achat de nouvelles rames de TER, de nouveaux bus et pour la construction des sites propres. La mise en place du système par câble ajoute 20M€ sur 20 ans.

Pourquoi cette place dans la séquence : de manière cohérente avec le développement urbain centré sur les pôles, cette mesure cherche à développer des alternatives à la voiture. Toutefois

l'efficacité de cette mesure reste inférieure aux précédentes, le potentiel des transports en commun reste faible en dehors de l'agglomération, même avec ce type de développement.

Mesure 5 : Covoiturage : *identique dans tous les scénarios.*

7.1 Discussion et cadrage avec ASIF.

Il est utile d'expliquer ici quelques éléments permettant de comprendre nos choix.
Tout d'abord, il existe potentiellement un nombre très grand de scénarios dont l'étude serait intéressante, mais pour des questions de faisabilité, il nous faut sélectionner ceux qui nous semblent les plus pertinents. Tous les paquets sont utilisés pour au moins 2 scénarios, ils sont donc largement communs et cela s'explique de plusieurs façons :

- ☐ le nombre d'options significatives pour être choisies au niveau local est limité
- ☐ avoir les mêmes paquets pour différents scénarios permet de comparer leur efficacité suivant la trajectoire considérée
- ☐ regrouper les mesures dans des paquets (par exemple les différentes lignes de transports en commun) permet d'améliorer la visibilité des résultats au niveau stratégique qui est le notre dans cette étude (nous ne visons pas des résultats d'ordre programmatique, cela nécessiterait de séparer chaque ligne et d'étudier différents tracés)
- ☐ la croissance urbaine modérée fait que les directions urbaines ne sont pas contrastées au point de justifier des politiques de transport complètement différentes.

Certaines adaptations des paquets sont parfois nécessaires : par exemple les paquets 1 et 2 du scénario CU, **BHNS** et **Stationnement+Péage** qui impliquent une restriction forte de l'usage des véhicules particuliers par limitation des places de stationnement et utilisation de la voirie pour des sites propres et des modes doux, font peu de sens tels quels dans notre scénario EU. Nous les adaptons en visant une politique de stationnement et de péage favorisant le déploiement des VEVHR. De même il n'est plus question de réduire fortement la voirie en développant les BHNS et les modes doux car cela mettrait en péril la stratégie qui vise à convaincre les ménages à s'équiper de véhicules propres plus onéreux à l'achat (un ensemble de signaux sur la restriction de la place de la voiture a toutes les chances de dissuader les ménages).

Dans cet exercice de modélisation nous nous plaçons du **point de vue d'un planificateur au niveau de la région urbaine grenobloise**, qui viserait à maximiser le bilan social global de tous les ménages, et à réduire les émissions de CO_2, quel que soit la trajectoire urbaine suivie. Notre objectif est donc de modéliser des choix qui font sens à l'échelle du territoire complet, tel qu'ils pourraient être pris par une autorité régionale.
A partir du cadre ASIF (Schipper, et al., 2000), nous proposons cette courte revue des différents leviers, outils et mesures identifiés comme pouvant réduire les émissions de CO_2 du transport.

Tableau 28 : cadrage des mesures avec ASIF

ASIF_ t CO_2		Mesures testées pour réduire les émissions
A : activité en passager.km		Politiques d'usage des sols CU : réduire les distances en densifiant l'agglomération Politiques d'usage des sols RM : rééquilibrage des emplois et des commerces, renforcement des pôles urbains.
S : partage modal, %		Densification de l'agglomération et des pôles urbains : favorise le potentiel de fréquentation Investissement dans l'offre de TC (fréquence, vitesse, nouvelle offre) Politique stationnement et Péage
I : intensité énergétique des moyens de transport kWh/pass.km	E : efficacité technique kWh/veh.km (hypoth 100% fréquentation)	Déploiement VE/VHR : rendement supérieur du moteur électrique Réduction consommation des véhicules (scénarios de référence) Covoiturage
	1/U : U = fréquentation % Pass/veh	A offre constante, la densification de la population et des emplois, implique un potentiel d'utilisateur/veh.km plus important. Mais l'augmentation de l'offre peut aussi avoir un effet négatif sur le taux de remplissage. Mesure BHNS : rend plus attractive l'offre de bus et peut donc favoriser le niveau de remplissage.
	1/O : O = condition circulation, facteur multiplicatif	Sites propres des BHNS permettent de diminuer la congestion pour les bus. Covoiturage : toute chose égale par ailleurs, augmenter l'occupation des véhicules diminue la congestion.
F : contenu CO_2 de l'énergie, CO2/kWh		Hypothèses sur le contenu CO2/kWh de l'électricité en France et des moments de recharge des VEVHR Déploiement VEVHR : en utilisant de l'électricité plutôt que du pétrole, on réduit le contenu CO_2 du kWh utilisé.

❖ **La description détaillée de chaque mesure est disponible en annexe.**

Chapitre 7 Résultats de notre analyse économique des politiques climatiques locales

Dans ce chapitre nous allons analyser les résultats de notre simulation prospective et de nos calculs de coût économique. Il s'agit de faire le bilan des enseignements de notre travail en termes d'analyse des politiques climatiques. Il s'agit de comprendre de quelles manières nous pouvons atteindre les objectifs mais aussi plus largement ce que cela signifie du point de vue du fonctionnement du territoire. Nous rentrerons ainsi dans le détail des mesures et de leurs impacts sur le territoire, tout en essayant d'éviter de produire un simple catalogue. Nous ferons ressortir les éléments qui nous paraissent les plus importants parmi l'ensemble des résultats qui peuvent être produit avec le modèle TRANUS.

1. Les trajectoires d'émissions : à quelles conditions peut-on atteindre le facteur 4 dans le domaine du transport urbain ?

1.1 Rappel du contexte et présentation des trajectoires : le facteur 4 est difficile à atteindre quel que soit le scénario.

Nous rappelons les grandes hypothèses de nos scénarios déjà décrites précédemment, afin de les avoir en tête pour l'analyse des résultats.

- +60% prix du carburant entre 2010 and 2030 ;
- -11% de consommation pour les Véhicules thermiques
- Croissance population et économique : [0.6% /an; 0.45% /an] ;
- Vieillissement de la population : +65 ans : 16% -> 22% population in 2030 ;
- Pénétration des VEVHR : 18% des véhicules utilisés en 2030

La loi Grenelle[120] confirme « l'engagement pris par la France de diviser par quatre ses émissions de gaz à effet de serre entre 1990 et 2050 en réduisant de 3 % par an, en moyenne, les rejets de gaz à effet de serre dans l'atmosphère ». Les deux objectifs ne sont pas strictement identiques, 3% par an pendant 60 ans équivalant à une baisse de 84%. Pour le territoire du SCOT les émissions de la mobilité locale ont augmenté entre 1990 et 2010 de plus de 10%, le facteur 4 impliquerait ainsi des émissions de l'ordre de 200MtCO_2 pour le périmètre du SCOT[121] (EP SCOT, 2012c) en 2050 contre environ 960MtCO_2 en 2010. Pour l'agglomération, le premier bilan des émissions remonte à 1999, et, pour des raisons de changements méthodologiques, il est difficilement comparable aux bilans réalisés depuis 2004, néanmoins une stabilisation des émissions du transport semble observable (La Métro, 2007), elle se confirme en observant les émissions entre 2004 et 2007 (La Métro, 2009b). Cela

[120] LOI n° 2009-967 du 3 août 2009 de programmation relative à la mise en œuvre du Grenelle de l'environnement (1), Article 2, http://www.legifrance.gouv.fr/affichTexte.do?cidTexte=JORFTEXT000020949548

[121] Hausse d'environ 10% des émissions entre 1990 et 2006 pour le secteur du transport (personnes et marchandises) sur le périmètre du Scot selon l'Ascoparg, c'est ce facteur que l'on applique à nos émissions de l'année de référence pour retrouver 1990 et fixer l'objectif à horizon 2050.

s'explique par la très faible croissance démographique de l'agglomération sur la période, conjuguée à la hausse progressive de l'usage des transports en commun et à l'amélioration du parc roulant. Toutefois au vu des incertitudes sur le niveau d'émission de l'agglomération en 1990, nous ne faisons pas apparaître la cible facteur 4 en 2050 mais seulement la trajectoire de réduction en termes d'indication sur le rythme souhaité (-3%/an). Les courbes REF montrent les trajectoires des scénarios de référence, c'est-à-dire sans mesures spécifiques de réductions mises en place, au-delà des politiques urbaines qui conduisent aux trois formes contrastées. Les courbes M5 montrent les trajectoires avec toutes les mesures mises en place et donc le plus fort niveau de réduction.

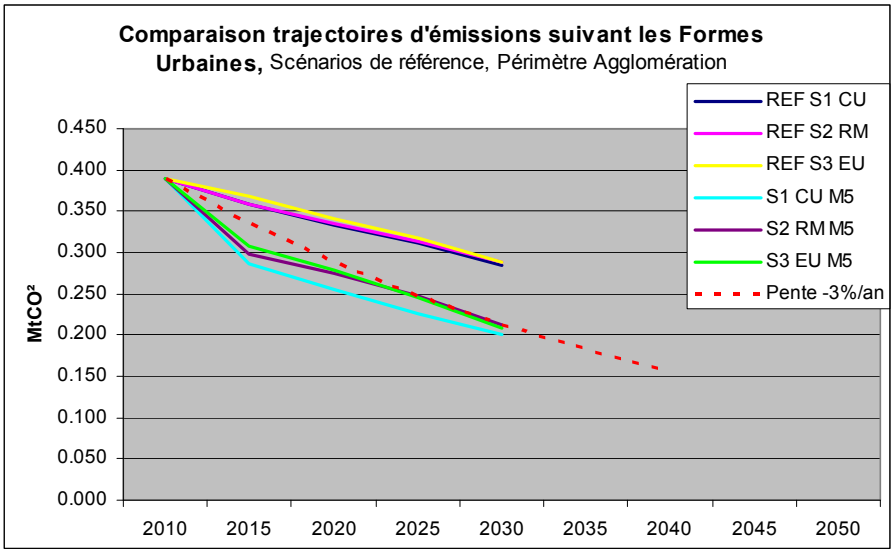


Figure 67 : Comparaison des trajectoires d'émissions simulées avec TRANUS suivant la forme urbaine, périmètre de l'agglomération

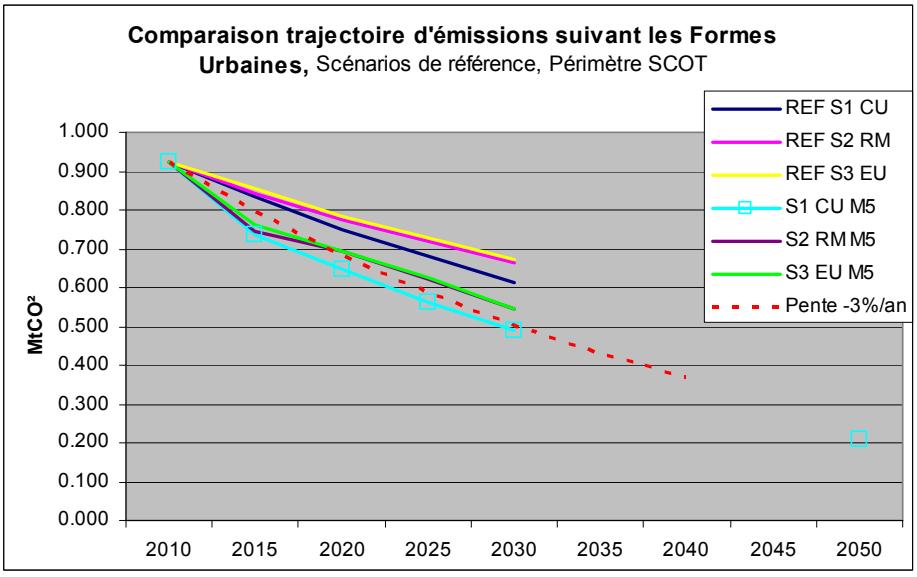


Figure 68 : Comparaison des trajectoires d'émissions simulées avec TRANUS suivant la forme urbaine, périmètre du SCOT (cible acteur 4 – carré bleu)

Nous pouvons observer que pour les deux périmètres, la mise en place des mesures de réduction permet assez bien de suivre la trajectoire décrite par la loi Grenelle et qui consiste en une baisse de 3%/an des émissions. Cela est particulièrement vrai au niveau du périmètre du SCOT pour le scénario

1, les autres scénarios ayant une trajectoire légèrement divergente. Pour le périmètre de l'agglomération, les trajectoires d'émissions sont aussi légèrement divergentes de la courbe d'objectif, même si jusqu'à 2030 le rythme de réduction est tenu. La comparaison entre les deux révèle simplement que dans notre exercice, nous disposions davantage d'outils pour suivre le rythme de réduction sur le territoire de l'agglomération, mais moins pour les territoires périphériques, on pense ici surtout au péage urbain et au renforcement des transports en commun jouant majoritairement sur les émissions de l'agglomération.

La hausse des émissions[122] qui a eut lieu entre 1990 et notre année de base 2010, de plus de 10% pour le périmètre du SCOT, fait que nos actions ne sont pas suffisantes pour obtenir le facteur 4 en 2050, et ce même avec toutes les mesures mises en place (courbe M5), si on poursuit les réductions avec le même rythme annuel. **Le facteur de réduction, si l'on prolonge le rythme annuel de réduction jusqu'en 2050, est plutôt de l'ordre de 2.5.**

Nous prenons ici dans un premier temps comme grille de lecture de notre analyse des politiques climatiques, que le but à atteindre pour le transport des personnes est le facteur 4, sachant bien que l'objectif facteur 4 est un objectif global, et qu'il peut être plus pertinent pour le territoire de choisir de réduire davantage dans les bâtiments par exemple et moins dans le transport ou d'autres secteurs. C'est une analyse intersectorielle, telle que celle réalisée dans le projet AETIC, qui apporte cette connaissance.

1.2 Le facteur 4 dans le secteur du transport : analyse de nos hypothèses et comparaison avec d'autres travaux.

Que représentent ces résultats ? Notre exercice de simulation prospective doit nous fournir une mesure de la difficulté à atteindre ce facteur 4 pour le secteur du transport de personnes à l'échelle locale (mobilité locale). Il donne l'ampleur des mesures à engager et des changements à provoquer afin d'orienter le territoire vers un fonctionnement sobre en carbone. Pour bien appréhender cette difficulté, il s'agit de quantifier le niveau d'ambition des mesures mises en place, de comparer à d'autres travaux mais aussi d'identifier le potentiel d'autres types de mesures existantes, que nous n'aurions pas testées.

Pour le scénario 1 CU par exemple, nous mettons en place des politiques urbaines très ambitieuses de renforcement de l'agglomération, ce qui repose sur des hypothèses fortes de politiques urbaines pour induire un tel niveau de croissance ; nous menons un programme important d'extension des tramway et de renforcement des bus, représentant des investissements significatifs si nous les comparons aux budgets de l'autorité des transports et si nous prenons en compte sa situation financière et les limites de l'offre de transports en commun sur le territoire de l'agglomération ; nous mettons en place un péage urbain très volontariste de part son tarif, son périmètre (qui englobe tout l'intra-rocade), et son type (de zone ce qui inclus les résidents) ; nos prospectives pour la pénétration des véhicules électriques et hybrides rechargeables sont relativement optimistes ; enfin nos

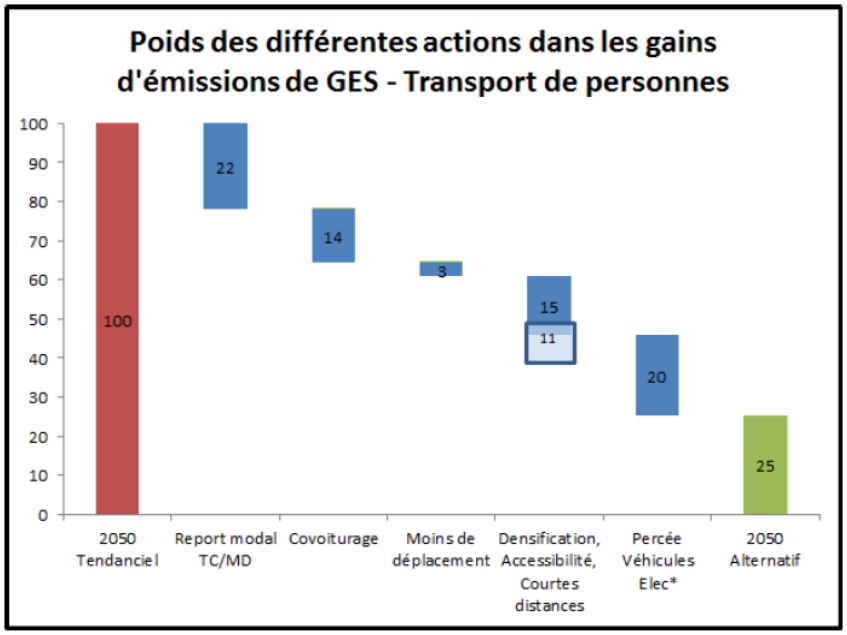
[122] Au niveau national, la hausse a été de 17% pour la mobilité locale des voyageurs entre 1994 et 2008, (Longuar et Nicolas, 2010)

hypothèses de croissance du covoiturage, si elles ne sont clairement pas irréalisables à long terme, repose tout de même sur une inversion des tendances concernant le taux d'occupation des véhicules particuliers.

Nous pouvons donc dire globalement que les mesures testées sont ambitieuses. Leur mise en place permet tout juste de suivre le rythme de réduction inscrit dans la loi Grenelle : cela montre à quel point l'atteinte de cet objectif est difficile. Par ailleurs les évolutions à la hausse depuis 1990 impliquent la nécessité d'un surcroît d'effort entre 2030 et 2050 (faire davantage que -3%/an) pour atteindre le facteur 4.

Nous rejoignons ainsi les conclusions d'autres travaux. Par exemple le travail mené sur Mulhouse dans le cadre Ville Post-Carbone du CGDD et de l'Ademe (Burgeap, 2012) montre que tous les leviers doivent être actionnés pour atteindre le facteur 4 et peu de marge de manœuvre existe. Dans ce travail de prospective, on visait à identifier le sentier qui permettrait d'aller vers le facteur 4 en adoptant une vision globale de la ville, ce qui le rapproche de la philosophie de notre travail. En termes de méthodologie, la différence est importante, ce travail ne repose pas sur une modélisation systémique de la ville mais sur un ensemble de calculs à partir d'un choix d'hypothèses. Ce manque de représentation explicite et de simulation de la ville peut affaiblir la cohérence d'ensemble et l'analyse de la faisabilité des mesures proposées. Pour le transport, au-delà d'une hypothèse forte de transfert modal vers des modes plus sobres en carbone qui réduit de 22% les émissions, ce qui est très important (c'est justement le type de résultat plus incertain lorsqu'on ne repose pas sur une simulation de transport), cette étude considère le télétravail (-15% de déplacement dom-travail) et une hausse du taux d'occupation proche de celle que nous simulons pour le covoiturage (1.75 personne/voiture en 2050) pour atteindre le facteur 4. Les évolutions de formes urbaines repose sur la densification avec l'hypothèse que la ville centre Mulhouse se renforce davantage que dans les tendances passées vis-à-vis de la 1ère couronne, cela s'accompagne d'une réduction des distances parcourues du fait d'une plus grande mixité fonctionnelle en 1ère et 2ème couronne et d'un aménagement des services et commerces favorisant l'accessibilité (pour la réduction des distances on fait une hypothèse sur ce que pourrait apporter en termes de distances un renforcement de la mixité fonctionnelle, on prend la commune de la 1ère couronne avec la meilleure accessibilité et on transpose aux autres commune). L'ensemble de ces mesures urbanistiques représente une baisse de 15% par rapport au tendanciel.

Figure 69 : le poids des différentes actions dans le projet Ville Post Carbone à Mulhouse



Source : (Burgeap, 2012)

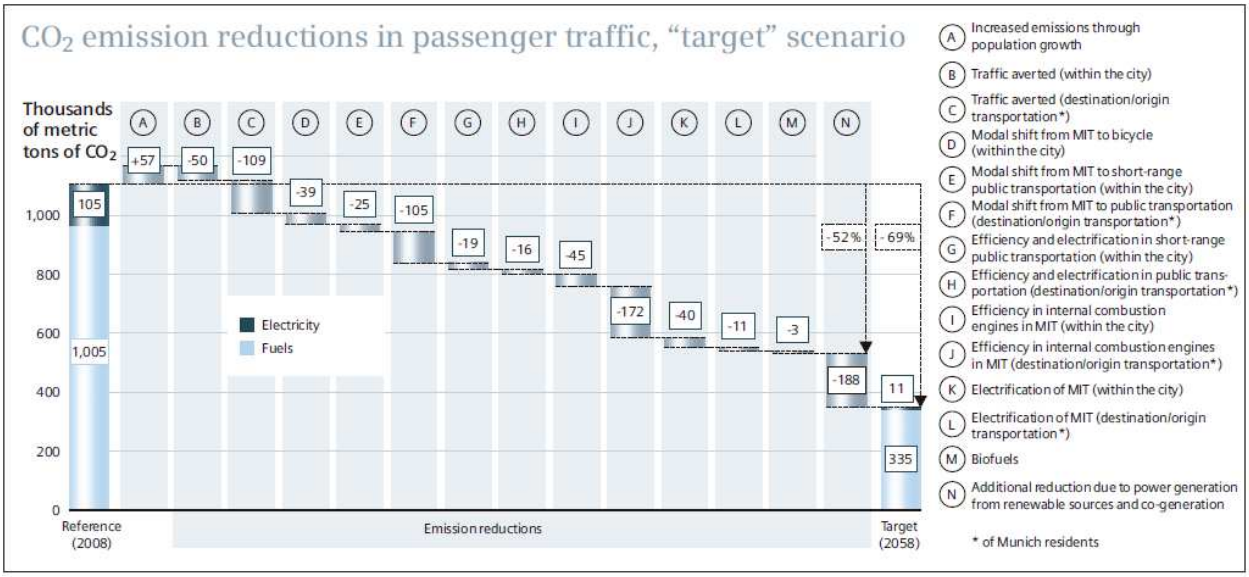
Note : Emissions 2050 tendanciel = (Emissions 2000 -17%), ainsi le scénario facteur 4 implique une réduction de -79% par rapport à 2000.

Bonnel, Caubel et Mignot. (2005) simulent un développement radical du réseau de transport en commun pour l'agglomération de Lyon, afin d'en évaluer les conséquences en termes de pratiques de déplacements à l'aide d'une analyse très fine des reports modaux potentiels à partir de l'analyse de l'enquête ménage déplacement (caractérisation des boucles de déplacements réalisées par les usagers). Même si les objectifs de l'étude et une large part de la méthodologie diffèrent des nôtres, plusieurs points communs peuvent être identifiés : simulation d'un renforcement de la vitesse pour les lignes structurantes de bus, renforcement du réseau par des prolongements et des nouvelles lignes, augmentation de la fréquence. Le scénario le plus complet parvient à une réduction des émissions de $C0_2$ de 17.8%. Cela conduit les auteurs à cette conclusion : « Si ces économies [émissions de polluants] ne sont pas marginales, elles restent tout de même faibles au regard de l'importance des investissements de transports collectifs qui se traduisent par un doublement de l'offre dans le scénario le plus achevé. » (Bonnel, et al., 2005 ; pp 127-128). Cela montre bien la difficulté à réduire significativement les émissions même avec une amélioration sensible du réseau de transports en commun et rejoint nos propres conclusions sur le niveau d'action nécessaire à l'atteinte du facteur 4.

L'étude du Wuppertal Institute sur Munich (Lechtenböhmer, et al., 2009) tente de quantifier le coût et le potentiel de réduction des émissions de CO_2 dans tous les secteurs. Dans le domaine du transport de passagers, le scénario « Target », qui est présenté comme optimiste dans l'étude, parvient à une réduction de 52 % d'ici à 2058 par rapport à 2008. Ces réductions reposent sur : un changement significatif de comportement des usagers, ceux-ci privilégient largement les modes sobres en carbone (transport en commun, vélo, marche) ; l'aménagement urbain favorisant la mixité et réduisant ainsi la distance des déplacements ; l'amélioration de l'efficacité énergétique des voitures (-40% de consommation, voitures plus petites et optimisées) et une importante pénétration des véhicules

électriques et hybrides rechargeables. L'hypothèse d'une électricité de plus en plus sobre en carbone du fait de la politique d'énergie renouvelable ajoute 17 points de réduction (passage à -69%). Un scénario « bridge » repose sur des hypothèses plus conservatrices en termes de comportement des usagers, ainsi le partage de modal n'est pas modifié et les réductions plafonnent à -33%.

Figure 70 : Réduction d'émissions dans le scénario le plus ambitieux



Source : (Lechtenböhmer, et al., 2009)

Si nous prolongeons les trajectoires de nos 3 scénarios de 2030 jusqu'à 2050, nous obtenons une réduction d'un peu plus de 50% cohérente avec les résultats de cette étude et du scénario « Target ».

Les travaux de Hickman, Ashiru et Banister (2010), pour la ville de Londres, dans le cadre de leur étude Vibat qui a donné lieu à de nombreuses publications, offrent une autre base intéressante de comparaison pour la question de la difficulté d'atteindre les objectifs de réduction. Tout comme notre travail, cette étude se veut une approche complémentaire aux analyses globales des réductions du transport, comme par exemple (Ewing, et al., 2008). A partir d'une plateforme de simulation, particulièrement bien adapté à l'information du débat local et à la participation du fait de son interface facilitée, différents packages de mesures sont testés dans les domaines suivants : véhicules basses émissions, biocarburants; taxation ; transport public ; marche et vélo ; planification urbaine stratégique et locale; technologies d'information et de communication ; conduite écologique et vitesses réglementaires plus faibles ; substitution des voyages longue distance ; action sur le transport de marchandise, transport aérien. La conclusion des auteurs est la suivante : « *strategic CO_2 emission reduction targets are very ambitious relative to current progress, and that we need to act more effectively across a wide range of policy mechanisms, with a 'high intensity application' of many of the options, to get near to achieving these targets.* ». Les auteurs estiment que pour différentes mesures, le potentiel de réduction est généralement surestimé, alors que leur application représente un changement important par rapport à la situation actuelle et qu'il apparait irréaliste de faire l'hypothèse d'une pleine et rapide transformation des mécanismes conservateurs à l'œuvre. Au final, leur scénario constitué de choix réaliste sur le niveau de résultats possibles à obtenir avec les différentes mesures

(médium implementation), atteint 31.8% de réduction par rapport au scénario tendanciel en 2025, alors que l'objectif que l'étude se donne, particulièrement ambitieux, est de -60%. Sachant que les émissions (hors aviation) augmentent de 18% entre 1990 et 2025 dans leur scénario tendanciel, la réduction de 31.8% par rapport à la baseline équivaut à une réduction de 20% par rapport à 1990. Dans nos scénarios nous atteignons en moyenne en 2025, 28% de réduction par rapport à 1990 avec les 5 mesures mises en place. Nos hypothèses sont plus optimistes pour le niveau d'émissions des véhicules particuliers, par ailleurs, moins de potentiels existent à Londres pour le développement des transports en commun car le réseau existant est déjà important. Mais le constat reste identique : atteindre les objectifs de réduction des émissions du transport dans les villes nécessite un niveau extrêmement fort de tous les leviers disponibles.

Il est aussi utile d'examiner l'exercice de prospective de Château, et al. (2008) qui s'intéresse à toutes les mobilités (personnes et marchandises, locales ou longues distances) et qui montre qu'au-delà des changements technologiques et des investissements en infrastructures, « d'importants changements devraient voir le jour dans les comportements des ménages ». La mise en place de contraintes économiques et institutionnelles fortes parait nécessaire pour assurer l'atteinte du facteur 4. Cela passe par des relocalisations, le développement de péages, la mise en place d'une taxe carbone et d'un marché de permis négociables. Par ailleurs cette étude a le mérite de considérer tous les composantes de la mobilité, ce qui permet d'analyser les efforts différenciés qui pourraient être demandés et d'organiser le fardeau suivant ce qui semble possible et souhaitable. Par exemple, si la mobilité locale représente la majorité des émissions de CO_2 de la mobilité des résidents en 2008 (Longuar et Nicolas, 2010), c'est bien la mobilité longue distance qui voient ses émissions augmenter le plus vite : +33% entre 1994 et 2008 (Longuar et Nicolas, 2010) avec la croissance de l'aérien. Cela amène Crozet (2008) à se demander si, « au nom de la modernité », on ne va pas limiter les ambitions de réduction pour ce secteur et reporter la contrainte sur les autres segments de la mobilité. Cela rendrait encore plus lourd les efforts à fournir pour la mobilité locale mais peut-être que ces efforts seraient considérés comme plus acceptables que la perspective de ne plus pouvoir recourir à l'avion aussi souvent que souhaité.

1.3 Analyse des impacts possibles d'éléments non simulés.

L'analyse rapide de nos trajectoires montre que des actions fortes et ambitieuses sont nécessaires pour atteindre les objectifs. Mais notre travail n'est pas exhaustif au sens où d'autres mesures peuvent être mises en place pour rendre plus facile l'atteinte de ces objectifs.

On peut penser à la politique de développement des biocarburants : c'est une politique plus nationale, cela a motivé le fait de ne pas tester cette mesure dans notre travail. Le bilan économique et environnemental des biocarburants de première génération est « mitigé » et le potentiel des biocarburants dépend donc beaucoup du développement de la deuxième génération, qui suscite beaucoup d'espoir mais est aussi sujet à nombre d'incertitudes (Departe, 2010). Une hausse importante du prix des carburants (au delà de nos hypothèses), que ce soit du fait d'une taxe carbone ou simplement du marché de l'énergie, serait bien sûr aussi de nature à favoriser la réduction des émissions. L'hydrogène est aussi une option toujours considérée comme prometteuse par un certain

nombre d'acteurs mais nous n'avons pas testé son développement, du fait du caractère très émergent et incertain de cette technologie.
Plus largement des mesures mises en place entre 2030 et 2050 peuvent encore faire infléchir la trajectoire, en particulier si l'on développe des offres non traditionnelles, de mobilité partagée, permettant de compléter les offres traditionnelles de transport en commun. Cela n'est pas indépendant de la variable mode de vie, déterminante à la fois pour le développement de ces nouvelles offres et du covoiturage. Les changements de mode de vie pourraient aussi renforcer le recours au télétravail et aux centres de travail partagés (limitant ainsi la longueur des déplacements domicile-travail) pour la partie de la population pour laquelle cela est possible (cadres et travailleurs indépendants). Ces changements pourront être soutenus et stimulés par le développement des technologies de l'information et de la communication, porteuses de nombreuses solutions même si elle soulève aussi un grand nombre de questions (Miroux et Lefèvre, 2012). Si ces évolutions se réalisent, cela représenterait globalement un potentiel important, probablement suffisant pour se donner de la marge et atteindre le facteur 4.

A l'inverse, et au-delà de l'incertitude entourant ces évolutions, on peut aussi imaginer des tendances négatives, qui viendraient compliquer la réussite des politiques climatiques : crise économique qui impliquerait une limitation des investissements publics et une grandes difficultés à user d'outils d'incitation comme les taxes car elles alourdiraient encore la difficulté de ménages de plus en plus précaires ; une R&D qui ne parviendrait pas à réduire les coûts des technologies significativement (en particulier batterie) ; un rejet progressif du concept de développement durable par les populations (perçu comme anti-sociale, punitive et régressive voire intrusive), crise durable du logement et manque de maîtrise foncière limitant fortement les réorientations des systèmes urbains...
Il existe par ailleurs un certain niveau de probabilité de réalisation de nos scénarios : les points les plus incertains sont sans conteste la faisabilité politique du péage urbain (détails en Annexe **5.1.4**) et le changement de comportement qui conduit au renforcement du covoiturage. Or nous verrons qu'ils représentent des potentiels très importants. Les autres mesures posent davantage des difficultés d'ordre financier.
Au final, en considérant le transport uniquement, la réponse à la question « sommes-nous sur la bonne trajectoire ? » est un oui prudent, si on regarde le rythme des 3%. Pour suivre le rythme il est nécessaire d'actionner fortement l'ensemble des leviers. Mais quelle trajectoire serait la plus à même de nous permettre de renforcer l'inflexion après 2030 afin d'atteindre le facteur 4 ? Cela nous conduit à la question de la forme urbaine.

2. Evolution des formes urbaines.

Quelle est l'importance de la forme urbaine ? Est-ce qu'une forme urbaine permet plus de réduction des émissions que les autres d'ici à 2030 ? Qu'implique-t-elle pour l'après 2030 ? Quels sont les coûts globaux des différentes trajectoires ? Quels sont les changements de mobilité dans ces différentes formes urbaines (partage modal, distance, temps…) ?

2.1 Analyse des différences entre formes urbaines : résultats généraux en termes d'émissions et de mobilité.

Dans un contexte de croissance économique et démographique faible (plus de 80% du parc de logements de 2030 existe déjà en 2010 (hors démolition)), l'existant a un poids important et la forme urbaine a un impact en termes de réduction qui peut apparaître limité au regard des hypothèses très contrastées faites quant aux évolutions du peuplement et des emplois et au regard du niveau extrêmement volontariste des politiques à mettre en œuvre pour satisfaire ces hypothèses.

Cet impact apparait aussi limité par rapport aux attentes formulées généralement vis-à-vis de la densification. Par ailleurs, rappelons-nous que dans notre construction de scénarios nous avons pris en compte les projets urbains déjà engagés dans l'agglomération : cela garanti un certain niveau de croissance, plus important que le niveau tendanciel, même dans le scénario Expansion urbaine pour lequel ce sont les territoires périphériques qui croissent le plus vite, et participe à réduire ce contraste.

Au niveau du périmètre du SCOT, le scénario de concentration urbaine sur l'agglomération émet 8.5% de moins que le scénario d'expansion urbaine pour les scénarios de référence, et 10% de moins que celui de renforcement multipolaire avec toutes les mesures mises en place. Cela représente respectivement 57 et 54 Mt CO_2. La mise en place des 5 mesures représente elle une réduction moyenne de 123 Mt CO_2 par rapport aux scénarios de référence. Comme nous pouvons l'observer sur les **Figure 67** et **Figure 68**, cet apport des politiques urbaines est décisif pour suivre le rythme de réduction de 3%/an, seul le scénario CU parvient à suivre le rythme, les deux autres scénarios divergent légèrement. Le tableau ci-dessous reprend les informations des graphiques montrés précédemment.

Emissions CO_2	**Périmètre**	**SCOT**	**Agglomération** [123]
Diff max entre S1-S3 REF en 2030		8.5%	1.5%
Diff max entre S1-S2 M5 en 2030		10 %	6.0%
Réduction entre M5 et REF en 2030		**SCOT**	**Agglo**
S1 Concentration Urbaine		-20%	-30%
S2 Renforcement Multipolaire		-18%	-26%
S3 Expansion Urbaine		-19%	-28%
Réduction M5 entre 2030 et 2010		**SCOT**	**Agglo**
S1 Concentration Urbaine		-47%	-49%
S2 Renforcement Multipolaire		-41%	-45%
S3 Expansion Urbaine		-41%	-47%

Tableau 29 : différences d'émissions entre formes urbaines et entre scénarios de références et scénarios incluant les 5 mesures mises en place

Nous faisons apparaître deux niveaux de résultats : l'un à l'échelle du SCOT et l'autre à l'échelle de l'agglomération. Il est clair que l'analyse des résultats et de la forme urbaine est plus pertinente au niveau du périmètre du SCOT : c'est à ce niveau que se jouent réellement les évolutions du territoire, avec les poids relatifs des zones urbains denses de l'agglomération et des couronnes moins denses,

[123] Rappel: pour les émissions de l'agglomération, nous comptons toutes les émissions ayant eu lieu sur ce territoire, sans distinction du lieu d'habitation des usagers.

des pôles principaux du périurbains et des autres communes du périurbain, et enfin du rural. C'est bien toute la logique du SCOT que de travailler à cette échelle (même si nous avons vu dans le chapitre 3 que ce n'est pas toujours le cas). Les résultats peuvent ainsi apparaître contre-intuitifs si l'on regarde uniquement les résultats de l'agglomération avec l'objectif du plan climat territorial qui s'applique sur ce territoire en tête : le scénario 1 de concentration urbaine alourdit, toute chose égale par ailleurs, la facture CO_2 de l'agglomération en y simulant une croissance forte de la population et des emplois.

Nous observons que si une différence claire apparait entre le scénario Concentration Urbaine S1 et les deux autres scénarios, ce n'est pas le cas entre ceux-ci : il n'y a pas de différences significatives entre le scénario de renforcement multipolaire S2 et le scénario d'expansion urbaine S3. La différence est de 1 point sans mesures et de 0.3 point avec les 5 mesures mises en place. Le renforcement des pôles du territoire du SCOT ne permet pas de réduire la distance domicile-travail selon notre simulation (18.2 et 18.3 kilomètres en moyenne pour ces deux scénarios). On peut penser que la concentration dans les pôles urbains a provoqué un échange croissant entres ces pôles, ce qui n'est pas synonyme de réduction des émissions, d'autant plus qu'il y a des limites au développement de transport en commun sur ce type de trajet (nous reviendrons sur ce point quand nous détaillerons les mesures). Ceci est un résultat d'importance : la stratégie du SCOT repose largement sur l'hypothèse qu'un renforcement des pôles permettrait de réduire les kilomètres parcourus en voiture et donc les émissions. Notons que l'EP SCOT (2012c), avec son étude SCOT& CO_2, trouve également un résultat modeste pour son scénario de polarisation de l'urbanisation future sur les pôles urbains : -2% d'émissions du transport par rapport à un scénario tendanciel, en 2020. Il s'agit toutefois d'apporter des éléments complémentaires à ce résultat : si les effets sur les déplacements domicile-travail semblent modestes, l'effet de réduction des distances est plus significatif pour les autres motifs **(Tableau 30**), résultat du rééquilibrage des services et des commerces. Par ailleurs, la tendance à la dispersion du modèle joue aussi en défaveur du renforcement multipolaire, en contrant probablement en partie ses effets (nous avons précisé ce point dans le chapitre 5, lorsque nous avons décrit la calibration de TRANUS).

Un autre point a trait à la représentation graphique du modèle. TRANUS ne simule pas les déplacements intra-zonaux. Ainsi le nombre probablement croissant de déplacements à l'intérieur des zones périurbaines les moins détaillées dans le modèle est ignoré et cela peut tendre à minorer les effets de l'expansion urbaine. Toutefois si l'on prend la zone périurbaine la plus significative en termes de population et de plus grande superficie, la Côte Saint André, on remarque que cette zone ne mesure finalement que 8 kilomètres de rayon avec une population en 2030 dans le scénario EU de 11 000 ménages, à comparer au 3 980 km2 de notre territoire complet et ses 400 000 ménages. On peut donc considérer que l'on ignore des déplacements qui ne sont ni très nombreux ni très longs, et la simplification parait donc acceptable. L'ensemble de ces points coûtent probablement quelques points de réduction au scénario de renforcement multipolaire.

La distance moyenne domicile travail de notre simulation pour l'année de base, 21.5 km, dépasse assez fortement la moyenne française de 14.7 kilomètres selon l'ENTD de 2008. Comme nous l'avons expliqué dans le **Chapitre 5 - 7.**, cela provient de la tendance à la dispersion du modèle land use, et

de la difficulté à utiliser les paramètres qu'offre TRANUS pour la régler, sans gêner la convergence. Cela s'explique également par la non prise en compte des déplacements intrazonaux alors qu'un certain nombre de ménages travaillent et résident dans la même zone. Ce qui va nous intéresser ce sont donc les évolutions entre l'année de base et 2030 de cette valeur pour les différents scénarios et l'impact des mesures.

Tableau 30 : Caractéristiques de la mobilité locale, résultat des simulations pour les 3 scénarios

Caractéristiques de la mobilité locale, résultats de la simulation		2030 REF			2030 Toutes mesures		
	2010	S1 ConUrb	S2 RenMul	S3 ExpUrb	S1 ConUrb	S2 RenMul	S3 ExpUrb
Distance totale, PPM, millions de km	6.3	5.6	6	6	6	6.4	6.5
Travail, Mkm	4.2	3.7	4	4	3.9	4.3	4.28
Achat-service, Mkm	1.3	1.2	1.1	1.2	1.25	1.25	1.35
Distance moyenne domicile-travail, km	21.5	16.6	18.2	18.3	17.3	19.3	19.4
Distance moyenne achat-service, km	20.7	17.1	17.2	18.5	17.7	18.6	20.0
Distance moyenne dom-travail, km, ménages C4 -*les plus aisés*	20.6	16.4	17.8	18.3	17.2	18.6	19.1
Distance moyenne dom-travail, km, C3	21.8	17.3	18.8	18.7	17.9	19.7	19.6
Distance moyenne dom-travail, km, C2	21.8	16.1	17.9	17.9	16.8	19.2	19.3
Distance moyenne dom-travail, km, C1 -*les plus pauvres*	22.1	16.4	18.3	18.2	17.2	20.1	20.0
Nb total de déplacements	318360	358300	353784	351812	363000	356700	354000
Temps par déplacement, min	42	33	35	36	33	34	34
Vitesse moyenne Agglo, km/h	42.6	44.7	44.6	44.1	51.7	50.7	50.7

Pour nos trois scénarios nous observons que la mise en place des mesures implique une hausse des distances moyennes et un maintien des temps de déplacements. Cela signifie que la vitesse moyenne augmente : on observe bien, en particulier dans l'agglomération, cette augmentation avec la mise en place des différentes mesures. En effet celles-ci visent majoritairement à transférer des usagers de leur voiture vers les transports en commun ou dans une autre voiture (covoiturage) ce qui permet de réduire la congestion routière. Augmenter la vitesse facilite une expansion du système urbain et une hausse des distances. Cette hausse des distances moyennes est moins forte pour le scénario 1 CU (4%) que pour les autres scénarios (6%) : dans le premier cas la hausse des vitesses produit ses implications essentiellement à l'échelle de l'agglomération, ce qui est moins le cas pour les autres.

Nous pouvons aussi examiner les résultats suivant le niveau de revenu des ménages. Le scénario 1 de concentration urbaine permet une réduction des distances domicile travail pour les 4 quartiles de manière quasi uniforme. Dans ce scénario, la politique du logement social est particulièrement volontariste, afin de s'assurer que le dynamisme de l'agglomération ne se fasse pas au détriment des ménages modestes. On voit que cette offre très importante de logement social permet de garantir ce

rapprochement aux ménages les plus pauvres (C1 et C2). Finalement ce sont les ménages C3 pour lesquels la distance diminue le moins : ne bénéficiant pas du logement social, ils sont en concurrence avec C4 pour les zones les plus accessibles mais ont une capacité à payer plus faible. On retrouve ce résultat pour les autres scénarios. Il incarne bien la problématique de la vulnérabilité énergétique (que nous aborderons dans le chapitre suivant), la discontinuité du marché du logement entre logement social et logement privé couplé au prix du foncier dans les grandes agglomérations incitent les ménages médians à s'éloigner des centres pour faire construire leur maison, impliquant des dépenses en carburant élevées.

En termes de partage modal, le tableau ci-dessous permet d'identifier la part des différents modes de transport sur le périmètre du SCOT avec ou sans les mesures mises en place. La première observation est que les transports en commun ne représentent que 12% de passagers kilomètres en 2010 (et non en nombre de déplacements comme le présentent les EMD). La voiture reste prédominante sur le périmètre du SCOT, dont une grande partie est périurbaine et rurale. Les mesures mises en place permettent de renforcer fortement le poids des transports en commun (incluant l'ensemble des offres), par rapport aux scénarios de référence ce mode voit sa fréquentation (pass.km) augmenter d'environ 30% pour les scénarios avec les 5 mesures mises en place.

Partage modal, pass.km en 2030, Périmètre SCOT					Avec toutes les mesures mises en place		
	2010	S1 CU Ref	S2 RM Ref	S3 EU Ref	S1 CU	S2 RM	S3 EU
Marche[124]	0.5%	0.8%	0.7%	0.7%	0.9%	0.7%	0.7%
BusAgglo	3.3%	4.4%	3.8%	3.8%	6.1%	3.7%	3.3%
BusDept	2.6%	3.3%	3.0%	3.1%	3.0%	3.6%	4.0%
Car Expr	1.2%	1.6%	1.5%	1.5%	1.5%	1.9%	1.8%
Train	3.2%	3.8%	4.2%	4.5%	3.3%	4.8%	4.9%
Tram	2.9%	4.8%	4.3%	4.3%	8.9%	6.6%	6.8%
Vélo	1.4%	1.3%	1.1%	1.1%	2.0%	1.3%	1.2%
Vth	85%	65%	67%	67%	57%	59%	58%
VEVHR	0%	14%	15%	15%	17%	19%	20%

Tableau 31 : partage modal, résultat de la simulation

2.2 Hausse du coût complet de la voiture et relocalisation: analyse de la sensibilité de la simulation à la hausse des prix de l'énergie.

Nous observons dans nos simulations une réduction de la distance globale parcourue entre 2010 et 2030 d'environ -6.6% de passagers.km en moyenne sur les 3 scénarios de référence, alors que dans le même temps, le nombre de déplacements augmentait de 11%. La distance parcourue en voiture diminue encore plus : -11% en moyenne sur les 3 scénarios. Cela signifie que la distance moyenne d'un déplacement diminue de 16% en moyenne sur les 3 scénarios entre 2010 et 2030 du fait des reconfigurations urbaines. Comment l'expliquer ? Puisque la voiture représente environ 80% des

[124] La simulation ne représente pas tous les déplacements utilisant la marche: ceux-ci sont majoritairement intra-zones, or ces déplacements ne sont pas simulés par le modèle.

passagers km, c'est son évolution qui explique la majeure partie de ces évolutions globales. Or, entre 2010 et 2030, du fait de l'augmentation du prix des carburants issue de nos hypothèses prospectives (+62% en 20 ans, -10% de consommation), et de l'introduction des véhicules électriques et hybrides rechargeables plus onéreux, le prix de la mobilité en voiture particulière augmente d'environ 16% (coût complet au km). La hausse des prix au kilomètre équivaudrait à une hausse moyenne des prix du carburant de 130%, si nous transformions les kilomètres parcourus en véhicules électriques et hybrides rechargeables en kilomètres parcourus en véhicules thermiques afin de pouvoir estimer une élasticité globale.
Si nous corrigeons la distance parcourue en voiture en 2030 par l'augmentation du nombre de déplacements, nous obtenons une élasticité de la distance parcourue au prix du carburant de -0.16. Notre élasticité est donc cohérente en termes d'ordre de grandeur mais plus faible que celle trouvée par Goodwin, Dargay et Hanly (2004) de -0.29 pour l'élasticité au prix du carburant. Notons que notre élasticité comprend la baisse de consommation des véhicules, -10% en 20 ans, si nous corrigeons de cette hypothèse, l'élasticité de la distance globale au prix du carburant augmente légèrement (-0.2) : sans cette baisse de consommation, la réduction de distance parcourue aurait été encore plus grande.

Nous pouvons aussi calculer l'élasticité au prix de la consommation de carburant, c'est une autre façon de voir la même question. Entre 2010 et 2030, la consommation des véhicules thermique diminue de 10%. Nous multiplions donc les kilomètres parcourus en voiture par la consommation, en 2010 et en 2030, en corrigeant de l'augmentation du nombre de déplacements (due à la démographie) afin d'évaluer la variation de consommation de carburant. Nous obtenons une diminution de consommation de carburant de 28%. Cela revient à une élasticité de -0.22. Cette valeur est inférieure à la fourchette obtenue par (CGDD, 2011a) qui est de [-0.6-0.7] pour un horizon de 20 ans, à partir de l'enquête Budget des familles 1986-2006. A partir d'une revue de la littérature, (Graham et Glaister, 2004) trouve une médiane de -0.55 et une moyenne de -0.77 pour la demande en carburant sur le long terme.

Ainsi globalement, dans nos scénarios de référence, nos élasticités sont plutôt plus faibles que les résultats de la littérature. Toutefois nos élasticités vont augmenter avec le changement d'offre qui va advenir dans nos scénarios avec mesures. En effet les élasticités mesurées ici ne sont qu'une composante de l'élasticité au carburant : celle de la demande. Nos paquets de mesures représenteront une réponse par l'offre. Ainsi dans notre scénario S1 CU, avec la mise en place des 5 mesures, l'élasticité veh.km par prix du carburant passe de -0.16 à -0.21 et se rapproche bien du chiffre de (Goodwin, et al., 2004), et l'élasticité de la consommation de carburant passe alors de -0.22 à -0.25.
Une autre explication de la faiblesse de nos élasticités est que la perception par les ménages de la hausse des prix du carburant est plus forte que la hausse réelle des prix au kilomètre en voiture particulière. Cela signifie que les ménages se focalisent généralement davantage sur les coûts d'usage, qu'ils peuvent mesurer facilement car ils vont « faire le plein » toutes les semaines, que sur le coût complet qui intègre coût d'achat amortie, maintenance, assurance… Ainsi dans notre modèle,

une hausse des prix du carburant aurait un effet plus faible sur le prix réel au kilomètre que dans la réalité.

L'effet sur le réseau joue aussi, chaque veh.km en moins fait décroitre la congestion et donc le coût généralisé pour se déplacer en voiture particulière (qui intègre le temps) et cela diminue l'effet de la hausse des prix sur la diminution de veh.km parcourue. Par ailleurs, comme nous l'avons expliqué dans le chapitre 4, l'introduction de la catégorie VEVHR dans le modèle, en plus de la catégorie Voiture Thermique, déstabilise la simulation. Ainsi, nous avons à utiliser les paramètres du modèle afin de projeter nos hypothèses de pénétration. Etant donné le prix au kilomètre plus élevé de ces offres, nos hypothèses de pénétration reposent sur l'idée qu'un certain nombre de ménages acceptera un coût plus élevé pour utiliser ces nouvelles technologies automobiles. Cela revient à sous-estimer l'effet prix et cela implique donc une élasticité plus faible.

Au final, cette analyse de l'élasticité nous permet aussi de faire une analyse de sensibilité du calage du modèle. Celui-ci modifie la forme urbaine et donc les distances parcourues en fonction des coûts de la mobilité, il redistribue les activités et les ménages suivant la logique qui prévaut dans TRANUS. Et nous aurions pu craindre que cette réallocation des ménages par le modèle soit trop forte, que le modèle ne représente pas assez bien les rigidités et les contraintes issues des pas de temps précédents et qui font qu'il serait peu réaliste que la hausse des prix implique un déménagement rapide et une relocalisation de tous les acteurs pour la compenser par une diminution des distances. Cela se traduirait par une élasticité plus forte que les chiffres de la littérature. La modélisation de l'usage des sols serait alors trop souple pour être réaliste. Nos résultats montrent que ce ne semble pas être le cas, le modèle semble bien représenter la dépendance de sentier lors des évolutions de formes urbaines grâce aux éléments d'inertie décrits dans les équations. Notre élasticité est donc légèrement plus faible, mais nous pouvons l'expliquer par les trois types d'argument décrit ci-dessus, nous pouvons donc conclure que le modèle se comporte correctement. Pour une prochaine application, il s'agira de ne pas inclure la catégorie VEVHR dans la simulation afin d'améliorer la calibration de ces élasticités.

3. Les bilans socio-économiques des mesures pour différents périmètres de coûts.

Il existe plusieurs manières de comparer les trajectoires urbaines. Nous pouvons réaliser une comparaison des coûts complets, en comparant le scénario avec les 5 mesures mises en place au scénario de référence, comme dans le **Tableau 32** : cela permet d'évaluer le bilan socio-économique de l'ensemble des 5 mesures dans une forme urbaine donnée. Est-il profitable de les mettre en place ? A quelles conditions ? Nous pouvons aussi réaliser une comparaison des coûts complets avec ou sans les mesures mises en place à un horizon donné des différents scénarios (pas de différence faite avec le scénario de référence) : cela conduit à identifier la trajectoire qui apparait la plus profitable pour la collectivité.

3.1 Bilan socio-économique des mesures testées.

Nous présentons dans le **Tableau 32** trois niveaux de bilan socio-économique : le premier niveau comprend uniquement les coûts économiques, le second y ajoute la pollution et le bruit, le troisième y ajoute la monétarisation du temps. Ces distinctions permettent de bien voir l'impact de ces différentes dimensions sur le bilan. Nous observons premièrement que le bilan actualisé dépend fortement du périmètre des coûts choisi ainsi que du choix de la valeur d'attente. Sans prise en compte des externalités, il n'est profitable dans aucun scénario de mettre en place ces 5 mesures. Nous observons aussi que le scénario 1 a le meilleur bilan.

En prenant en compte les externalités environnementales, seul le scénario 1 CU voit son bilan coût devenir négatif, les autres étant encore largement positif. Nous observons aussi que l'ajout du temps modifie considérablement la situation : **le bilan de S1 redevient fortement positif et donc non profitable avec une valeur de 20€. Il n'est plus le scénario le plus bénéfique, c'est le scénario S3 qui le devient.** Au final, le croisement du Tableau 29 et du Tableau 32 **montre qu'il est donc plus efficace économique de réduire les émissions dans le scénario 1, sauf s'il l'on prend en compte le temps**. En effet le niveau de réduction entre 2030 et 2010 pour ce scénario 1 est plus important et les coûts plus faibles.

Bilan actualisé des coûts : Mesure 5 – scénario de référence

(*Rappel: il y a 3 REF différentes)*

Val Temps d'attente 20€	Coût éco	+ Externalités	+Ext + Tps	+ CO_2 (Valeur Quinet)
S1 Concentration Urbaine	238	-118	534	457
S2 Renforcement Multipolaire	574	295	193	130
S3 Expansion urbaine	575	286	47	-20
	Millions €, actualisation 4%			
Val Temps d'attente 9€	Coût éco	+ Externalités	+Ext + Tps	+ CO_2
S1 Concentration Urbaine	238	-118	-84	-157
S2 Renforcement Multipolaire	574	295	-60	-123
S3 Expansion urbaine	575	286	-198	-265

Pour la période 2010-2015, Ref = M5 puisque les mesures sont mises en places à partir de 2015

Tableau 32 : bilan actualisé des coûts de la mise en place des 5 mesures

L'impact de la prise en compte du temps interroge toutefois **: pourquoi les mesures mises en place dégradent-elles tant le bilan économique dans le scénario 1 ?** Il faut revenir à nos hypothèses de calcul économique pour trouver la réponse : nous avons valorisé le temps d'attente avec une valeur double que le temps de déplacement, pour représenter l'inconfort, et tel que recommandé par les documents de référence. A la lumière de ces résultats, et en considérant les évolutions tendant à rendre le temps d'attente plus acceptable (affichage du temps, qualité des arrêts, généralisation des smartphones), nous avons choisi de tester la sensibilité à une modification de ce choix et nous testons donc avec une valeur du temps d'attente égale à la valeur du temps de déplacement. L'effet est conséquent : le bilan redevient négatif (profitable) avec une valeur de 9€. Pour les autres scénarios, l'ajout du temps avec une valeur de 20€ améliore légèrement le bilan, mais ne suffit pas à le rendre

négatif, c'est le cas pour une valeur de 9€ (nous reviendrons plus largement sur cette question du choix des hypothèses sur la valeur du temps d'attente dans le chapitre 9). L'ajout du CO_2 avec les valeurs du rapport Quinet (cette valeur est croissante entre 2010 et 2030, passant de 32€ à 100€) améliore tous les bilans d'une quantité à peu près égale, cela permet à S3 de voir son bilan final devenir négatif (Valeur temps d'attente 20€), mais cela n'est pas suffisant pour les autres scénarios.

Nous observons au final qu'en incluant l'ensemble des éléments, c'est dans le scénario S3 que les mesures sont les plus profitables et cela se joue avec la prise en compte du temps. Afin de mieux comprendre les résultats, il s'agit de décrire les évolutions du temps dans les différents scénarios.

Pour le scénario 1, la prise en compte du temps est globalement défavorable pour le bilan, en 2030, le temps total augmente de 1% entre le scénario de référence et le scénario avec les 5 mesures pour l'heure de pointe matin : cela est très faible en relatif mais important en volume absolu, surtout lorsque qu'on multiplie par la valeur du temps et cela pèse fortement sur le bilan. Avec la mise en place des mesures impliquant des reports modaux importants, le temps d'attente augmente mécaniquement au fil des mesures, alors que le temps de déplacement lui diminue (Temps d'attente dans TRANUS = attente pour les transports en commun, la congestion routière n'est pas comptabilisée comme une attente). Si l'on augmente la valeur du temps d'attente, son bilan est donc logiquement fortement dégradé (il passe de 90 à 626M€).

Pour le scénario 2, la prise en compte du temps est globalement favorable au bilan : la vitesse moyenne augmente et l'amélioration des temps de déplacement compense la hausse des temps d'attente (liée au report modal important vers les transports en commun). Si l'on augmente la valeur d'attente, cela dégrade logiquement le bilan. Pour le scénario 3, la prise en compte du temps est aussi globalement favorable au bilan : la vitesse moyenne augmente et les temps moyens de déplacements se réduisent. Ces améliorations sont plus fortes que pour S2 en particulier car la situation de référence (sans mesure) était moins bonne pour ce scénario 3 (voir **Tableau 30**), cela explique l'effet plus important lors de la prise en compte du temps. Le passage de 9 à 20€ a le même effet que pour S2 car les temps d'attente globaux des usagers sont quasi-identiques.

Ainsi dans le scénario 1, la concentration dans l'agglomération et la contrainte exercée pour favoriser le transfert modal impliquent congestion et augmentation des temps d'attentes, ce qui détériore les bilans. Cela n'est pas le cas pour les autres scénarios. Notons que le temps a un poids très important dans le bilan : de faibles changements impliquent une grande différence sur le bilan global, il y a ainsi une grande sensibilité des résultats aux incertitudes sur les temps de déplacement. Afin d'aller plus loin dans cette réflexion, nous allons recalculer ces bilans sans la 5ème mesure (covoiturage) car celle-ci améliore fortement le bilan. En effet elle coûte peu aux autorités publiques, elle permet aux ménages de faire des économies et permet de réduire fortement les externalités.

Bilan actualisé des coûts : Mesure 4 – Scénario de référence			
Val Temps d'attente 20€	Coût éco	+ Externalités	+Ext + Tps
S1 Concentration Urbaine	427	165	1045
S2 Renforcement Multipolaire	636	425	536
S3 Expansion urbaine	650	440	485
Millions d'€, actualisation à 4%			
Val Temps d'attente 9€	Coût éco	+ Externalités	+Ext + Tps
S1 Concentration Urbaine	427	165	433
S2 Renforcement Multipolaire	636	425	240
S3 Expansion urbaine	650	440	195

Tableau 33 : bilan actualisé des coûts de la mise en place des 4 mesures

Le bilan actualisé des coûts s'avère clairement positif (donc non profitable) si on ne compte pas le covoiturage dans le bilan. Même avec une valeur du temps d'attente de 9€, le bilan des coûts reste largement positif. La valorisation du CO_2 que nous ne faisons pas apparaitre ici, réduirait d'environ 50 M€ le résultat, cela ne suffit pas à rendre le bilan négatif. Les 4 mesures mises en place, comprenant construction d'infrastructure de transports en commun, péage, construction d'infrastructure pour les VEVHR, n'apportent pas de gains à la collectivité. L'analyse des MACCs fait ressortir le même constat, le coût à la tonne de CO_2 est simplement un révélateur : le covoiturage a un impact positif fort sur le bilan.

Comment interpréter ces résultats ? Le bilan illustre le fait qu'après des investissements importants dans les transports en commun lors des 20 dernières années, les potentiels de gain de temps semblent aujourd'hui réduits, car les axes les plus structurants ont souvent déjà été équipés. Il montre que dans le cas de Grenoble et avec les infrastructures choisies (une optimisation des choix d'investissement est bien sûr possible), peu de gains de temps sont prévisibles à l'heure de pointe.

3.2 Comparaison avec les évaluations socio-économiques d'autres projets de tramway.

Cet épuisement des gains de temps n'est probablement pas valable pour d'autres agglomérations et d'autres projets. Par exemple pour le prolongement de la ligne 7 du tramway entre Athis Mons et Juvisy, au Sud de Villejuif en région parisienne (Stif, 2012), un gain de temps de 22M€ est prévu en 2019, principalement du fait du gain pour ceux qui utilisaient déjà les transports en commun (14M€) et pour qui le tram procure un gain par rapport au bus. Un gain de décongestion du fait du transfert modal sur le tram est aussi valorisé (6.6M€). Ces résultats ont été produits avec le modèle transport Antonin 2 du STIF. Le bilan socio-économique, fait du point de vue des investisseurs public (n'inclut pas les coûts des ménages), est de 13M€ (bénéfice actualisé) pour 230M€ d'investissement public, avec un taux d'actualisation de 8%. Cela reste faible vu le niveau d'incertitude sur les gains de temps et de décongestion.

Par comparaison, quel est le bilan de notre politique d'extension des tramways dans le scénario 1 par exemple ? Le bilan est de 42M€ *(valeur tps d'attente 9€ avec tous les éléments pris en compte y compris CO_2, coût actualisé*) pour un investissement de 330M€. Les extensions de tramway ne sont donc pas profitables même si cette mesure vient après la mise en place du péage urbain. Le bilan, si l'on prend les trois premières mesures (BHNS, Péage, Tram) est de 220M€ (*hypothèses identiques*) : cet ensemble de mesures n'est pas profitable non plus. Cela s'explique en partie par le fait que BHNS et Tramways rentrent en concurrence, mais aussi par le fait que le péage est une mesure assez pénalisante en termes de temps perdu, ce que les gains importants en pollution locale ne compensent pas. Une autre façon de le dire c'est que les nouvelles infrastructures de transports en commun ne permettent pas de gagner suffisamment de temps pour une partie importante de la population de l'agglomération, en particulier ceux qui quittent leur voiture pour les transports en commun du fait du péage.

Le projet d'extension de son réseau de tramway de Bordeaux (CBBB, 2011) fournit une base intéressante de comparaison. En effet, l'agglomération souhaite construire des extensions pour 3 lignes de tramway, construire une 4ème ligne de 10km et un tram-train de 7 km. Cela représente 33 nouveaux kilomètres de tramway, pour un réseau de 44 kilomètres aujourd'hui. Au final, le résultat pour ces investissements (700M€) est un bilan actualisé des bénéfices de 454M€. Cela contraste fortement avec notre bilan pour l'extension du tram, avec un coût actualisé de 42M€.

Comment expliquer ces différences avec nos propres résultats ? Le gain des anciens automobilistes qui passent aux transports en commun est 0.251€/km de gain de moindre usage dans l'étude bordelaise, alors que dans notre travail nous l'estimons à 0.13€ (voir Chapitre 6 – 4.). Cette différence s'explique probablement par un coût complet du véhicule plus élevé dans leur étude ainsi qu'une méthode de calcul différente (celle-ci n'est pas précisée) sur un objet par nature incertain (quelle proportion des ménages va revendre sa voiture s'il se met à utiliser les transports en commun à l'heure de pointe ?). Si nous prenons une valeur de 0.25€/km, alors le bilan des coûts de la mesure M3 Tramway devient -27M€, la mesure deviendrait donc profitable. Par ailleurs nous notons un coût d'investissement au kilomètre plus bas pour bordeaux, 17M€ contre 21M€ dans notre travail ce qui explique une partie de la différence, probablement du fait d'hypothèses différentes sur les travaux de construction. De plus dans notre travail, nous mettons en place les extensions de tramway alors que le réseau de bus a déjà été fortement amélioré avec la mesure BHNS : les gains sont donc réduits pour les extensions du tram, et il serait nécessaire de mieux structurer le réseau pour éviter cette concurrence. Cela a été fait dans le cadre de l'étude tramway à Bordeaux, et cela semble bien fonctionner car la fréquentation du réseau de bus croit fortement avec l'extension du réseau de tramway selon leur prévision. On atteint ici des limites de notre travail : l'optimisation des réseaux de transports en commun dans un scénario aurait constitué un important travail en soi. Par ailleurs, leur extension du réseau est d'une échelle beaucoup plus importante, 33 kilomètres sont ajoutés aux 44 kilomètres existants, dans notre travail nous ajoutons 13 kilomètres seulement à un réseau de 45 kilomètres. On peut imaginer un rendement croissant avec la taille des investissements qui expliquerait aussi la valeur du bilan.

Enfin le niveau de report modal créé par ces nouvelles infrastructures est probablement le point le plus essentiel du bilan : le gain pour la collectivité d'un projet de transports en commun dépend par définition fortement de lui. La méthode utilisée dans cette étude est celle d'un modèle de prévision de trafic de transport en commun, à partir d'une hypothèse « ambitieuse en termes de part modale transports en commun ». Cette hypothèse est construite à partir des politiques de la communauté urbaine en faveurs des transports en commun et visant une diminution du trafic automobile : « La mobilité 2020 est établie à partir des « objectifs 2010 » définis dans le PDU de 2000 » (CBBB, 2011, p28). Là réside donc la principale différence, qui explique probablement en partie les écarts entre nos résultats : dans notre travail nous simulons le partage modal, nous ne faisons pas d'hypothèse, c'est un résultat du modèle simulant aussi bien l'offre de transports en commun que la voiture individuelle. De plus dans leur travail, le modèle ne représente que les transports en commun[125], la modélisation transport avec TRANUS s'avère donc plus complète. Au final la fréquentation passe en seulement 8 ans de 460 000 à 765 000 pour l'ensemble du réseau, c'est-à-dire +66%. En 15 ans, avec un scénario de concentration urbaine sur l'agglomération, la mise en place des BHNS et des extensions, un péage urbain très contraignant, nous atteignons pour notre part +69% de fréquentation. Leur hypothèse ambitieuse de report modal expliquerait donc en partie le niveau élevé de bénéfice du projet pour la collectivité.

Enfin, nous pouvons analyser le bilan socio-économique réalisé pour la ligne E du tramway de Grenoble dans le cadre de la Déclaration d'Utilité Publique. Dans cette étude, la mise en place de la ligne implique un gain de temps de 17M€ en 2014 (mise en service) : ce gain de temps est calculé à partir du différentiel de vitesse entre bus et tramway et parait réaliste. Le gain de temps des automobilistes qui passent au tramway est estimé à la moitié du gain de temps des usagers transports en commun passant du bus au tramway, sans que ce choix ne soit expliqué. Le report modal est de 1 500 automobilistes pour 11.5 kilomètres de tramway, ce chiffre paraît réaliste si l'on compare à nos propres estimations de modélisation. Il n'y a par contre pas de perte de temps considéré par le rétrécissement de la voirie pour les voitures. Or cet effet peut être important sur le bilan du tramway (voir Prud'homme et al, 2011), dans notre travail nous réduisons la voirie disponible aux automobilistes lorsque nous créons la ligne de tramway pour prendre en compte cet effet. Au final, le bilan du gain de temps actualisé sur les 30 ans est considérable et peut paraître surprenant : 889M€. Il repose sur un ensemble d'hypothèses allant toutes dans le sens d'une augmentation du bilan :

- La fréquentation croit de 4% par an sur la période
- Dans le scénario de référence, les bus ralentissent progressivement du fait de difficultés de circulation, le temps de transport augmente de 0.6%/an dans ce scénario
- La valeur du temps augmente de 1.3%/an (l'Instruction cadre recommande qu'il augmente avec la consommation par tête et une élasticité de 0.7)

Sans ces hypothèses, le bilan actualisé ne serait que de 306M€, si on ajoute les gains en coût d'exploitation (qui repose aussi sur l'évitement de la congestion des bus) et externalités (sécurité, pollution, CO_2), on arrive à 336M€, à comparer avec les coûts d'investissements de 287M€. Le

[125] Voir http://participation.lacub.fr/IMG/pdf/P19_transversal_caracteristiques_4_etudes_frequentation.pdf

bénéfice actualisé passerait ainsi de 623M€ à 49M€. Nous aurions alors quelque chose de plus comparable avec notre propre travail pour lequel le bénéfice actualisé est de **-** 42M€ (pour lequel nous n'avons pris aucune de ces 3 hypothèses). Et ce d'autant plus si l'on avait mieux optimisé les bus avec l'arrivée des nouvelles lignes de tramway, ce qui est fait dans ce bilan socio-éco de la ligne E.
Au final les hypothèses utilisées dans ce travail ne sont pas illogiques, mais elles représentent, mises ensemble, une situation tranchée où les gains de temps augmentent de 7%/an. Cela repose sur un déclin inexorable de la vitesse des bus et une hausse considérable de la fréquentation des transports en commun, sans que l'on sache si cela correspond à un changement des parts modales ou simplement d'une hausse du volume généralisé de la demande de transport (sur la période 2002-2010, la croissance de la fréquentation des transports en commun a été d'environ 2.2%/an pour la région grenobloise, et le nombre global de déplacement a plutôt baissé). Cela pourrait constituer un scénario dans l'analyse d'ensemble mais ne devrait pas à notre sens constituer l'unique scénario d'analyse de la politique de transport. Nous reviendrons sur ces points de méthode du calcul économique dans le chapitre 9. Nous nous interrogerons en particulier sur l'adéquation entre un calcul économique basé sur les gains de temps et des infrastructures de transport urbain pensées avant tout comme des outils de reconfiguration urbaine.

3.3 Comparaison des coûts entre trajectoires urbaines : un avantage des formes compactes à relativiser.

La première façon était d'analyser le caractère profitable des 5 mesures, suivant les scénarios. La seconde façon, que nous décrivons ici, est de comparer les différentes trajectoires entre elles. Le tableau ci-dessous compare les scénarios en 2030, cela permet d'estimer l'efficacité économique des différentes trajectoires à un moment donné. Par ailleurs la différence entre le scénario avec les 5 mesures et le scénario de référence en 2030 permet d'évaluer le caractère profitable des 5 mesures de manière complémentaire au bilan actualisé. Il ne s'agit pas d'analyser toute la trajectoire mais de regarder à un moment donné, en 2030. Le bilan est négatif (c'est-à-dire profitable) pour tous les scénarios avec une valorisation à 9€, alors qu'il est légèrement positif pour une valeur de 20€. Cela signifie que les investissements réalisés permettent d'améliorer l'efficacité de fonctionnement du territoire en bout de trajectoire. L'analyse des coûts fait ressortir des différences importantes entre les différentes trajectoires urbaines. Si l'on considère uniquement les coûts économiques, le scénario 1 est largement en dessous des autres scénarios, qui sont eux, une fois de plus, très proches. L'écart avec les autres scénarios est légèrement accentué avec une valeur du temps d'attente de 9€ (passant de 5% à 7%, pour le scénario avec les 5 mesures).

Cela s'explique par un ensemble de raisons, conséquences de la forme urbaine plus compacte :

- distances parcourues plus faibles
- usage plus important des transports en commun et bonne fréquentation de ceux-ci, ce qui assure une bonne efficacité à l'ensemble.
- moindre équipement en VEVHR des ménages

Les scénarios 2 et 3 sont eux très proches car d'une part les mêmes mesures sont testées, et d'autre part les données en termes de CO_2 et de distance montrent que la mobilité n'y est pas très différente.

	Coût global en 2030 M€			Val tps att 20€	DIFF M5-Ref	
Scénario	Coût éco	+ Externalité	+ Ext + Temps	Coût éco	+ Externalité	+ Ext + Temps
S1 ref	1490	1636	2689	-16	-52	20
S2 ref	1596	1743	2847	27	-6	-14
S3 ref	1614	1760	2877	32	-3	-20
S1 M5	1475	1584	2709			
S2 M5	1623	1737	2833			
S3 M5	1646	1757	2857			

	Coût global en 2030 M€			Val tps att 9€	DIFF M5-Ref	
Scénario	Coût éco	+ Externalité	+ Ext + Temps	Coût éco	+ Externalité	+ Ext + Temps
S1 ref	1490	1636	2565	-16	-52	-43
S2 ref	1596	1743	2724	27	-6	-36
S3 ref	1614	1760	2755	32	-3	-43
S1 M5	1475	1584	2522	Le coût global en 2030 représente le fonctionnement		
S2 M5	1623	1737	2688	du territoire, cela ne comprend donc pas les		
S3 M5	1646	1757	2713	investissements publics réalisés sur la trajectoire avant 2030.		

Figure 71 : les coûts globaux en 2030 suivant les périmètres de coûts

Si nous regardons le prix moyen des logements en complément, on observe que grâce à l'importante offre de logement dans l'agglomération dans le scénario 1 (ce qui est une hypothèse forte), le prix des logements est plus bas que dans les autres scénarios. L'attractivité de l'agglomération et l'investissement dans les transports en commun ne conduisent pas à une hausse des prix qui pourrait être problématique pour les ménages, en particulier les ménages modestes. On observe aussi que la mise en place des mesures de réduction à un impact faible sur ces prix.

Coût logement moyen €/ m2	
S1 CU	13.0
S2 RM	14.0
S3 EU	13.5

Tableau 34 : résultats de la simulation pour les coûts du logement

Au final, nous avons présenté les différentes trajectoires d'émissions entre 2010 et 2030 suivant les formes urbaines et nous avons expliqué que l'apport de la densification était significatif mais pouvait apparaître limité eu égard à nos hypothèses fortement contrastées (Chapitre 7 – 2.1). Nous avons ensuite montré que **les bilans des 5 mesures étaient meilleurs pour le scénario 1 si l'on prend les coûts économiques et les externalités, mais que cela n'était plus vrai avec la prise en compte du temps,** qui pénalisait fortement ce scénario et d'autant plus si nous prenions une valeur du temps d'attente double (Chapitre 7 - 3.1)**.** Enfin, nous avons observé que les coûts sur l'année 2030 (sans soustraire au scénario de référence) allaient à l'avantage de la forme compacte**. Ces résultats conduisent à mettre en avant les bénéfices des formes compactes pour la réduction**

des émissions (le bilan équivaut à un coût d'abattement global), avec un bémol toutefois sur les pertes de temps impliquées.

Il s'agit maintenant de discuter ces résultats et de les replacer dans la littérature. Nous avons fait dans le Chapitre 5 – 1., une revue de la littérature sur le débat entre ville dense et ville étalée et l'impact en termes de consommation d'énergie. Nous pouvons en rappeler les principales conclusions ici.

- la compacité doit être encouragée même si les gains seront probablement modestes à court-terme
- ces gains modestes sont probablement essentiels pour tenir les objectifs de réduction
- tous les bénéfices et les coûts des évolutions urbaines ne sont généralement pas estimés, cette incertitude implique d'agir prudemment et d'évaluer les évolutions urbaines
- l'urgence de la question climatique implique d'agir rapidement dans les directions qui semblent, en l'état actuel de la connaissance, les plus souhaitables.
- le débat méthodologique nous a incité à utiliser le modèle TRANUS en prospective, afin d'apporter des éléments de connaissance utiles à cette discussion. Il s'agissait d'aller plus loin que l'analyse empirique de l'existant pour interroger les différentes trajectoires futures, incluant les évolutions technologiques, vis-à-vis de la question climatique.

Le premier enseignement est que nos résultats sont cohérents avec la littérature et l'idée selon laquelle que la compacité permet de contribuer davantage que les autres trajectoires urbaines aux réductions des émissions. Nos propres estimations montrent que ces gains peuvent apparaitre modestes mais qu'ils sont nécessaires pour atteindre les objectifs de réduction. Par ailleurs, notre contribution concerne aussi les coûts globaux, même s'ils ne comprennent pas les coûts d'urbanisation. Nos résultats montrent que si l'on considère la mobilité locale uniquement, le scénario ville compacte a un fonctionnement plus économe pour la collectivité. Enfin il semble que la politique polycentrique n'apporte pas d'avantages décisifs par rapport au scénario d'expansion.

Pour discuter de notre résultat sur les apports d'une forme compacte, nous allons nous intéresser au travail de Mitchell, et al. (2011) au Royaume-Uni particulièrement comparable à notre propre étude. En effet le contexte de cette étude est propice à une comparaison, avec une des régions urbaines étudiées de taille comparable avec notre objet d'étude, dans un pays qui partage avec la France d'importants objectifs de production de logement et de lutte contre l'étalement urbain. D'autre part la méthode aussi est comparable. En effet l'étude repose sur l'utilisation de Meplan, un modèle d'usage des sols très proche de TRANUS. Les principales différences sont que cette étude incorpore un sous-modèle pour calculer les consommations énergétiques des logements et qu'elle ne vise pas à tester différentes politiques de transport dans les différents scénarios de forme urbaine.

Les auteurs constatent que si la Green Belt, introduite en 1947 et représentant une limite à la croissance des aires urbaines, a permis de lutter contre l'étalement, elle pourrait aujourd'hui avoir un effet négatif sur le bien-être des populations en limitant les surfaces habitables par habitant et en repoussant plus loin encore l'urbanisation du fait des nombreux ménages souhaitant disposer de plus

d'espace. Quatre scénarios sont donc construits pour estimer les trajectoires pertinentes qui pourraient être imaginées : un scénario tendanciel où l'on poursuit les politiques actuelles en incitant au transport en commun, et en utilisant efficacement l'espace disponible (mais avec une densité moindre que dans le 2ème scénario) ; un scénario compact dit de «*smart growth* » ou « *Transit Oriented Development* » où le développement est concentré dans des corridors bien desservis par les transports en commun ; un scénario de dispersion, proche des idées de Gordon et Richardson où le marché est laissé plus libre en levant en partie les contraintes de la Green Belt et où la dispersion suit les évolutions de villes comme Bruxelles, Milan ou Bristol ; un scénario d'expansion planifiée, qui vise à construire de nouvelles zones d'urbanisation, relativement séparées du reste de l'aire urbaine, mais bien desservies par un transport en commun et atteignant un certain niveau d'autosuffisance pour éviter les longs déplacements.

Les résultats pour les transports, calculés à un horizon 2031, avec une année de base 2001, relativisent les bénéfices en termes d'émissions issus de la compacité. Les différences entres les 4 scénarios sont d'environ 3% pour la région la plus grande (35800km² et 8.8 millions de logements en 2001), 2% pour la région de taille intermédiaire (2323 km² et 740 000 logements) et 8% pour la plus petite (l'horizon est ici à 2021, 2400 km², 200000 logements) : l'écart le plus important est toujours entre le développement compact et le scénario de dispersion (voir le tableau ci-dessous). Les effets de ce développement compact sur les émissions du transport sont donc moindres que dans notre analyse, pour le territoire le plus comparable au nôtre (différence de 8.5% dans notre étude contre 2% pour la région de taille intermédiaire et 8% pour la plus petite région). Nos hypothèses de développement urbain, comme nous l'avons déjà dit, sont probablement assez volontaristes, ce qui expliquerait une partie de ce décalage. Par ailleurs, dans un contexte de croissance plus importante, avec une hypothèse très probablement moins forte de hausse des prix de l'énergie, la congestion semble un sous –produit négatif de la politique de compacité plus important que dans notre travail. De manière parallèle, pour le territoire le plus comparable (TWCR), la compacité n'apporte pas un réel gain d'efficacité du transport (M£/year) par rapport aux autres scénarios, alors que dans notre travail, la différence en termes de coûts est significative.

Figure 72 : Niveaux d'émissions suivant la forme urbaine

Table 5. Total CO_2 emissions (million tonnes/yr) by region and spatial option.

City region	Sector[a]	Base 2001	Trend			Com-paction, 2031	Dispersal, 2031	Planned expansion, 2031
			2016	2031	2031 with RUC[b]			
Wider South East Region (WSER)	transport	58.70	77.69	84.44	80.52	83.36	86.85	84.38
	domestic	34.94	38.08	40.47	40.47	40.16	40.74	40.63
	commercial	19.30	23.92	26.67	26.68	26.58	26.74	26.71
	total	112.94	134.68	151.59	147.66	150.09	154.34	151.72
Tyne and Wear City Region (TWCR)	transport	3.04	no	3.35	3.15	3.29	3.35	3.34
	domestic	3.04	data	3.30	3.30	3.27	3.30	3.30
	commercial	1.73		2.02	2.02	2.02	2.02	2.02
	total	7.81		8.67	8.47	8.58	8.67	8.66
Cambridge subregion[c] (CSR)	transport	1.35	no	1.50	1.37	1.44	1.56	1.49
	domestic	0.89	data	1.04	1.04	1.03	1.05	1.05
	commercial	0.53		0.67	0.67	0.67	0.67	0.67
	total	2.77		3.21	3.07	3.14	3.27	3.20

Source : (Mitchell, et al., 2011)

Les hypothèses de croissance démographique et économique retenues ainsi que celle du niveau d'émission des différents modes de transport (les auteurs les considèrent comme probablement trop pessimistes) impliquent une hausse tendancielle des émissions de CO_2 du transport d'environ 44% pour la plus grande région et de 10% pour les deux autres. Et au final jouer sur la forme urbaine a un impact faible si on le compare à la hausse tendancielle, un impact beaucoup plus faible que généralement imaginé (Mitchell, et al., 2011). Même avec des scénarios qui prévoient des croissances importantes, « *urban densities and patterns of development change only slowly* », ce qui conduit les auteurs à considérer que les instruments économiques (simulation d'une *Road User Charge*) et la technologie sont plus efficaces pour réduire les émissions que l'action sur la forme urbaine. Cette conclusion est intéressante, nous pouvons toutefois regretter le fait qu'aucunes explications ne soient données pour expliquer cet effet faible de la densité sur les émissions : est-ce parce que le stock domine et que la réorientation de la croissance future ne pèse que très peu sur le résultat final ? Est-ce parce que les potentiels urbains sont limités ? Est-ce parce que ces développements donnent lieu à des reconfigurations urbaines qui annulent quasiment les gains rendus possibles par la seule forme urbaine ? Est-ce parce que la compacité n'implique pas de report modal suffisant sans politiques de transport additionnelles ? D'une part cela permettrait de mieux comprendre le résultat, d'autre part cela pourrait identifier des pistes de politiques qui permettraient de renforcer l'efficacité d'un développement compact.

Au final, ces résultats, qui modèrent l'impact d'un développement dense sur les émissions de CO_2, sont cohérents avec la revue de la littérature du Transport Research Board (TRB, 2009) sur l'ampleur de l'effet d'une augmentation de la densité sur les émissions de CO_2 aux USA. Il ressort de la littérature que doubler la densité résidentielle peut réduire les kilomètres parcourus en voiture de 5 à 12%, et peut-être 25%, si cela est couplé avec une plus grande concentration d'emplois et une amélioration des transports publics (TRB, 2009). Toutefois nous ne partageons pas les conclusions des auteurs sur les enseignements à en tirer et sur les politiques à mettre en place. Les conclusions de (Mitchell, et al., 2011) et de (Echenique, et al., 2012)[126] sont fortes : ils remettent en cause les politiques de compacité et considèrent que pour la question du CO_2, il vaut mieux s'en remettre à la technologie ou aux instruments économiques (tarification de la circulation automobile). Ils insistent sur le fait que les coûts de la compacité existent et ne doivent pas être ignorés, quand les gains sont probablement exagérés : au final la planification doit avoir des objectifs plus larges que la seule densification.

Nous rejoignions ces auteurs sur cette dernière idée, et sur le fait sur que les potentiels surcoûts de la compacité doivent être examinés avec attention et ce d'autant plus que les gains potentiels sont mesurés, même si nos propres résultats sont davantage à l'avantage du scénario compact.
Dans le même temps notre analyse montre que nous ne pouvons pas uniquement nous en remettre à la technologie pour la question climatique et que les évolutions de formes urbaines sont nécessaires pour apporter leur contribution à l'atteinte des résultats, rejoignant ici les conclusions de TRB (2009)

[126] Publications issues du même travail de modélisation.

(détailléee **1.1 p175**). Ce constat est aussi celui de la Californie, comme rappelé par TRB, 2009 « *In September 2008, the California state legislature passed the first state law (Senate Bill 375) to include land use policies directed at curbing urban sprawl and reducing automobile travel as part of the state's ambitious strategy to reduce greenhouse gas (GHG) emissions. The legislature recognized that cleaner fuels and more fuel-efficient vehicles would not be sufficient to achieve the state's goal of reducing GHG emissions to 1990 levels by 2020*." L'analyse du TRB présente l'intérêt de replacer cette discussion dans le contexte du changement climatique et de l'urgence d'y répondre ("*climate change is a problem that is likely to be more easily dealt with sooner rather than later*"). Si les apports d'une action sur l'aménagement peuvent paraître limités et incertains, l'importance du changement climatique et la logique du principe de précaution nous incitent toutefois à nous orienter le plus tôt possible vers les directions capables, même de manière limitée, de réduire les émissions. Dans le même temps, le TRB considère une hypothèse optimiste sur la fabrique urbaine et le marché du logement en disant que le "*compact development does not entail the demise of single-family housing and may, if implemented carefully, reduce housing costs while increasing housing choices*." Il est selon nous nécessaire de mettre en place des politiques extrêmement fortes pour que la densification soit possible sans renchérissement des coûts, en permettant une offre diversifiée répondant aux besoins des différents types de population.

Enfin, il est nécessaire de rappeler certaines hypothèses très fortes sur la réalisation du scénario 1 et les limitations qui peuvent être apportées :

- la forme urbaine peut aussi avoir des implications en dehors de la mobilité locale quotidienne que nous simulons : l'envie plus forte de sortir de la ville le week-end ou lors des vacances peut impliquer des émissions importantes, et les kilomètres en plus parcourus pour le loisir peuvent compenser les kilomètres en moins des déplacements quotidiens. Sur cette question voir les travaux d'Orfeuil et Solleyret (2002) et plus récemment d'H.Nessi (2012) avec une réflexion sur les motivations des ménages et le lien avec leurs cadres de vie. Les conclusions de Nessi soulignent l'importance d'une réflexion en termes d'aménagement dépassant la question de la forme urbaine et de la densité.
- nous ne prenons pas en compte l'utilité des ménages globalement, par exemple les m2 dont ils peuvent jouir. Il faudrait aussi valoriser la préservation de foncier naturel, gestion du patrimoine de l'aire urbaine. Ne prendre en compte ni l'un ni l'autre permet d'une certaine façon de rééquilibrer l'analyse. En effet si on prenait en compte l'utilité retirée par la superficie habitable sans prendre en compte le fait que l'on consomme plus ou moins de foncier, cela avantagerait un scénario d'étalement et vice versa.
- la question de la compatibilité avec une stratégie d'adaptation et de la vulnérabilité : nous pensons en particulier aux phénomènes d'ilots de chaleur, sachant que Grenoble est particulièrement chaude l'été, qui sont renforcés par la densité du bâti.
- les coûts économiques (acquisition foncière, politique du logement) et politiques (la densification n'est généralement pas très populaire) sont probablement très importants. En effet, satisfaire nos objectifs de construction de logement nécessiterait des changements très importants dans la politique urbaine de l'agglomération, que nous avons détaillé dans le

chapitre présentant les scénarios. C'est à l'aune des efforts demandés que les résultats d'une plus grande compacité nous apparaissent limités.

- la consommation de toutes les réserves foncières de l'agglomération est-elle acceptable même si elle s'accompagne d'une préservation des ressources des zones périurbaines et rurales ?
- rendre la ville compacte, c'est aussi, au moins pendant une période transitoire, concentrer la population dans les zones les plus polluées. Dans notre travail, on observe que la population augmente plus vite dans l'agglomération que la pollution ne décroit. Même si la pollution décroit davantage dans ce scénario que dans un scénario d'étalement (avec les 5 mesures), cela ne compense pas l'augmentation de population (le produit pollution * population est plus faible pour S3, sachant aussi que dans ce scénario le déploiement des véhicules électriques est plus important). Les effets de la pollution ne sont pas linéaires, mais entre le niveau d'émissions de S1 et celui de S3 on nous pouvons approximer un effet linéaire. Ce calcul reste assez grossier puisque nous regardons uniquement au niveau global de l'agglomération et non au niveau des grands axes ou bien au niveau des zones de l'agglomération où la population croit le plus, mais il permet d'avoir une vision des ordres de grandeur en jeu.

Au final, les avantages d'une trajectoire urbaine qui verrait un développement plus compact de l'agglomération, en densifiant les premières et deuxièmes couronnes de l'agglomération, sont-ils supérieurs aux coûts non comptabilisés et décrits ci-dessus ? Il est bien difficile de répondre en l'état des connaissances sur les coûts d'urbanisation. Toutefois dans un triple contexte d'incertitude (marchés énergétiques, évolutions technologiques, changement climatique et ses dynamiques), dans un contexte aussi de volonté de gestion du patrimoine foncier rural, des développements plus compacts que ceux des dernières tendances sont souhaitables. Du fait de leur proximité au cœur de la ville, les potentiels de la couronne de l'agglomération mériteraient devraient être davantage utilisés afin de réduire les émissions du territoire, en intégrant au mieux les politiques de transport et les politiques d'urbanisme. De même les potentiels des pôles urbains en dehors de l'agglomération devraient être utilisés au mieux. Par ailleurs, l'aménagement est à considérer dans le temps long, à plus long terme que 2030. Il s'agit aussi de comprendre que cet aménagement, au-delà des gains et des coûts propres que l'on peut attendre, conditionnera le coût et le potentiel des mesures que l'on mettra en place après 2030. Or ce que l'on observe c'est que la forme compacte réduit assez fortement les coûts de la mobilité. Ces développements ne doivent toutefois pas être réalisés à n'importe quel prix, d'une part il est peut être plus pertinent économiquement de réduire les émissions dans d'autres secteurs, d'autre part les choix d'aménagement de la ville se font sur d'autres critères que sur celui des émissions, en particulier la situation du logement est préoccupante et la densification ne peut s'envisager que dans un contexte de réforme forte des politiques urbaines. Ces éléments loin de nous détourner de la question de l'aménagement territorial nous incite plutôt à continuer à analyser et comprendre l'ensemble des conséquences des choix d'aménagement. Les outils développés permettent en partie de répondre à ces questionnements avec une vision intégrée transport-urbanisme.

4. Les coûts d'abattement : hiérarchies des coûts et impacts sur le fonctionnement urbain.

Nous allons maintenant rentrer dans le détail des mesures mises en place dans les différents scénarios et décrire les courbes de coût d'abattement.

4.1 La séquence du scénario « Concentration urbaine sur l'agglomération ».

4.1.1 Un ensemble de coûts pour chaque mesure : quels enseignements en tirer ?

Nous présentons une succession de courbes (périmètre de l'agglomération) afin de montrer la sensibilité des résultats suivant les coûts pris en compte et les hypothèses de calcul. Le premier enseignement est donc que les coûts, et les hiérarchies entre mesures, évoluent fortement suivant le type de coûts pris en compte et les hypothèses de calcul. Le calcul économique n'est pas univoque, pour reprendre la formule de Crozet (2004) et il s'agit d'analyser chaque configuration car chacune est porteuse de sens.

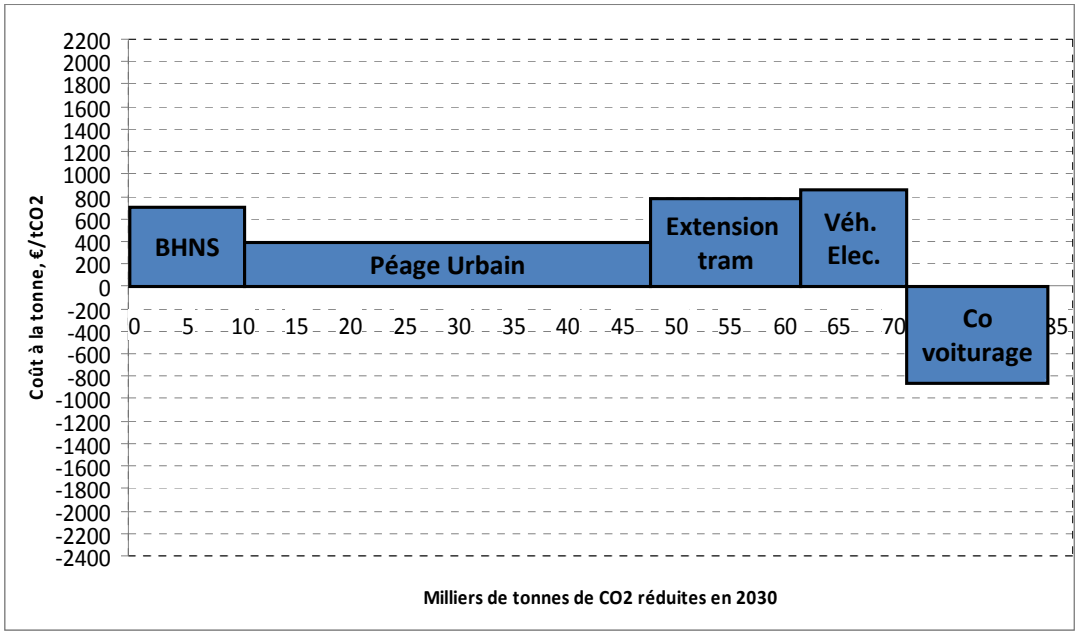


Figure 73 : Courbe de coûts d'abattement Scénario CU (coûts économiques, périmètre de l'agglomération, TA 4%)

La 1ère courbe, représentant les coûts économiques et un taux d'actualisation de 4%, révèle les besoins financiers de la collectivité pour réduire les émissions. Sa lecture montre que les solutions transports en commun ou VEVHR ont des coûts-efficacité comparables pour la collectivité. Ces solutions sont toutefois moins coût-efficaces que le péage, et encore moins que le covoiturage.

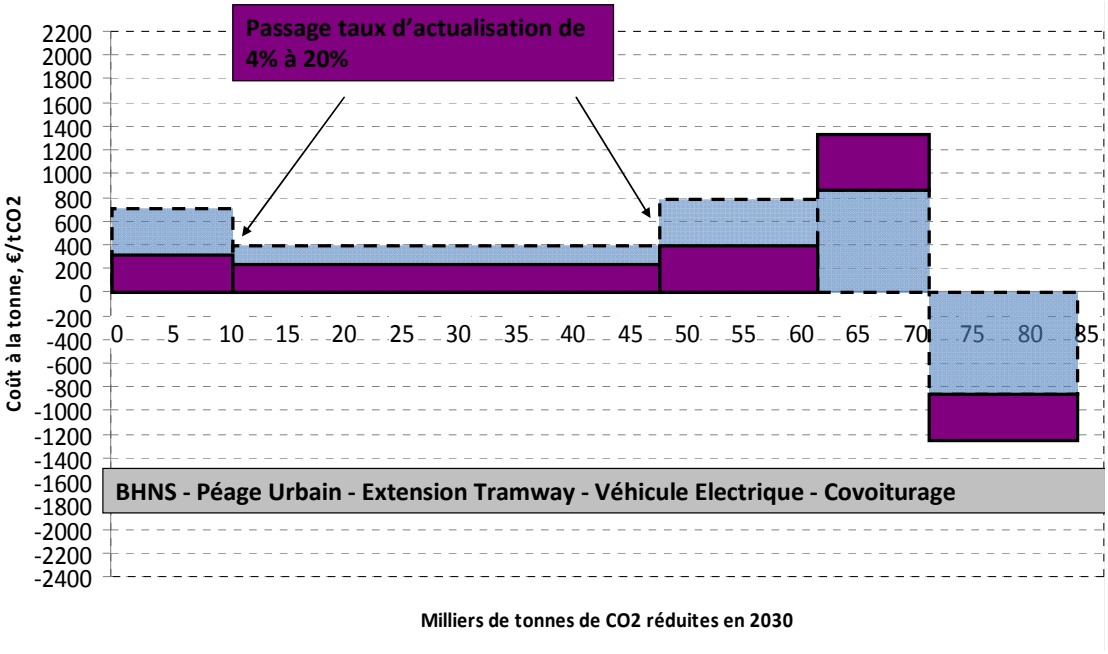


Figure 74 : Courbe de coûts d'abattement Scénario CU (Passage à un taux d'actualisation de 20% pour les ménages)

En changeant le taux d'actualisation, nous nous plaçons suivant le point de vue de ménage modestes, qui ont des difficultés pour investir, et nous observons que le tableau change fortement, les VEVHR sont largement pénalisés alors que les transports en commun sont favorisés : une hiérarchie nette apparait alors en faveur de ces derniers. La prise en compte des externalités implique un changement uniforme : toutes les mesures voient leurs coûts réduits par l'introduction des gains en bruit et pollution locale. Si nous ajoutons aux externalités un taux d'actualisation de 20% (schéma non présenté), les coûts des trois premières mesures deviennent même négatifs. Cela constitue un résultat d'importance, si l'on considère que certains ménages supportent des surcoûts importants afin de posséder une voiture (révélés par le changement de taux d'actualisation) alors la solution transports en commun devient profitable en prenant en compte les externalités.

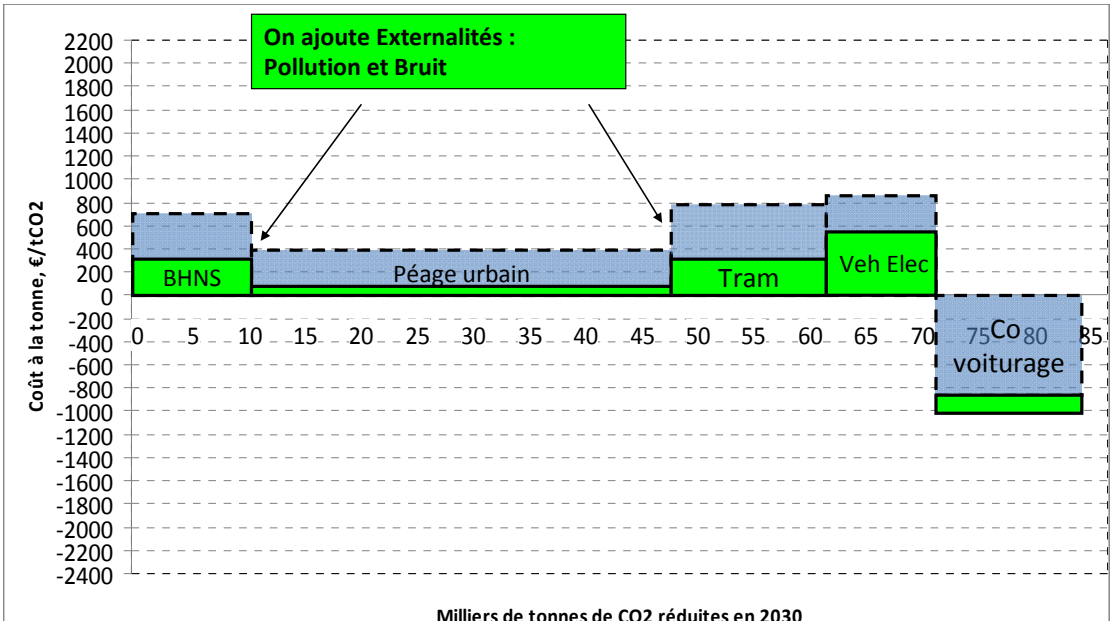


Figure 75 : Courbe de coûts d'abattement Scénario CU (Retour à un TA de 4% et ajout des externalités)

L'introduction du temps dans le bilan modifie considérablement le tableau, les solutions passant par un report modal sont largement pénalisées et voient leur coût augmenter. Cela est surtout vrai pour le péage urbain, qui représente une mesure pénalisante pour un grand nombre d'usagers, qui doivent quitter leur voiture pour une solution alternative moins rapide. Toutefois si l'on considère qu'il n'est pas forcément légitime de pénaliser le temps d'attente par rapport au temps de déplacement, alors les solutions transports en commun ne sont plus pénalisées, le coût du tramway est même légèrement réduit. Pour le péage, l'effet est important, mais la prise en compte du temps augmente toujours le coût.

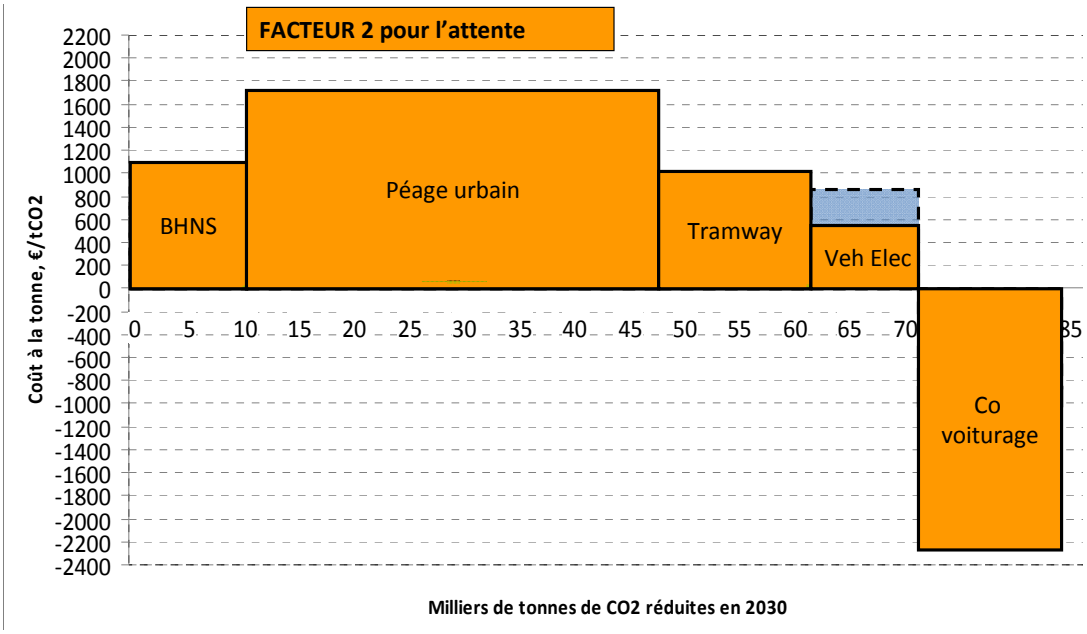


Figure 76 : Courbe de coûts d'abattement Scénario CU (Ajout du temps, en plus des externalités)

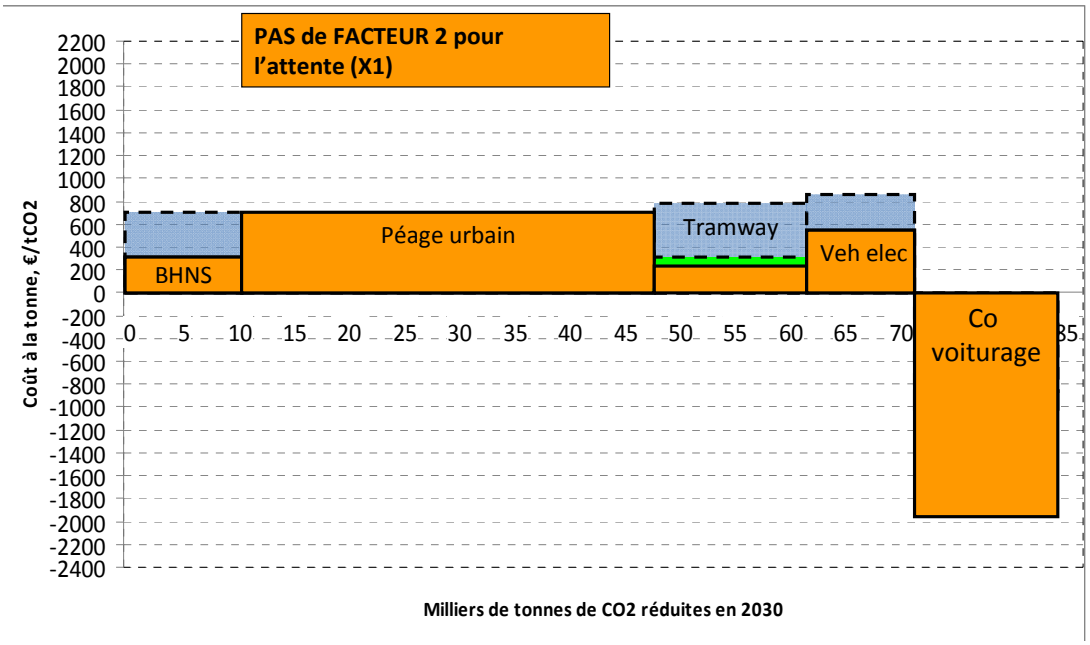


Figure 77 : Courbe de coûts d'abattement Scénario CU (Valeur Temps d'attente = Val Tps déplacement)

Par ailleurs, il existe une très grande sensibilité du coût de réduction des émissions aux évolutions du temps sur la période de pointe : une augmentation du temps (temps de déplacement et d'attente pour

la période de pointe du matin pour tous les ménages) de 1% fait augmenter le coût à la tonne de ces mesures d'environ 700€/tCO_2. Ceci est un constat général, déjà présent dans d'autres analyses économiques pour le transport. Nous pouvons citer par exemple Charles Raux dans le cas du péage de Londres (Raux, et al., 2009)[127] qui observent que « la grande sensibilité des résultats aux mesures de vitesse […] nous amène à proposer une fourchette de valeurs, avec un bilan économique compris entre -26 et +33M€ » ce qui fragilise fortement la robustesse du résultat. M .Boiteux (Boiteux, 2001) remarque que dans les bilans socio-économiques, « les incertitudes sur l'évaluation du temps gagné y sont souvent du même ordre de grandeur que les valeurs attribuées aux autres effets ». Dans l'absolu, le niveau d'incertitude de la modélisation transport-usage des sols par rapport à la réalité, est bien sûr plus important que 1%. Mais nous utilisons notre modèle en différentiel : tout résultat est une différence avec un scénario de référence : il est donc clair que la cohérence du modèle permet d'assurer une certaine robustesse à ces effets différentiels. De plus 1% de l'enveloppe temps peut recouvrir des gains significatif pour une part de la population sans toutefois que d'un point de vue global, on puisse parler d'une amélioration significative de la mobilité. Il est toutefois difficile de désagréger les résultats afin d'identifier les ménages qui ont gagné ou perdu du temps avec ces mesures. Il est aussi difficile de quantifier l'incertitude, car elle n'est pas directement issue d'incertitudes sur les données par exemple, mais bien de l'exercice de modélisation lui-même et d'un grand nombre de paramètres choisis et calibrés pour représenter le fonctionnement du territoire. En l'état, il faut donc prendre les résultats incluant le temps avec beaucoup de prudence.

Enfin, il s'agit de revenir sur la construction des courbes que nous venons de présenter. Nous avons expliqué dans le chapitre 6 la logique qui a été à l'œuvre dans le choix des différentes séquences de mesures, avec la prise en compte de la faisabilité politique, technique et financière en plus du critère économique dans l'élaboration des séquences testées ensuite avec TRANUS. Ce travail s'inscrit dans une logique où l'on teste plusieurs scénarios qui nous paraissent pertinents, mais non dans une optimisation à partir d'une exploration des possibles : cela représenterait un travail considérable pour autant de scénarios et de paquets possibles. Au final, ces choix nous ont conduits à des courbes de coûts aux profils singuliers. Mais cela n'apparait contradictoire ni avec notre problématique générale qui est d'apporter une analyse économique dans la planification, qui serve de support aux débats et à la discussion dans le cadre des choix d'orientations, ni avec notre perspective de simulation prospective et non d'optimisation. Les résultats montrent clairement qu'il n'existe pas un coût mais des coûts pour chaque mesure : il n'y a donc pas une hiérarchie univoque entre les mesures.

Toutes les configurations d'analyse des coûts n'ont toutefois pas la même portée et s'il fallait n'en retenir qu'une, ce serait la dernière (**Figure 77**) qui inclus toutes les composantes avec un taux d'actualisation de 4% et une valeur du temps d'attente non doublée. D'une part car le taux d'actualisation est celui de la collectivité publique, d'autre part car l'ambition d'un développement

[127] « nous rappellerons l'extrême sensibilité de l'évaluation du gain de décongestion aux mesures de vitesses sur le réseau routier », de plus les auteurs s'interrogent sur la prise en compte des gains de temps marginaux : « dans le cas de Londres, ces gains de l'ordre de 36sec au maximum pour 10 km parcourus, ramenés à des quantités très élevées de trafic, doublent au minimum l'estimation du gain de décongestion »

durable implique de prendre en compte externalités et temps, enfin car il est pertinent selon nous de considérer que la collectivité ne pénalise pas le temps d'attente pour les transports en commun.

4.1.2 Les résultats clés de chaque mesure de réduction.

Nous détaillons et expliquons ci-dessous les coûts et potentiels des différentes mesures testées, les impacts sur la forme urbaine et sur la mobilité du territoire. Les différences, quand elles existent, entre une analyse au niveau du périmètre du SCOT et au niveau de l'agglomération, seront expliquées, sinon le propos général est valable quel que soit le périmètre.

CU Réduction des émissions tCO_2 / Scénario Ref en 2030		
Périmètre	**Agglomération**	**SCOT**
BHNS	**9820**	**11313**
Péage	**37276**	**38469**
Extension Tram	**14963**	**22574**
VEVHR	**8771**	**15412**
Covoiturage	**13977**	**35183**
Total réduction	*84807*	*122951*
Total émissions en 2030 scénario référence	**285000**	**613000**

Tableau 35 : Réduction des émissions par mesure, Scénario CU

Coûts à la tonne pour le scénario Concentration Urbaine				
Périmètre Agglomération			**Val Tps 20€**	**Val tps 9€**
Mesures	**Coûts économiques**	**+ Externalités Env (bruit + poll atmo)**	**+ Extern +Temps**	
	€/t CO_2	***TA 4%***		
BHNS	766	371	1130	363
Péage	424	66	1734 (2639 avec surplus)	700
Extension Tram	777	330	1032	216
VEVHR	840	585	584	584
Covoiturage	-867	-1017	-2316	-1991
	€/t CO_2	***TA 20%***		
BHNS	302	-93	665	-102
Péage	210	-147	1530	489
Extension Tram	412	-34	668	-148
VEVHR	1302	1037	1037	1037
Covoiturage	-1293	-1444	-2742	-2417

Tableau 36 : coûts à la tonne pour le scénario Concentration urbaine

Mesure 1 : BHNS.

Rappel des hypothèses clés: augmentation de la vitesse moyenne des bus de 2km/h, augmentation de la fréquence ; amélioration de la perception par les ménages : intermédiaire entre bus classique et tramway ; renforcement des politiques de stationnement le long de ces lignes.

Résultats clés : le coût d'abattement est de 700€ avec les seuls coûts économiques, il tombe à environ 300€ soit par le passage à un taux d'actualisation à 20%, soit par l'ajout des externalités. Au niveau de l'agglomération, cette mesure réduit les émissions de 9 800 tonnes de CO_2 en 2030, soit -3% par rapport au scénario de référence (2030). La réponse de la demande est bonne : l'offre augmente de 16% veh.km et la fréquentation de +37% pass.km. La vitesse moyenne dans l'agglomération augmente de 0.8km/h : les passages en sites propres n'ont, globalement, pas un effet négatif sur le trafic que le report modal ne pourrait compenser. Les réductions sont plus importantes au niveau du SCOT car des ménages et des emplois rejoignent l'agglomération, une zone où les émissions par ménage sont plus faibles comparées à la moyenne du grand territoire. On observe sur les graphiques la grande sensibilité au changement de taux d'actualisation et de valeur de temps d'attente.

Mesure 2 : Péage urbain

Rappel des hypothèses clés : Périmètre Intra rocade, cela inclus Grenoble, une partie de Saint-Martin d'Hères et Echirolles; 4€ par jour pour se déplacer dans la zone, résidents inclus, on élargit la politique de stationnement du centre de Grenoble à d'autres zones.

Résultats clés : Le coût d'abattement assez modéré du péage s'explique par la maitrise du niveau d'investissements et de l'exploitation nécessaire (25M€/an) qui a été réalisée. Nous avons fait l'hypothèse que des solutions technologiques permettaient de réduire ce coût afin d'assurer une plus grand efficacité au système. Le coût à la tonne sera très sensible à une hausse des investissements (détails en annexe), une hausse de 20M€/an (investissements amortis sur 15 ans et exploitation) implique 400€/tCO_2 en plus. Cela vérifie une des conclusions de (Raux et al, 2009), la maitrise du coût du péage est cruciale pour s'assurer de son efficacité économique. **Les réductions sont conséquentes : 38 000tCO_2**, ce qui en fait **la mesure au potentiel le plus important.** On passe au final de 105000 véhicules dans la zone à 57 000 durant la période de simulation. La prise en compte du temps perdu et du surplus perdu par les automobilistes qui ont dû quitter leur voiture, renchérit fortement le coût du péage (+905€/tCO_2 pour le surplus, cela n'est pas représenté sur les courbes précédentes). Cela montre bien la difficile acceptabilité du péage, bien que son potentiel soit très important pour le CO_2 et les pollutions atmosphériques (prendre en compte ces dernières divise quasiment par 2 le coût à la tonne).

Mobilité: Report massif sur les transports en commun (+30% de pass.km), ce sont principalement des déplacements courts qui sont concernés. En effet il y a 150 000 veh.km en moins dans l'agglomération, cela représente environ 3 kilomètres par véhicule. Cela est conforme à ce que l'on pouvait attendre : ce sont ces déplacements pour lesquels le péage fait basculer l'arbitrage des ménages plus facilement, d'autant plus que les déplacements plus longs sont favorisés par une vitesse en hausse de 2.5 Km/h dans l'agglomération. Cela confirme aussi ce potentiel de réduction des émissions, dans des agglomérations françaises comparable à Grenoble comme Lyon, Lille et Strasbourg, 30% des déplacements de moins de 1 kilomètre sont réalisés en voiture (Certu, 2008), sachant que les déplacements de moins de 1km représente 40% des déplacements et ceux de moins de 3km environ 70%. Cela explique le nombre significatif de véhicule en moins (environ -45%). On observe que le trafic ne se reporte pas sur la rocade.

Globalement le temps de déplacement durant l'heure de pointe augmente de 5%, cela recouvre deux évolutions contraires : -2 000 heures de déplacement proprement dit et +10 000 heures de temps d'attente. Il y a à la fois un effet de décongestion et un effet de report d'un temps de déplacement en voiture vers du temps d'attente (égal ou supérieur) pour les transports en commun.

Forme urbaine et attractivité : Globalement, l'agglomération ne pâtit pas de la mise en place du péage, elle ne perd pas d'habitants, et obtient 1 000 emplois en plus. Par contre, à l'intérieur de l'agglomération de légères reconfigurations sont à l'œuvre, il y a environ 10% de croissance des ménages en moins pour Grenoble mais cela se reporte sur le reste, en particulier la 1ère couronne. De même pour les emplois, où le report se fait principalement sur la partie Est de la 1ère couronne.

Par ailleurs le péage rapporte 100M€ par an et coûte 25 M€ : cela permet de redonner de la marge de manœuvre à l'AOTU pour continuer à investir et réduire le niveau d'endettement, tout en continuant à fortement subventionner les transports en commun.

Mesure 3 : Extension du tramway

Rappel des hypothèses clés : 13 kilomètres d'extension (réseau de 43 kilomètres avant). Amélioration de la vitesse de 2 km/h ; mise en place de contrats d'axes équivalents à une intensification de l'urbanisation le long des nouvelles lignes de tram.

Résultats clés : le coût d'abattement est d'environ 800€ avec les seuls coûts économiques, il tombe à environ 400€ par le passage à un taux d'actualisation à 20% et 300€ si l'on inclut les externalités L'offre augmente de 32% (veh.km), la fréquentation augmente de 60% (pass.km). Les extensions du réseau répondent donc au besoin d'une large partie de la population de l'agglomération. Elles favorisent aussi l'attractivité de l'agglomération avec 1900 emplois et 1500 ménages supplémentaires. Cela signifie que l'analyse économique donnera un meilleur résultat si elle est réalisée à l'échelle du SCOT (migration de population vers des zones au fonctionnement plus économe) qu'à celle de l'agglomération (plus d'activités en absolu), le coût d'abattement baisse en effet d'environ 200€/tCO_2 (*Rappel : Les courbes présentées plus haut représentent les résultats au niveau de l'agglomération*). Par contre cet investissement se fait aux dépens du bus, l'offre nouvelle rentre en concurrence avec l'offre existante et les bus voient leur fréquentation baisser de 20% (pass.km). Globalement l'enveloppe temps diminue de 0.7%, (-3500h déplacement et +2000h attente). On observe que cette mesure n'est pas du tout suffisante pour compenser les pertes de temps (+6%) consécutives à la mise en place du péage. Il est probable qu'une restructuration du réseau de transports en commun, qui limiterait la concurrence entre tramway et bus et réallouerait ceux-ci sur d'autres itinéraires, pourrait améliorer ce bilan de l'après péage.

Mesure 4 : Véhicules électriques et hybrides rechargeables

Hypothèses : comme expliqué dans les chapitres 1 et 5, le jeu d'hypothèses détermine largement le résultat (on fait correspondre un niveau d'équipement à l'investissement public dans les infrastructures de recharge, les subventions et les expérimentations). Notre analyse permet d'estimer les coûts si cette politique se réalisait, mais ne permet pas de prédire l'effet de cette politique, comme cela peut être le cas avec la mise en place d'un tramway par exemple.

Résultats clés : Suivant ce jeu d'hypothèses, le coût à la tonne est comparable avec les mesures précédentes (coût économique et TA4%), mais il est fortement sensible au taux d'actualisation : le passage à 20% fait augmenter le coût de 450€. Toutefois on peut considérer que la politique de subvention pour les ménages du 1er et 2ème quartile compense cet effet, qui représente une difficulté pour ces ménages d'investir dans ces véhicules. La prise en compte de la baisse de pollution locale réduit le coût de 265€. Le coût est plus élevé dans ce scénario que dans les autres scénarios : cela représente le fait que dans une ville compacte, avec un ensemble de signaux négatifs vis-à-vis de la voiture, l'effet des politiques de soutiens à ces véhicules sont susceptibles d'être plus faibles. Au final, il y a 6 000 VEVHR en plus en 2030 avec cette mesure, sur environ 160 000 voitures particulières (on passe de 18% à 24% des véhicules utilisés en 2030).

Mesure 5 : Covoiturage

Rappel des hypothèses clés : Passage de 1.3 à 1.5 pers/voiture en moyenne entre 2010 et 2030 grâce à des politiques de subventions et d'infrastructures (aires).

Résultats clés : le covoiturage est une mesure extrêmement efficace économiquement : les coûts à la tonne sont systématiquement négatifs. Il faut bien sûr modérer ce résultat : des coûts cachés existent et font que dans la réalité le covoiturage n'est pas utilisé. Ces coûts sont de différentes natures : un coût de transaction pour trouver une solution de covoiturage pratique à utiliser ; un coût du temps : le fait d'adapter son itinéraire et de rejoindre son covoitureur représente généralement une perte de temps ; enfin un coût de « tranquillité », on n'est plus seul dans sa voiture et l'on doit « faire la conversation ». Toutefois d'une part ces coûts peuvent être réduits par l'action publique (coût de transaction réduit par la mise en place d'un site, de station, d'une campagne de communication favorisant les rencontres de voisinage…), d'autre part il est possible que ces coûts soient surestimés par les usagers, c'est-à-dire que la barrière de ce changement d'habitude apparaitrait plus grande qu'elle n'est réellement, que le coût de la tranquillité pourrait être compensé par un bénéfice de la « compagnie ». Les expérimentations menées dans différents départements donneront des éléments de réponse à cette question. Le changement de taux d'occupation correspondrait à environ 10 000 covoitureurs sur le territoire durant l'heure de pointe, sur un total de 210 000 déplacements faits en voiture. On peut faire l'hypothèse simplificatrice que 10 000 voitures prennent une personne de plus et passent à un taux d'occupation de 2.3, le reste des voitures conservant un taux de 1.3. Cela permet de mieux prendre la mesure de ce que représente ce scénario : 5% des automobilistes trouvant un covoitureur leur convenant (origine et destination gérable), cela ne semble pas un objectif irréalisable.

Cette mesure a aussi comme effet d'améliorer le trafic, la vitesse augmente 2km/h dans l'agglomération. Par contre, cela se ressent aussi sur les transports en commun, leur fréquentation baisse de 5% (pass.km) et 1 500 emplois quittent l'agglomération.

Au final, ces résultats invitent à reconsidérer les niveaux d'investissement des collectivités dans des campagnes de soutien au covoiturage, qui permettraient de réduire ces « coûts cachés » et ainsi développer cette pratique.

Analyse de sensibilité

Comment évolueraient nos coûts à la tonne si on ne considérait pas l'amélioration des performances des voitures ou la hausse des prix de l'énergie dans notre scénario de référence ? Faisons l'hypothèse que nous considérons qu'il n'y a ni hausse de prix ni amélioration progressive des véhicules thermiques : les coûts (avec externalité et temps, val 9€) pour le scénario 1 des mesures BHNS, péage et tramway baissent d'environ 6%. La sensibilité est donc faible.

4.2 La séquence du scénario « Renforcement des pôles urbains ».

Les enseignements généraux sur les différentes configurations d'analyse et la sensibilité des coûts, décrits dans le cas du scénario 1, sont tout aussi valable pour ce scénario et les mêmes logiques sont à l'œuvre. L'objectif est donc ici d'éviter les répétitions et de faire ressortir les points de différences, mesure par mesure, avec le scénario précédent.

Scenario RM - Réduction des émissions tCO_2/ Scénario de Référence en 2030		
Périmètre	**Agglomération**	**SCOT**
Péage	**36289**	**34546**
Extension Tram	**8855**	**12611**
VEVHR	**16808**	**37456**
T. Interurbain	**3989**	**5226**
Covoiturage	**10578**	**27967**
Total réduction	*76519*	*117806*
Total émissions en 2030 scénario référence	**289000**	**662000**

Tableau 37 : réduction des émissions par mesure, scénario Renforcement Multipolaire

Coûts à la tonne pour le scénario Renforcement multipolaire				
Périmètre Agglomération			**Val Tps 20€**	**Val tps 9€**
Mesures	**Coûts économiques**	**+ Externalités Env (bruit + poll atmo)**	**+ Extern +Temps**	
	€/t CO_2	***TA 4%***		
Péage	655	284	770 (1190 avec surplus)	193
Extension Tram	833	325	-909	-1214
VEVHR	763	519	519	519
T. Interurbain	3246	3347	3631	3478
Covoiturage	-565	-712	-1587	-1273
	€/t CO_2	***TA 20%***		
Péage	559	188	674	97
Extension Tram	417	-91	-1325	-1630
VEVHR	1005	761	761	761
T. Interurbain	2341	2443	2727	2574
Covoiturage	-983	-1130	-2005	-1691

Tableau 38 : coûts à la tonne pour le scénario Renforcement Multipolaire

Mesure 1 : Péage urbain

Rappel des hypothèses clés : Idem scénario 1 sauf que le tarif est de 2€ par jour pour se déplacer dans la zone (résidents inclus) pour les véhicules thermiques mais gratuit pour les VEVHR.

Résultats clés : en 2030, il y a 37 000 véhicules thermiques en moins dans la zone du péage et 6 800 VEVHR en plus. Ainsi globalement les VEVHR passent de 18 à 23% dans le parc des véhicules utilisés. Le péage fonctionne donc bien dans le sens attendu, on fait diminuer la circulation automobile tout en incitant les ménages à s'équiper en véhicules propres. Dans le même temps, la vitesse s'améliore de 2.5 km/h dans l'agglomération.

Si on considère uniquement les coûts économiques, le coût à la tonne est plus élevé que pour le scénario 1, cela s'explique par le fait que ce péage ne fait pas que réorienter les automobilistes vers le transports en commun comme dans S1, il incite aussi à l'équipement en VEVHR, solution plus onéreuse pour les ménages. L'ajout des externalités amplifie ce différentiel de coût car le péage du scénario 1 implique un retrait plus important de véhicules thermiques.

Par contre l'ajout du temps est à l'avantage de ce scénario : s'il fait augmenter le coût c'est dans une mesure beaucoup moins importante que le premier scénario, justement parce qu'il permet plus de flexibilité en permettant la gratuité pour les VEVHR. Par ailleurs, l'effet de congestion du réseau de transport en commun est moins fort dans ce scénario que pour S1 car le transfert vers les transports en commun est moins massif. Rappelons que TRANUS recalcule les temps d'attente pour les transports en commun suivant le degré de charge des tramways et des bus : c'est une fonction du ratio demande/capacité. On observe que la moyenne des Demandes Max/Capacité de toutes les lignes de transports en commun passe de 0.68 à 0.8 pour le scénario 1 avec la mise en place du péage, nombre de lignes ont des moments de surcapacité entrainant des temps d'attentes en hausse, pour S2, cette moyenne augmente moins fortement, passant de 0.66 à 0.72.

La perte de surplus des automobilistes contraints à quitter leur voiture ajoute 400 € à la tonne, soit beaucoup moins que dans le scénario 1. Le péage permet de réduire les émissions de 34 500 t CO_2, soit seulement 4 000 tonnes de moins que dans le scénario 1, alors même que le tarif est divisé par 2. Le péage rapporte 75M€ par an, pour un coût identique au scénario 1, à savoir 25 M€.

Mobilité : Report massif sur les TC (+20% de pass.km) mais logiquement moins important que pour le scénario 1. Comme celui-ci, ce sont principalement des déplacements courts qui sont réorientés vers les TC. De même on observe que le trafic ne se reporte pas sur la rocade. Globalement le temps de déplacement durant l'heure de pointe n'augmente pas (0.1%), cela recouvre deux évolutions contraires : -3 500 heures de déplacement proprement dit et +3 600 heures de temps d'attente. Contrairement au péage mis en place dans le scénario 1, ici le gain en congestion égalise la perte de temps du fait du passage en transport en commun de certains automobilistes.

Forme urbaine et attractivité : Globalement, l'agglomération ne pâtit pas de la mise en place du péage, elle ne perd pas d'habitants, et obtient 600 emplois en plus. Par contre, à l'intérieur de l'agglomération de légères reconfigurations sont à l'œuvre, et sont très semblables à ce que l'on observe pour le scénario 1 : il y a environ 10% de croissance des ménage en moins pour Grenoble mais cela se reporte sur le reste, en particulier en 1ère couronne. De même pour les emplois, le report se fait principalement sur la partie Est de la 1ère couronne.

Mesure 2 : Extension du tramway

Rappel des hypothèses clés : idem scénario 1 sauf qu'ici il n'y a pas de mise en place de contrat d'axe équivalent à une intensification de l'urbanisation le long des nouvelles lignes de tram.

Résultats clés : Les coûts à la tonne, sans la prise en compte du temps, sont très comparables au scénario 1. Même si l'urbanisation est plus forte dans le scénario 1, en particulier avec les contrats d'axes, la concurrence avec le BHNS a réduit les avantages de la mesure : dans ce scénario, il n'y pas eu la mesure BHNS, le tramway arrive donc simplement après le péage afin d'offrir des solutions efficaces aux nouveaux utilisateurs des transports en commun. Le même raisonnement est valable pour expliquer l'impact de l'ajout du temps aux résultats : dans ce scénario et contrairement au scénario 1, les coûts diminuent (et fortement) et non augmentent. La mesure, dans ce contexte apporte un gain en termes de temps. Et vu la sensibilité existante au temps, comme expliqué précédemment, un faible gain implique une variation importante du coût. On peut aussi observer que ces gains sont grands à la mise en place du tramway, mais se réduisent en fin de période : une reconfiguration urbaine est probablement à l'œuvre à la suite de ces gains de temps, finissant par les réduire fortement (on en verra l'illustration sur la **Figure 79**).

Mobilité : L'offre augmente de 32% (veh.km), la fréquentation augmente de 50% (pass.km). Les extensions du réseau répondent donc au besoin d'une large partie de la population de l'agglomération. De manière identique au scénario 1, cet investissement se fait aux dépens du bus, les bus voient leur fréquentation baisser de 28% (pass.km) : le fait de ne pas avoir mis en place la mesure BHNS fait que le bus résiste moins bien dans ce scénario. Globalement l'enveloppe temps diminue de 0.9%, (- 2 900h déplacement et + 1 000h attente) et puisque le péage n'avait pas impliqué de dégradation, cette mesure implique une amélioration du bilan temps par rapport au scénario de référence. Comme pour le scénario 1, mais dans une moindre mesure, ces extensions favorisent l'attractivité de l'agglomération : 550 emplois supplémentaires et 1000 ménages.

Mesure 3 : VEVHR

Rappel des hypothèses clés : idem que le scénario 1, sauf que dans ce scénario, l'agglomération investit davantage car elle souhaite conserver une place plus importante à la voiture que dans le scénario de développement compact.

Résultats clés : la prise en compte des externalités fait passer le coût à la tonne de 760€ à 520€ tandis que le passage à un taux d'actualisation de 20% implique 240€ en plus pour chaque tonne.

Les 9 000 VEVHR en plus en 2030 représentent une réduction de 37 000 tonnes, légèrement plus que le péage. Au final on passe de 23% des véhicules utilisés à 28%. Une pénétration de 5 points du parc apporte donc 37 000 tonnes de réduction à l'échelle du SCOT, à comparer par exemple au 12 600 tonnes de l'extension du tramway.

Mesure 4 : Renforcement des transports en commun interurbains

Rappel des hypothèses clés : augmentation fréquence TER et amélioration de sa perception, renforcement ligne entre pôles du Voironnais : Voiron, Rives, Tullins, Moirans et Voreppe, idem pour le Grésivaudan entre Villard-Crolles et Pontcharra. Transport par câble entre Crolles et la gare Sncf

de Brignoud. L'offre de Transisère et de Car express en direction de l'agglomération est renforcée par davantage de site propre et une fréquence en hausse.

Résultats clés : le potentiel de réduction est réduit : 5 200 tonnes en 2030 pour un coût de réduction très élevé de 3 200€ et ce malgré des hausses significatives de la fréquentation : [+23;+58;+19% pass.km] pour [bus département ; car express ; train]. Cela s'explique par le fait que même si la fréquentation augmente, la part de marché de ces modes était assez faible au départ, limitant le potentiel de réduction. Par ailleurs pour 32% de veh.km en plus, la hausse des pass.km n'est que de 26%, ce qui explique le coût de la mesure, le ratio coût d'exploitation/recettes n'est pas bon et ce malgré un développement urbain des pôles. Particulièrement, l'investissement dans le transport par câble ne parait pas pertinent. Par ailleurs la distance globale parcourue augmente de 1.2%, cela réduit donc le potentiel de réduction et fait donc aussi augmenter mécaniquement le coût à la tonne. La prise en compte des externalités, (bruit et pollution) ne fait pas réduire le coût : d'une part car ces transports en commun fonctionnent majoritairement hors des zones denses, où ces externalités sont peu valorisées, d'autre part la hausse globale des distances parcourues fait augmenter les externalités. Nous retrouvons l'effet d'étalement dans les migrations : 1 000 ménages et 1 300 emplois quittent l'agglomération pour se relocaliser dans le reste du territoire.

Mesure 5 : Covoiturage

Résultats clés : Cette mesure a aussi comme effet d'améliorer le trafic, la vitesse augmente de 1.7km/h dans l'agglomération. Les transports en commun de la région (pas seulement de l'agglo) voient leur fréquentation baisser de 7% (pass.km) et 3 000 emplois quittent l'agglomération (deux fois plus que dans le scénario 1) et 2 000 ménages. Les effets du covoiturage sur le système urbain ne sont pas donc pas négligeables. Le niveau de changement impliqué par cette hausse du taux d'occupation change les équilibres de l'accessibilité du territoire en réduisant le coût d'usage de la voiture pour environ 12 000 « couples » de covoitureurs.

4.3 La séquence du scénario « Expansion urbaine ».

Pour ce troisième scénario, nos descriptions des résultats seront bien plus courtes, car beaucoup a déjà été dit auparavant.

Scénario EU - Réduction des émissions tCO_2 / Scénario de Référence en 2030		
Périmètre	**Agglomération**	**SCOT**
Péage	**34287**	**28384**
VEVHR	**20172**	**44130**
Extension Tram	**6904**	**12515**
T. Interurbain	**6946**	**9016**
Covoiturage	**12544**	**33774**
Total réduction	***80853***	*127820*
Total émissions en 2030 scénario référence	**289 000**	**670 000**

Tableau 39 : Réduction des émissions pour le scénario Expansion urbaine

Coûts à la tonne pour le scénario Expansion Urbaine				
Périmètre Agglomération			**Val tps 20€**	**Val tps 9€**
Mesures	**Coûts économiques**	**+ Externalités Env (bruit, pollution)**	**+ Extern + temps**	
		€/t CO_2	***TA4%***	
Péage	690	325	792 (1212 si surplus)	195
VEVHR	763	519	519	519
Extension Tram	1456	998	411	-267
T.Interurbain	1201	1104	579	542
Covoiturage	-548	-700	-1627	-1352
		€/t CO_2	***TA20%***	
Péage	596	231	698	101
VEVHR	1005	761	761	761
Extension Tram	1290	833	246	-432
T.Interurbain	723	626	102	64
Covoiturage	-951	-1102	-2030	-1756

Tableau 40 : coûts à la tonne pour le scénario Expansion Urbaine

Mesure 1 : Péage urbain

La mesure est identique à celle mise en place dans S2 et les résultats en termes de mobilité et de coûts sont très proches. En 2030 il y a 30 000 véhicules en moins, (+6 000 VEVHR; -36 000 VTH); la vitesse dans l'agglomération augmente de 2.5 km/h; les bus de l'agglomération voient leur fréquentation augmenter de 23% pass.km et les tramways de 15% pass.km tram.

Par contre, l'effet sur le développement urbain est contrasté : alors que le péage est globalement positif pour l'agglomération dans les autres scénarios, il est ici négatif : -1500 ménages et -1000 emplois, les zones inclues dans le périmètre du péage étant logiquement les plus impactées. Dans ce scénario, la moindre attractivité du territoire et les politiques urbaines moins fortes expliquent ces effets du péage. Les VEVHR passent de 18% à 22% des véhicules utilisés.

Mesure 2 : VEVHR

La mesure est identique à S2, le coût étant déterminé par les hypothèses sur la technologie, les coûts sont les mêmes, par contre le potentiel est ici supérieur du fait de la forme urbaine : 44 000 tonnes contre 37 000 pour S2. Nous passons avec cette mesure à 29% des véhicules utilisés.

Nous montrons ci-dessous une courbe du coût à la tonne brut (déjà présentée dans le chapitre 1), c'est-à-dire calculé à partir du différentiel d'émissions au kilomètre entre véhicule thermique et VEVHR, et du différentiel de coût au km. La courbe en jaune n'a pas d'échelle, il s'agit simplement de représenter le profil de pénétration. Nous voyons que la pénétration se fait surtout en fin de période, là où le coût à la tonne est le moins onéreux. Avec ce profil de pénétration, le coût brut moyen est d'environ 650€/t CO_2. A ce coût brut, nous ajoutons l'investissement de la collectivité, ce qui représente environ 100€ de plus dans le scénario 2 et ce scénario.

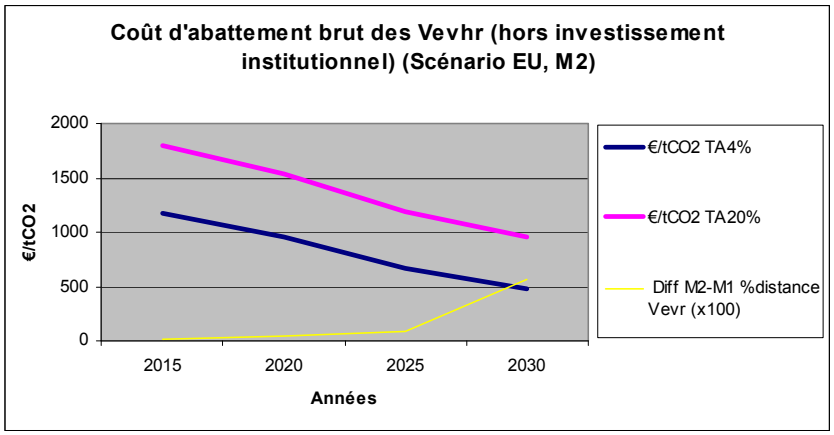


Figure 78 : Coûts d'abattement brut des VEVHR

Mesure 3 : Extension Tramway

Pour cette mesure, on observe que si en termes de fréquentation des transports en commun, les effets sont à peu près identiques à ceux de S2, les autres résultats sont assez largement différents. Les coûts sont bien plus élevés, l'impact du temps est positif mais de manière moins importante, enfin les effets de périmètres sont opposés : ici les coûts sont plus élevés au niveau du SCOT qu'au niveau de l'agglomération.

On observe un effet d'attractivité pour l'agglomération plus fort que dans S2. Dans ce scénario où le scénario urbain est à la base moins dynamique (hypothèse de construction de logement et attractivité), l'effet du tramway est donc plus fort : 2000 ménages et 1000 emplois en plus : cela explique le potentiel de réduction plus faible dans l'agglomération, cette mesure impliquant une croissance de l'activité sur ce périmètre. L'effet moins important du temps sur le coût s'explique par le fait qu'inversement à S2, les gains de temps sont ici plus importants à long terme. Les coûts de réduction plus importants s'expliquent par la temporalité des réductions, traduites par le taux d'actualisation des flux de réduction (4% comme les flux économiques). Les réductions du scénario S3 arrivant plus tard, en particulier car les reconfigurations urbaines prennent du temps, la somme actualisée de réduction, dénominateur du calcul de coût, est plus petite. Cela explique plus généralement les coûts élevés à la tonne.

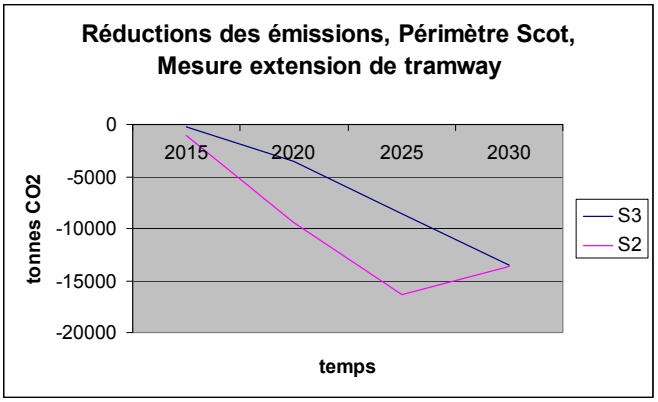


Figure 79 : Réductions des émissions pour l'extension de tramway, Scénario 2 et 3

Mesure 4 : Transports en commun interurbains.

Les coûts à la tonne sont beaucoup moins grands que pour le scénario 2, pour un potentiel de réduction à l'échelle du SCOT bien plus important : 9 000 tonnes contre 5 200. Le coût plus faible s'explique par un ensemble de facteurs : ce scénario ne contient pas l'investissement dans le transport par câble qui s'avère couteux. La distance totale, qui augmentait de 1.2% dans S2, n'augmente que de 0.8% ici, et cela a un effet à la fois sur les coûts et les émissions. La différence de développement urbain, favorisant davantage les pôles pour S2 n'a pas d'effet significatifs sur la fréquentation. Enfin la temporalité des réductions diffère ici aussi, on observe en particulier que les réductions décroissent en 2020 pour S2 ce qui n'est pas le cas pour S3.

Mesure 5 : Covoiturage

Les mêmes commentaires peuvent être faits que dans le cas de S2, avec 2500 emplois et 2500 ménages de moins dans l'agglomération. Les coûts sont très proches entre les deux scénarios, mais le potentiel de réduction en 2030 plus important pour S3, dans une forme urbaine plus étalée.

4.4 Partage des coûts entre les ménages.

L'intérêt d'avoir distingué différentes classes de revenu dans le modèle était double : mieux représenter les dynamiques du territoire et permettre une analyse plus fine des impacts des différentes mesures car différenciée entre niveaux de revenu. Nous donnons ici un exemple de ce type d'analyse avec la mesure Péage urbain dans le scénario 1 : nous comparons avant et après la mise en place de cette mesure. Nous choisissons cette mesure car la question d'équité sociale est particulièrement importante pour un système type péage, généralement perçu comme régressif. Nous décrivons en Annexe le détail des mesures et nous voyons que le caractère régressif dépend fortement du retraitement des recettes issues du péage. Dans notre travail nous représentons des investissements dans le réseau de tramway, suite à la mise en place du péage. Cela représente une forme de retraitement dont il est intéressant d'analyser l'impact.

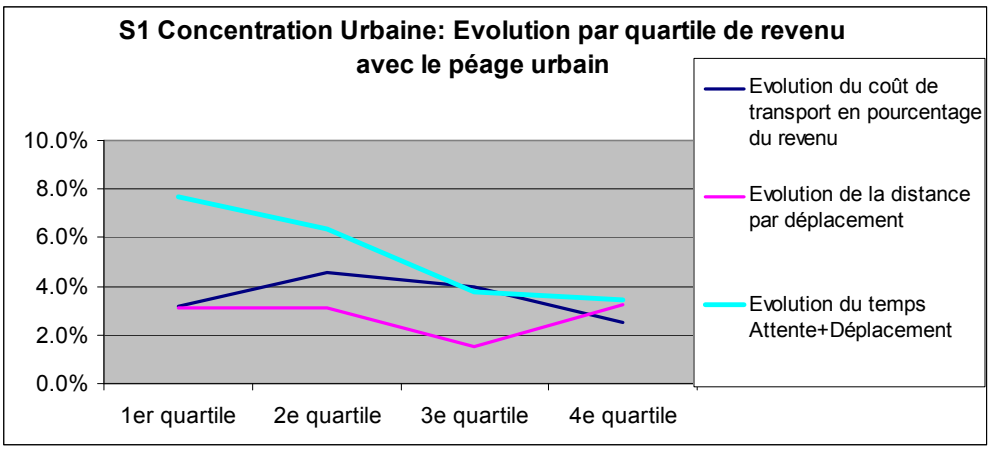


Figure 80 : Evolution par quartile de revenu suite à la mise en place du péage urbain. L'évolution du temps se comprend par déplacement.

Nous observons sur la **Figure 80** que le coût du transport augmente pour tous les ménages :

- le surcoût de ceux qui paient le péage n'est pas compensé par le gain de ceux qui n'utilisent plus leur voiture mais les transports en commun.
- en pourcentage du revenu, les ménages du 4ème quartile sont ceux qui perdent le moins avec la mise en place du péage. Les classes moyennes sont ceux qui perdent le plus car ils utilisent beaucoup leur voiture et le péage pèse sur leur budget de manière importante. Le premier quartile utilise moins sa voiture et va plus facilement accepter de passer aux transports en commun.

Nous observons aussi que le péage fait augmenter la distance parcourue pour tous les ménages, quasiment avec la même intensité sauf le quartile 3. Cela recouvre plusieurs effets : l'utilisation des transports en commun implique un parcours moins direct ; reconfiguration urbaine et changement des origines-destinations ; évitement du péage. Il est très difficile de quantifier chacun de ses effets. Enfin en termes de temps de transport, c'est le premier quartile qui perd le plus, suivi par le 2ème. Cela signifie que le passage aux transports en commun a fait perdre du temps, et il n'y a pas suffisamment de ménages profitant des gains de décongestion. Les quartiles 3 et 4 ne perdent pas de temps de déplacement, mais perdent en termes de temps d'attente, et globalement ils perdent un peu de temps : cela signifie qu'ils profitent pleinement des gains de décongestion en voiture, mais que cela ne compense pas la perte de temps dans les transports en commun.

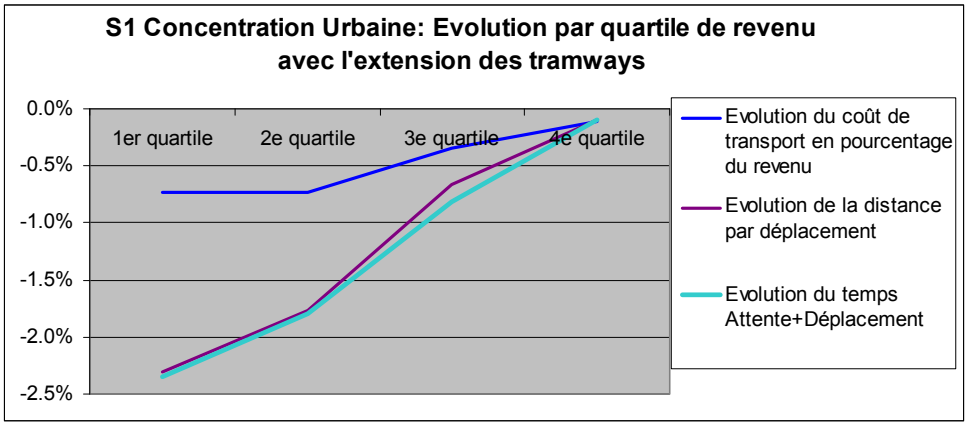


Figure 81 : Impact de l'extension des tramways suivant les quartiles

Que se passe-t-il avec la mise en place des extensions de tramway, qui représente une manière de retraiter les recettes générées par le péage ? Nous voyons sur la **Figure 81** que la mise en place profite très clairement aux 1er et 2ème quartiles, un peu au 3ème quartile et quasiment pas au 4ème quartile. Cela s'explique à la fois par le peuplement des zones géographiques touchées par les extensions de tramway et par le fait qu'utilisant davantage les transports en commun ces ménages profitent plus de leur amélioration. La mise en place du tramway a donc bien eu un effet progressif. Mais cela n'est pas suffisant pour compenser les effets négatifs du péage comme on le voit sur le graphique suivant (**Figure 82**). Le tramway réduit les différents surcoûts, en particulier pour les quartiles 1 et 2, mais ne les annule pas.

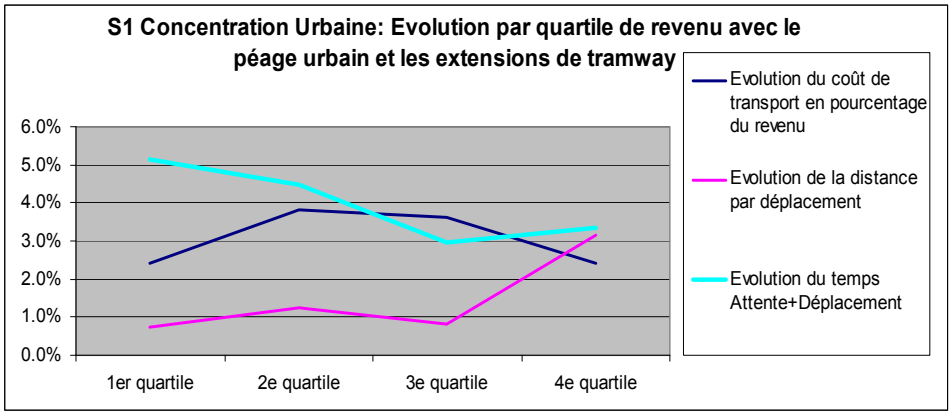


Figure 82 : évolutions par quartile avec le péage urbain et l'extension des tramways

Et globalement, l'ensemble reste régressif. En effet si nous monétarisons la perte de temps, que nous ajoutons l'évolution des coûts de déplacements, et qu'on rapporte au revenu (hypothèse de calcul, la valeur du temps est la même pour tous), on obtient la courbe de la **Figure 83**. Pour améliorer la progressivité du dispositif, il s'agirait dans un premier temps d'améliorer le réseau de transport, nous avons vu avec la mise en place des extensions de tramway que cela fonctionne. Dans un second temps il est probablement possible d'optimiser cette amélioration vis-à-vis des quartiles 1 et 2 en raisonnant à partir d'analyse d'accessibilité géographique. Enfin indexer le tarif du péage sur le revenu pourrait bien sûr avoir un effet important sur la progressivité du dispositif. Il y a un équilibre à trouver entre équité environnementale, qui consiste à vouloir traiter toutes les pollutions de manière équivalente, et équité sociale, qui consiste à vouloir ajuster les fardeaux entre les niveaux de revenu.

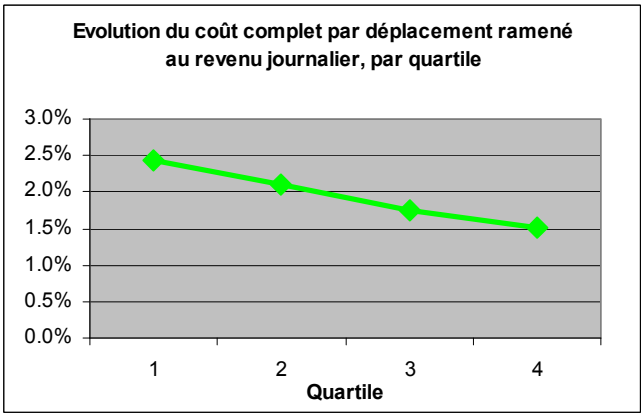


Figure 83 : évolution du coût complet par déplacement ramené au revenu journalier

5. Conclusions et enseignements généraux.

Il s'agit ici de résumer les réponses aux questions soulevées dans les chapitres précédents.

- Quelles sont les trajectoires d'émissions des différents scénarios urbains ? A quel point est-ce difficile d'atteindre le facteur 4 dans le domaine du transport urbain ?
- Quel est l'apport respectif des différents types d'outils testés (TC, Technologie, Forme Urbaine, Régulation, Usage) en termes de réductions des émissions ?
- Quel est le coût des programmes de réduction testés ? Ces coûts sont-ils acceptables ou bien d'autres secteurs devraient-ils être privilégiés pour réduire les émissions ? A quelles

conditions ? Quels enchainements de mesures/programmes de réduction permettent de réduire à moindre coût les émissions ? Quelles hiérarchies se dessinent ?

- Est-ce que TRANUS est un outil pertinent pour mener cette analyse ? Quels enseignements pouvons-nous tirer de notre propre application ?

5.1 L'ampleur du défi du facteur 4 dans le domaine du transport urbain et les apports respectifs des différents outils testés.

Nos simulations pour les émissions du transport urbain sur la période 2010-2030 montrent qu'il est nécessaire d'actionner fortement l'ensemble des leviers disponibles pour espérer suivre le rythme de réduction inscrit dans la Loi Grenelle (-3% par an sur la période 1990-2050). L'augmentation des émissions sur la période 1990-2010 sur le périmètre du SCOT implique de plus qu'atteindre le facteur 4 dans le domaine du transport urbain nécessitera de faire davantage que suivre ce rythme moyen. Le prolongement de nos trajectoires permet un facteur de réduction de 2.5 seulement en moyenne sur nos trois scénarios.

Le besoin d'actionner l'ensemble des leviers ne signifie pas qu'il n'y a pas de choix à faire à partir de l'analyse économique et que celle-ci n'offre pas d'enseignements. Il s'agit bien avec la méthode présentée de tester et comparer des séquences et des mesures, de mettre en avant des facteurs clés sur lesquels jouer pour maximiser le gain pour la collectivité (ou minimiser le coût), et de faciliter au final une certaine « optimisation » des décisions. Toutefois le fait que les marges de manœuvre soient relativement faibles réduit l'influence du critère économique pour identifier des ordres de préférences[128]. Une autre façon de le voir, c'est de dire que **l'analyse économique est aujourd'hui peut être plus fondamentale pour comprendre comment mettre en œuvre les mesures identifiées et surmonter les difficultés qu'elles soient politiques (acceptabilité, équité) ou financières**.

Notre travail visait aussi à apporter une contribution au débat sur le lien entre forme urbaine et émissions. **Nos calculs montrent qu'agir sur les formes urbaines pour obtenir une plus grande compacité permet de tenir le rythme de réduction et améliore aussi fortement les bilans socio-économiques, cette action est donc nécessaire**. Toutefois à l'horizon de notre étude et avec les hypothèses démographiques du territoire (croissance relativement faible et l'agglomération porte déjà un certain nombre de grands projets urbains), l'impact des formes urbaines en termes d'émissions apparait relativement limité, surtout si on le confronte au caractère volontariste de nos hypothèses de développement et donc des politiques qu'il serait nécessaire de mettre en œuvre, ainsi qu'aux attentes généralement formulées à l'égard de ce levier. Il y a de plus une incertitude sur les coûts d'une action sur les formes urbaines.

Nous retenons que l'urgence climatique et le besoin de disposer du plus grand nombre de leviers possibles afin d'atteindre le facteur 4 incitent à privilégier les développements compacts et à valoriser les potentiels bien desservis et proches des zones d'emplois, en intégrant politique d'urbanisme et politique de transport. Dans le même temps, au vu de ces résultats et des incertitudes, la densification ne devrait pas être automatiquement l'objectif central de la planification urbaine à partir d'un argument

[128] Ce constat est aussi valable pour le projet AETIC dans son ensemble, avec l'analyse intersectorielle.

climatique. Elle constitue un des objectifs de la planification et de l'aménagement parmi d'autres qui doit être pris en compte. Il est clair aussi que développer de manière importante des agglomérations plus compactes et inclusives socialement, avec un coût maitrisé pour la collectivité, nécessite de surmonter de grands défis de la fabrique urbaine. Dans le contexte actuel, ces efforts sont réalisés principalement pour répondre à la crise du logement. Il y a là une convergence de fait entre les différentes motivations.

Enfin, au-delà des résultats globaux en termes de consommations d'énergie du territoire suivant les différentes formes urbaines, il serait nécessaire d'examiner de manière complémentaire les impacts pour les ménages suivant leurs choix de localisation. En effet TRANUS n'est pas un modèle de micro-simulation qui pourrait nous permettre de suivre avec précision une grande diversité de ménages. Au-delà des différences macro en termes d'émissions, il faut examiner les différences micro sur les budgets des ménages qui peuvent être importantes, entre ceux qui ont fait construire une maison individuelle dans les franges périurbaines dans un scénario d'étalement et ceux qui ont pu accéder à un logement dans l'agglomération dans un scénario de concentration urbaine. Dans un contexte de hausse des prix du carburant, le nombre de ménages allant s'installer dans les franges périurbaines déterminera l'intensité d'un phénomène de vulnérabilité énergétique liée à la mobilité.

Une autre question consistait à s'interroger sur les apports respectifs des technologies, de la forme urbaine, des transports en commun, des outils de régulation (ici stationnement et péage) et des modes de vie. Nous présentons ici un graphique résumant ces contributions. Il faut rappeler que ces résultats ne sont valables que dans le cadre de nos scénarios, des séquences testées et des hypothèses choisies. D'une part il existe un système de vases communicantes : si l'hypothèse de niveau d'émission des véhicules particuliers (thermique et électrique) était plus élevée, le potentiel des transports en commun, de la densification et des mesures régulatrices serait plus important. D'autre part, comme expliqué dans le chapitre 6 sur la méthodologie des MACCs systémiques, le potentiel des mesures de renforcement de transport en commun et celui des mesures régulatrices ne peut être rigoureusement distingué. Le potentiel du péage dépend du niveau de service du réseau de transports en commun et le potentiel d'un renforcement de ce réseau dépend des mesures types péages mises en place. De plus, des mesures de stationnement sont inclues dans les mesures de transports en commun.

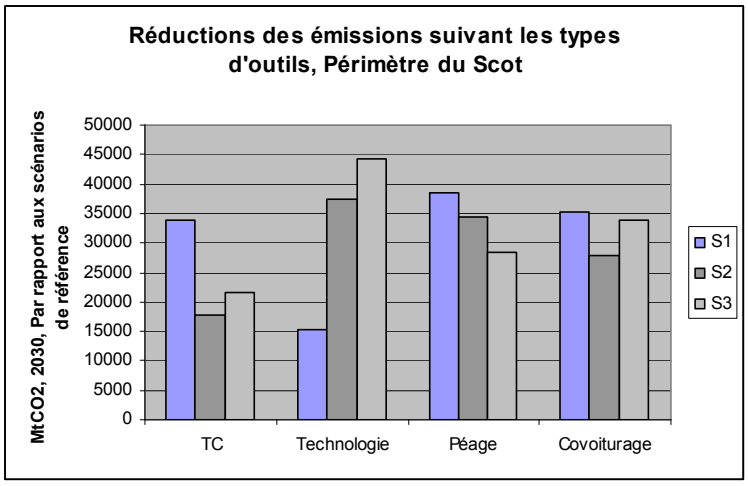


Figure 84 : réductions des émissions suivant les types d'outils

Sur un territoire comme celui du SCOT, avec de nombreuses zones dépendant de l'usage de la voiture, la technologie constitue un levier très important de réduction. Plus généralement, la voiture représentant environ 95% des émissions de la mobilité des passagers, l'amélioration de son efficacité est donc un passage obligé d'une politique de mitigation. Le graphique montre des différences par rapport au scénario de référence, or dans celui-ci, nous simulons déjà une amélioration de l'efficacité des véhicules et une pénétration des VEVHR. Dans le cas du scénario 1, ce sont environ 70 000 tonnes qui sont évitées grâce à l'amélioration des véhicules thermiques et 80 000 tonnes grâce à la pénétration des VEVHR.

Le péage urbain a un potentiel extrêmement fort pour réduire les émissions, en particulier sur le territoire de l'agglomération. Le potentiel des transports en commun paraît limité en comparaison. Il n'y a que dans le scénario 1, dans le contexte d'un péage très restrictif et de politiques transports en commun volontaristes (BHNS en plus), où le potentiel est réellement important. Les mesures pour renforcer le transport interurbain dans les scénarios 2 et 3 s'avèrent décevantes en termes de résultats. Notons toutefois que là aussi les hypothèses du scénario de référence jouent un rôle : la construction actuelle du tram E, qui rentrera en service en 2015, est intégrée dans les scénarios de référence, et cela implique des réductions significatives des émissions non comptabilisées ici. Le covoiturage, pour sa part, a un potentiel tout à fait comparable au péage urbain et offre une solution très intéressante pour les territoires en dehors de l'agglomération. Enfin pour comparaison, la différence maximale entre trajectoires urbaines (S1 concentration urbaine et S3 expansion urbaine) est de 50 000 tonnes de CO_2 en 2030 (8.5% des émissions totales), ce qui montre l'intérêt d'une action sur les formes urbaines.

5.2 Quelles stratégies coût-efficaces ?

Est-ce que cela coûte cher de réduire les émissions dans le domaine du transport urbain ?

Une base de comparaison est fournie par la valeur tutélaire du carbone. Nous avons expliqué dans le chapitre 4 et le chapitre 6 la façon dont est produite la valeur du carbone dans le rapport Quinet. Des modèles énergétiques et d'équilibre général sont utilisés pour identifier la trajectoire du coût carbone nécessaire à l'atteinte des objectifs de réductions des émissions à horizon 2050. La valeur tutélaire représente une mesure de la difficulté et permet de comprendre l'ampleur des changements nécessaires pour la société (c'est la valeur duale de la contrainte physique issue de l'objectif de réduction). Ainsi elle sert de référence pour évaluer la pertinence économique à mettre en place une mesure de réduction, elle permet de valoriser le CO_2 évité dans le bilan socio-économique d'un projet. Nous avons expliqué dans le chapitre 6 que la production de MACCs et l'estimation des valeurs tutélaires correspondent à des exercices d'analyses économiques complémentaires, qui doivent dialoguer. Nos calculs de coût d'abattement révèlent le montant auquel il faudrait valoriser la tonne de CO_2 pour qu'il soit pertinent d'engager les actions considérés. Cela constitue une mesure de la difficulté de réduire les émissions dans le domaine des transports urbains. Afin de comparer avec la valeur Quinet, il faut calculer nos coûts avec un TA4%, pour avoir une base commune. Il est aussi intéressant de donner d'autres ordres de grandeur : aujourd'hui la taxation implicite (TIPP) sur l'essence représente 265€/t CO_2 et 158 pour le diesel (Callonnec, 2009), alors que la taxe carbone à 32€ par tonne n'aurait représenté que quelques centimes par litre de carburant.

Tableau n° 1 : Valeur tutélaire d'une tonne de CO_2
en euros 2008

	2010	2020	2030	2050
Valeur recommandée	32	56	100	200 (150-350)
Valeur actuelle (valeur « Boiteux »)	32[1]	43	58	104

Source : Centre d'analyse stratégique

Figure 85 : Valeur tutélaire du carbone dans le rapport Quinet

- **Tramway et BHNS :** le coût dépend du niveau de fréquentation et donc de la forme urbaine, ainsi que des régulations mises en place. Ainsi on passe d'environ 700€ pour les scénarios 1 et 2 à 1 400 pour le scénario 3 où la fréquentation augmente surtout en fin de période. Avec la prise en compte des externalités, les coûts deviennent respectivement 300 et 1 000 €/tCO_2. **Les coûts sont élevés mais on peut se rapprocher, sous certaines conditions, d'un niveau de prix du carbone à long terme du rapport Quinet.**
- **Péage :** dans le scénario 1, on passe de 400 à 60€/tCO_2 avec la prise en compte des externalités : cette mesure apparait donc efficace économiquement. Dans les deux autres scénarios à la configuration différente les coûts sont plus élevés (700 – 300€/t CO_2). **L'analyse économique comprenant le temps et l'utilité des voyageurs montre toutefois la difficile acceptabilité du péage du fait de surcoûts potentiels.**
- **Covoiturage** : des coûts largement négatifs, cela en fait une mesure extrêmement efficace mais à la réalisation très incertaine, car elle touche à des questions de modes de vie, sur lesquels les politiques publiques n'ont pas toujours prise.
- **VEVHR** : entre 500 et 600 €/t CO_2 sur la période si l'on prend en compte les externalités environnementales, ce qui est bien au dessus des valeurs Quinet. Du fait du prix des batteries et du surcoût de la technologie hybride rechargeable, cette solution technologique coûte relativement cher si l'on compare aux autres solutions. De plus, cette solution n'apporte pas de potentiels co-bénéfices urbains comme peuvent le faire les transports en communs. Cela rejoint notre analyse du chapitre 1, où nos calculs rejoignaient ceux de Prud'homme et Koning (2012), et nous amenaient à considérer que les investissements publics visant à soutenir les progrès technologique et ainsi réduire les coûts étaient un pari risqué. Rien ne permet en effet de dire que les véhicules électriques pourront à terme être moins chers que les véhicules conventionnels, du fait d'effet de seuil sur le prix des batteries et parce que les véhicules thermiques peuvent aussi améliorer leurs coûts et leur efficacité dans la même période (en particulier en renforçant leur sobriété) (CAS, 2011). Ceci peut rendre discutable l'investissement précoce de l'Etat pour lancer le processus. Une politique de soutien à l'achat de véhicules plus simples, plus légers, et moins consommateurs d'énergie apparaît probablement plus adaptée. Cela rejoint un des résultats du rapport Voiture de Demain du CAS (2011) « l'amélioration des performances des véhicules thermiques conventionnels est encore et pour longtemps la voie la plus efficace pour atteindre les objectifs globaux de réduction des pollutions atmosphériques urbaines et de réduction des émissions de CO_2 […] et doit constituer une voie prioritaire ».

Hors covoiturage, les options de réductions dans le domaine du transport urbain apparaissent donc couteuses, assez largement plus couteuses que les valeurs Quinet. Toutefois des optimisations des coûts sont possibles et les outils que nous avons développés peuvent servir de support, en particulier en considérant le triptyque développement urbain, investissement dans les transports en commun et régulation (les coûts des VEVHR sont avant tout des coûts technologiques). Nous avons déjà expliqué que dans notre travail pour le scénario 1, BHNS et Tramway pourraient être repensés afin de ne pas rentrer en concurrence et assurer l'efficacité économique. Par ailleurs différents niveaux de péages peuvent être testés, que ce soit en termes de prix ou de périmètre, et en lien avec l'offre de transports en commun. Nous l'avons fait en partie mais un travail spécifique plus conséquent pourrait apporter des gains substantiels. Les options d'aménagement et les efforts publics pour porter des opérations ambitieuses devront être connectés à ces orientations.

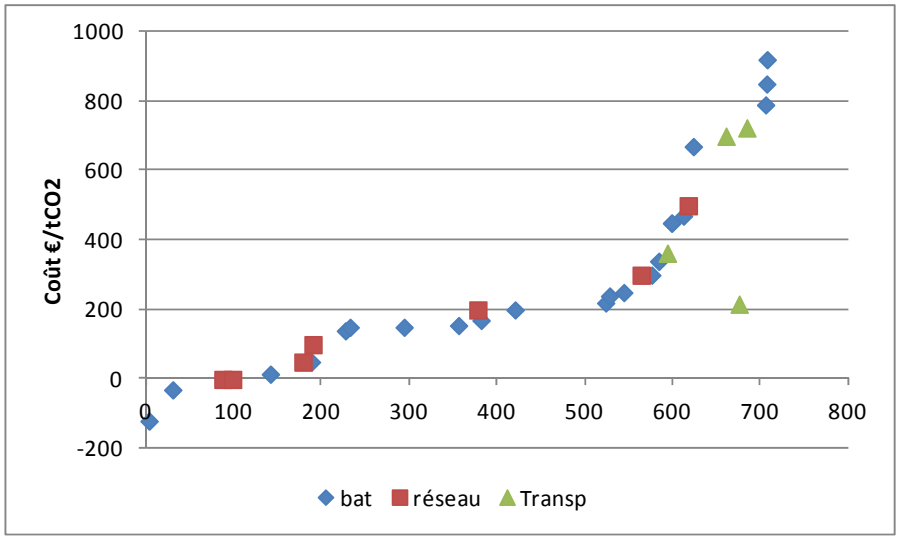
Quelles conclusions en tirer ? L'intérêt de notre travail était bien de proposer une vision complémentaire à celle du rapport Quinet, en tentant de réconcilier dimension spatiale/territoriale et analyse des coûts du CO_2. En effet les méthodes utilisées dans ce rapport ne représentaient pas bien « le rôle des infrastructures dans l'organisation spatiale des activités, les choix modaux et les choix de consommation, et donc ne sont en général pas capables de simuler la contribution des choix d'infrastructures dans les trajectoires d'émissions » (p207, Quinet, 2009). Par ailleurs, comme dans toute méthode d'évaluation, les outils utilisés ont fait face à des difficultés pour simuler les dynamiques des comportements en réponse aux prix et pour faire des hypothèses sur les progrès technologiques (Quinet, 2009, p64). Les résultats de notre méthodologie sont donc propres à enrichir une analyse des valeurs du carbone « entourées de nombreuses incertitudes » (Quinet, 2009, p14), les auteurs du rapport considérant que « L'incertitude se réduira au fil des années en fonction des informations nouvelles, bonnes ou mauvaises, non disponibles à ce jour. La trajectoire de valeurs du carbone proposée devra donc faire l'objet de réévaluations à intervalles réguliers » (p14). Ce travail permet donc d'enrichir la réflexion sur la valeur du carbone, en apportant des résultats intégrant une dimension spatiale et urbaine.

Comme expliqué au chapitre 5, il y a peu de travaux dans la littérature s'intéressant à la question des coûts d'abattement dans les transports urbains, c'est-à-dire allant au-delà des simples changements techniques du transport routier (voir par exemple Kok, et al. (2011) pour une revue des différentes études s'intéressant aux coûts d'abattement dans le transport). La base de comparaison pour des mesures de transport collectif et de régulation est donc limitée.

Il s'agit de comparer avec d'autres secteurs et le projet AETIC nous permet de le faire. Les secteurs des bâtiments et des réseaux énergétiques locaux fournissent des potentiels importants (350kt CO_2 pour le périmètre de l'agglomération) à des coûts inférieurs à 200€/t CO_2. En comparaison l'ensemble des mesures locales dans le domaine du transport testées dans la simulation représente environ 80kt

CO_2[129]. A part le covoiturage et les mesures inclues dans le scénario de référence (et donc par définition à coût nul), les mesures dans le domaine du transport sont plus coûteuses[130] que celles des autres secteurs comme nous pouvons le voir sur la figure suivante issue du travail d'intégration intersectorielle d'AETIC.

Figure 86 : Courbes de CMR globale en 2030 (Scénario Concentration Urbaine - taux d'actualisation = 4%)



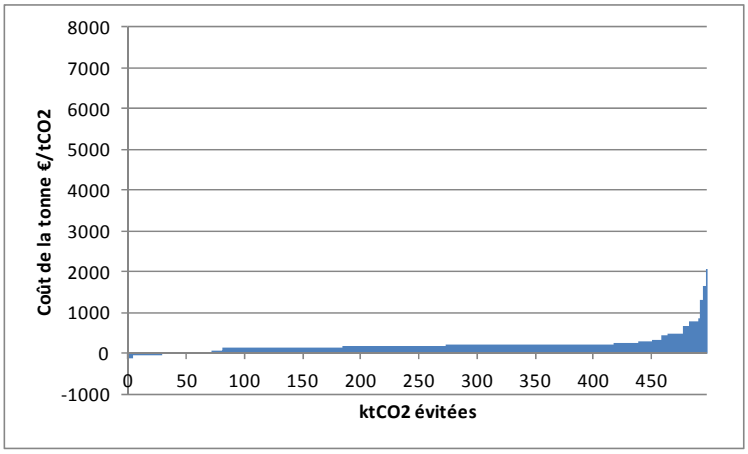
Source : (Criqui et al, 2013) dans le cadre du projet AETIC

Toutefois si nous choisissons des taux d'actualisation plus élevés, alors les actions transports se décalent vers le bas en termes de coûts, alors que les actions dans les bâtiments voient leurs coûts fortement augmenter (voir **Figure 87** ci-dessous). Cela représente une situation réaliste où ce sont les particuliers qui investissent pour rénover leur logement. Par ailleurs, l'analyse de ce secteur n'est pas épargnée par les incertitudes : il est difficile d'estimer le coût réel des travaux de rénovation sur le terrain, le résultat sera très sensible à ces variations. De même, le fait de compter en coût complet ou coût additionnel lorsque d'autres travaux sont engagés change largement le résultat. Enfin s'il peut apparaitre coûteux d'investir dans les transports pour la seule question du climat, cela constitue simplement une confirmation de ce qu'il se passe dans la réalité : les collectivités locales investissent dans des transports en commun pour bien d'autres raisons, et cela soulève la question des co-bénéfices et de l'analyse multicritère (que nous aborderons dans le chapitre 9). Si ces investissements apparaissent profitables pour d'autres raisons, que nos bilans socio-économiques ne parviendraient pas à capturer, ils pourraient alors constituer un moyen très efficace pour réduire les émissions de GES (par exemple si par convention une partie du coût était assigné aux autres objectifs et que le reste seulement revenait au climat).

[129] Auquel il faudrait ajouter les éléments inclus dans le scénario tendanciel : amélioration des véhicules thermiques et déploiement de VEVHR, qui représente globalement 150ktCO2. Le potentiel global du transport est donc de 230ktCO2.

[130] Dans ce graphique les coûts pour le transport comprennent les externalités et le temps avec une valeur d'attente de 9€.

Figure 87 : la courbe de coût d'abattement dans le domaine du bâtiment (ta 4% et 20%)



En bleu clair : taux d'actualisation de 20%, en bleu foncé 4%

Source : (Criqui et al, 2013) dans le cadre du projet AETIC

5.3 TRANUS est pertinent pour mener ce type d'analyse mais son application doit être optimisée.

Il s'agit aussi de conclure sur les apports de l'outil et de la méthodologie que nous avons utilisés pour l'analyse des politiques climatiques locales dans le cadre de la planification et des plans climats. D'une part nous avons justifié dans le chapitre 4 le fait qu'il était nécessaire de recourir à un tel type de modèle pour aborder ces questions et il s'agit de faire un retour d'expérience. D'autre part, nous avons soulevé un certain nombre de questions dans le chapitre 6 à propos du modèle TRANUS et des modalités de son application. Nous allons faire le point sur ces questions en privilégiant le retour d'expérience pratique dans le cadre de l'utilisation pour une collectivité locale par rapport à la lecture théorique, que nous avons par ailleurs déjà réalisée.

5.3.1 TRANUS pour l'analyse des politiques climatiques.

Il est clair que le modèle transport est indispensable car l'analyse des solutions techniques n'est pas suffisante et pour les autres types de leviers l'aspect systémique est clé et doit être pris en compte avec un outil de modélisation. Sa dimension économique permet d'évaluer de manière « bouclée » les effets des mesures : par exemple, construire davantage dans l'agglomération augmente l'utilisation des transports en commun et donc les coûts d'exploitation. **Utiliser un modèle comme TRANUS permet de « boucler » les raisonnements et de réellement considérer le modèle économique de la ville lorsque l'on évalue une mesure.**

Concernant la composante urbanisme, cela dépend selon nous de l'échelle à laquelle on prend le problème et avec quel horizon. Si on réfléchit avec un horizon court dans une zone avec peu de croissance, ou bien sur un périmètre centré sur l'agglomération dense, alors les valeurs ajoutées de la composante urbanisme sont probablement inférieures au coût en termes de travail d'application, même si cela est plus correct théoriquement. Dans cette logique programmatique, ces effets sont d'un second ordre, et il est probablement plus profitable de passer davantage de temps à optimiser les séquences et les mesures. On revient bien au constat fait dans le chapitre 5 : quand nous avons

choisi TRANUS, nous ne nous sommes pas placés dans une logique programmatique mais bien de planification stratégique. Et dans le cadre d'une planification plus large, en termes temporel et géographique, le fait d'utiliser un modèle d'urbanisme est précieux. D'une part l'outil de mesure configure le champ de la réflexion de l'utilisateur et il est important d'avoir un outil incitant à articuler transport et urbanisme (nous verrons ce manque dans les bilans socio-éco des projets de tramway plus haut dans le chapitre 9). Cela incite à chercher d'autres scénarios, à tester des alternatives, indispensables à l'analyse économique. D'autre part à cette échelle il est important d'évaluer les effets de plus long terme de la forme urbaine, cela a un impact clair sur les coûts et sur les potentiels.

On pourrait aussi reprocher au modèle d'être largement basé sur les gains de temps, ce qui conduirait à s'interroger sur sa pertinence dans un monde où les gains de temps seraient plus faibles du fait d'une saturation des potentiels par les investissements passés. Il faut modérer ce constat : les gains de temps ne sont pas l'unique variable considérée par le modèle pour faire interagir transport et urbanisme. Cela se fait par l'intermédiaire de coûts généralisés, incluant les coûts monétaires de la mobilité, et ceux-ci sont clairement sujets à des évolutions. De plus des gains de temps significatifs sont encore possible, en particulier quand la structure urbaine est orientée dans la direction adéquate (contrat d'axe) et alors l'objet pour le modèle est moins de prédire les effets de cette accessibilité en hausse mais plutôt de quantifier cet effet et justifier l'opération. Le modèle peut être utile en donnant une sorte de probabilité que l'offre produite sera effectivement consommé, à ce niveau de prix, dans la zone prévue. Par ailleurs, d'autres politiques pourraient elles avoir comme conséquences des pertes de temps significatives, comme par exemple un péage urbain ou d'autre mesure de limitation de la circulation. Le modèle LUTI est alors nécessaire pour évaluer les impacts sur le fonctionnement urbain.
Il est clair que ce type de modèle est plus à l'aise dans une situation de ville en développement que dans une situation de ville qui vise à se renouveler. La simulation serait plus aisée dans une situation où la ville modélisée change beaucoup en 20 ans que dans une ville à la croissance faible : moins de sensibilité est demandée au modèle et les imprécisions de modélisation ont un impact relatif moindre. TRANUS n'est pas capable de bien simuler (il peut représenter avec des facteurs exogènes) la finesse des tissus urbains et la multi dimensionnalité des attractivités urbaines (fonction hédonique fondée sur les aménités), ce qui est pourtant en jeu dans la question du renouvellement urbain. Il s'agit donc bien d'utiliser TRANUS pour des grandes orientations du territoire, de grandes questions stratégiques qui se posent toujours.

Par rapport aux trois points qui justifiaient d'utiliser un LUTI :

- Renforcer la compréhension et la connaissance des questions climatiques à l'échelle locale : il nous semble que notre travail avec TRANUS a contribué à la fois d'un point de vue méthodologique et du point de vue des résultats pour le cas de Grenoble à renforcer cette compréhension. Les diverses présentations de ces travaux[131] nous l'ont montré.

[131] En particulier la présentation de février 2013 au séminaire Développement durable et économie de l'environnement animé par C.Henry, et celle à la Chaire Climat de Paris-Dauphine de mars 2013. Les différents stades du travail ont aussi été présentés à l'Agence d'urbanisme et au SMTC.

- Débat sur les formes urbaines et les stratégies à mettre en œuvre : nous avons produit des résultats concrets donnant un ordre de grandeur aux conséquences d'une action sur les formes urbaines, en termes d'émissions et de mobilité. Un examen plus poussé suivant les différentes zones de la ville, avec un niveau plus fin d'analyse sur les densifications possibles, approfondirait ce type de résultats.
- Introduction de l'aspect systémique dans les MACCs : cet aspect est clé pour réintroduire les politiques climatiques dans les politiques locales et dans la planification. Même si, et nous l'avons bien vu, il est bien plus aisé de raisonner avec des briques d'actions indépendantes, cela n'est pas satisfaisant. Le fait de considérer des séquences de mesures a ses inconvénients : on ne peut pas aussi facilement parler de hiérarchie entre mesures. Mais elle correspond toutefois beaucoup mieux à la logique de la planification et à la volonté de trouver les solutions les plus efficaces, à défaut d'être plus simples.

L'utilisation d'un LUTI n'est pas absente de contradiction, car comme la prospective, elle prendra encore plus de sens et de valeur à un horizon lointain, mais elle sera alors beaucoup plus périlleuse. De plus, ce type de modèle met en avant la dimension urbanisme, or il y a une grande difficulté pour prendre la mesure de l'ensemble des co-bénéfices dans ce champ (ce que les études hédoniques spécifiques révèlent).

5.3.2 Notre application du modèle.

Dans ce travail de thèse, la prise de connaissance des modèles LUTI et la réflexion présentée dans le chapitre 4 sur la notion de complexité se sont faites progressivement. Dans le même temps, des choix pour l'application de TRANUS à Grenoble devaient être fait, que ce soit pour lancer le traitement des données ou pour commencer à travailler sur le modèle. Il n'est donc pas surprenant que certains choix faits durant l'application ne sont pas complètement cohérents avec les raisonnements développés dans le chapitre 4 : nous avons appris en faisant. L'objectif ici n'est pas de contredire les choix faits mais de mettre en discussion le niveau de complexité construit dans TRANUS avec l'utilisation que nous en avons fait. Ces enseignements seront utiles pour de futures utilisations de TRANUS.

Le constat est que nous avons choisi trop de secteurs. Nous rejoignons le constat de Klosterman, lorsque nous ajoutons un secteur, nous introduisons de nouvelles hypothèses et de nouvelles variables. Or il n'existe pas toujours la donnée qui permettra de rendre robuste cette nouvelle information. Par exemple, la prise en compte des ménages de plus de 65 ans n'apporte probablement pas d'informations fondamentales à la simulation : notre simulation est à l'heure de pointe or ces ménages ne vont pas au travail le matin. De plus nous n'avons pas vraiment d'éléments clairs permettant d'identifier les préférences de ces ménages en termes de localisation dans le futur (pour ajuster leur fonction de demande différemment). Même si le vieillissement de la population est un élément important, nous n'avions probablement pas les éléments pour en faire l'analyse avec le modèle. Plus largement nous nous sommes rendu compte que le nombre de secteurs à analyser tout au long de la simulation était trop grand pour que nous puissions avoir un retour d'analyse critique sur

chaque sortie du modèle. La quantité d'information produite était tout simplement trop grande, et les moyens pour organiser efficacement la lecture de toutes ces informations sont par nature limités.
De plus chaque nouveau secteur rend plus complexe, plus délicate et plus longue la phase de calibration. Choisir d'ajouter un secteur a un impact exponentiel sur le travail qu'il sera nécessaire de mettre en œuvre : traitement des données et vérifications ; procédure de calibration devenant plus complexe ; nombre d'indicateurs à vérifier plus grand, etc… C'est probablement le cas pour les différents secteurs économiques et commerciaux. Le travail pour estimer leur logique de localisation est un travail de thèse en soi et cela aurait pu être simplifié.

Tableau 41 : Qualités et défauts de TRANUS

Qualités	Défauts	A développer
- Pertinence économique de la structure théorique - Grande flexibilité de la structure de modélisation : maillage, secteurs simulés… - Durée de simulation/ temps de calcul - Architecture des scénarios : les différentes possibilités de visualisation et de copie font gagner beaucoup de temps et permettent d'éviter les erreurs - Modèle de transport robuste : on dispose de suffisamment de réglages pour bien retrouver l'année de base, et bien connecté au modèle land use ; possibilité de simuler péage, P&R, sites propres, de manière très aisée. - Capacité, à partir des résultats, à remonter les chaînes de causalité et comprendre d'où proviennent ces résultats.	• Difficulté à calibrer le modèle land-use. • Avant la mise en place de l'option freeze, contrainte de gérer conjointement modèle transport et modèle urbanisme. • Tendance à la dispersion : problème lié à la calibration. • Beaucoup de paramètres sont disponibles, dont certains ne sont pas utiles. • Difficulté identifiée dans notre application : dépendance de sentier forte lorsqu'une nouvelle zone s'urbanise, difficulté à consommer la nouvelle offre, des investigations plus précises pourraient être menées sur ce point. • Difficulté pour le modèle à représenter deux offres de voiture très proches (Véhicules thermiques, véhicules électriques). Dans de futures utilisations de TRANUS, il serait plus judicieux d'analyser avec un module exogène cette question de la pénétration du véhicule électrique.	Module de visualisation en SIG des résultats land use qui serait directement intégré à TRANUS permettant par exemple de comparer directement deux scénarios en termes de structure urbaine. C'est le cas pour le transport et cela facilite grandement le processus de calibration car on peut voir lien par lien le comportement du réseau et comparer avec des cartes de données. Outils de screening, c'est-à-dire d'analyse de sensibilité pour identifier les paramètres et variables de premiers ordres.

Au final nous avions expliqué que TRANUS représentait un entre-deux de complexité pertinent pour la planification territoriale. Nous considérons que cela est vrai et que TRANUS est pertinent pour ce travail de support à l'analyse économique dans le cadre de la planification territoriale, et ce d'autant plus si certaines conditions sont respectées :

- Représenter uniquement les ménages par niveau de revenu et simplifier les secteurs commerciaux : cela permet de simplifier l'analyse tout en gardant les éléments fondamentaux pour comprendre les logiques à l'œuvre.

- Améliorer les procédures de calibration pour rendre le modèle plus facilement utilisable, plus flexible mais aussi plus précis.
- Faire des tests de sensibilité formalisés : les tests de sensibilités formalisés sont utiles pour valider le modèle, ils sont aussi utile pour identifier quels sont les variables de premiers ordres, qu'il s'agit d'analyser avec attention, et quels sont les variables de second ordre, qu'il n'est pas toujours utile d'intégrer.

Le travail engagé dans le projet CITIES est donc absolument essentiel : aujourd'hui il est nécessaire que le Pr De la Barra intervienne en personne pour le processus de calibration (sauf exception, par exemple à l'Université de North Carolina, l'équipe de modélisateurs parvient à le faire, avec l'aide du google group). Pour imaginer un déploiement de l'usage du modèle, mais aussi pour améliorer sa robustesse, les efforts doivent être fournis pour améliorer cette phase.

Chapitre 8 La vulnérabilité énergétique liée à la mobilité dans la fabrique urbaine : le rôle de l'analyse économique et de la planification

Dans le **chapitre 2,** nous avons vu que la planification pouvait se concevoir comme une action publique permettant de combler des défauts de marchés. Par exemple, des questions de rationalité limitées peuvent se poser lorsque les ménages choisissent leur logement et leur localisation : l'évaluation en termes de coût global n'est pas forcément faite. Les critiques du modèle de choix rationnel nous apprennent en effet que le comportement de l'agent ne repose pas seulement sur un calcul rationnel, des éléments plus complexes rentrent en jeu (Jackson, 2005). Des éléments émotionnels, inconscients, des biais de perception jouent aussi un rôle important, et Allcott (2011) observe : « *When choosing between energy using durable goods such as autos and air conditioners, consumers are assumed to form beliefs about the energy costs of different models. This requires consumers to form expectations of future energy prices, forecast their usage, know each product's energy efficiency rating, and combine this information to compute a total energy cost. There is evidence from other social sciences that consumers are not very good at this calculation and that beliefs may have particular systematic biases* ». On comprend ainsi que le choix de la localisation du logement implique une complexité de calcul plus grande encore, dans un contexte d'incertitude sur le prix des énergies. Les choix de localisation ne sont donc pas forcément des choix pleinement informés. Ces éléments constituent à la fois des limites classiques au travail de modélisation, tel que celui mené dans ce travail, et une problématique importante pour la planification. En effet, l'intérêt de porter une stratégie globale d'aménagement est bien d'encadrer les choix des ménages dans certaines limites. La planification a bien comme rôle d'apporter un cadre d'incitations et d'informations permettant une plus grande efficacité du système global.

Par ailleurs dans le **chapitre 3,** nous avons expliqué qu'un certain nombre de dispositifs financiers et fiscaux jouent un rôle important dans les dynamiques urbaines du territoire sans pour autant qu'ils soient articulés avec les objectifs des politiques locales d'aménagement, ni que leurs effets soient évalués. Certains de ces dispositifs peuvent avoir un impact sur les choix des ménages. Orfeuil (2010) explique par exemple que le PTZ conduit des ménages modestes à chercher s'éloigner des centres pour trouver du foncier peu cher et Trannoy et Wasmer (2013) observent que cette politique est en contradiction avec les objectifs généraux de densité de par cet effet d'expansion urbaine. Nous avons aussi décrit les phénomènes d'étalement urbain, et nous avons vu que les différents mécanismes à l'œuvre conduisaient de nombreux ménages à s'installer en périurbain, et pour certains, dans des couronnes de plus en plus lointaines, ce qui se traduit par une extension des aires urbaines et la perspective de dépenses énergétiques élevées pour le transport. Dans le **chapitre 7** enfin, nous avons souligné qu'au-delà des résultats globaux en termes de consommations d'énergie du territoire suivant les différentes formes urbaines, il était nécessaire de mener une analyse complémentaire qui regarderait plus précisément les consommations énergétiques des ménages et les possibles

vulnérabilités. En effet TRANUS n'est pas un modèle de micro-simulation qui pourrait nous permettre de suivre précisément une grande diversité de ménages.

A partir de ces différents éléments, se posent donc des questions concrètes : les dynamiques urbaines impliquent-elles des situations où des ménages installés dans le périurbain lointain supportent des coûts énergétiques très importants et potentiellement problématiques vis-à-vis des évolutions futures de prix du carburant ? Ces ménages n'auraient-ils pas bien prévu les dépenses énergétiques auxquels ils allaient devoir faire face et se sont-ils trouvés contraints par les marchés fonciers et immobiliers ? Y-a-t-il des dispositifs financiers ou fiscaux ayant une influence sur ces logiques, en termes d'incitation ou de réduction d'une vulnérabilité à la hausse des prix de l'énergie ? Comment adapter la planification territoriale pour mieux prendre en compte cette problématique, en particulier quel pourrait être le rôle de l'analyse économique ? Notre réflexion se situe à un niveau général sur les territoires français, et non Grenoble en particulier.

1. Définition, mise en évidence et diagnostic[132].

La précarité énergétique est le plus souvent abordée dans sa dimension bâtiment, mieux identifiée et mieux connue que sa composante transport. La loi Grenelle définit en effet une personne précaire énergétiquement comme « une personne qui éprouve dans son logement des difficultés particulières à disposer de la fourniture d'énergie nécessaire à la satisfaction de ses besoins élémentaires en raison de l'inadaptation de ses ressources ou de ses conditions d'habitat. ». Cette définition oublie la précarité ou la vulnérabilité liée au transport (Article 11 de la loi Grenelle II du 12 juillet 2010). La dimension mobilité apparaît en effet comme une question plus exploratoire qui n'est pas toujours abordée dans les rapports traitant de la précarité. Si l'Observatoire national de la précarité énergétique, lancé en 2011 et porté par l'Ademe (Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie) et les ministères de l'Écologie et de l'Économie, intègre cette question dans sa mission, il se concentre tout de même sur le logement[133]. Cet état de fait peut s'expliquer par la relative absence d'acteurs de ce champ susceptibles de porter cette question, comme ils peuvent exister pour le logement[134], mais aussi par une différence de perception entre la gravité des impacts de la composante bâtiment (exposition au froid) et celle liée à la mobilité. Plus largement, l'identification d'une problématique de vulnérabilité est aussi de l'ordre politique et symbolique, et n'est pas toujours directement déduite de la perception des ménages. Toutefois, nous pouvons remarquer que cette question[135] émerge fortement aujourd'hui, dans le contexte de crise économique qui est le nôtre. Dans une première partie, nous décrivons les dimensions économiques et sociologiques de la vulnérabilité liée à la mobilité, puis nous nous interrogerons sur les conditions d'un basculement vers la précarité.

---

[132] Cet article a été présenté lors du séminaire « Fracture de mobilité » organisé le 30 novembre 2011 par la Chaire Développement durable de Sciences Po et la SNCF dans le cadre de leur partenariat, et l'Iddri.

[133] Voir le Cahier des charges de l'Observatoire et la fiche de présentation, http://www2.ademe.fr/servlet/KBaseShow?sort=-1&cid=96&m=3&catid=23210

[134] On notera en effet l'absence d'acteur « mobilité » dans la liste des organismes engagés dans la création de l'observatoire, qui pourraient être les équivalents des acteurs habitats : Agence national de l'habitat, Edf, Gdf Suez, Fondation Abbé Pierre pour le logement des défavorisés, Haut Comité pour le Logement des Personnes Défavorisées (HCLPD), Union sociale pour l'habitat (USH).

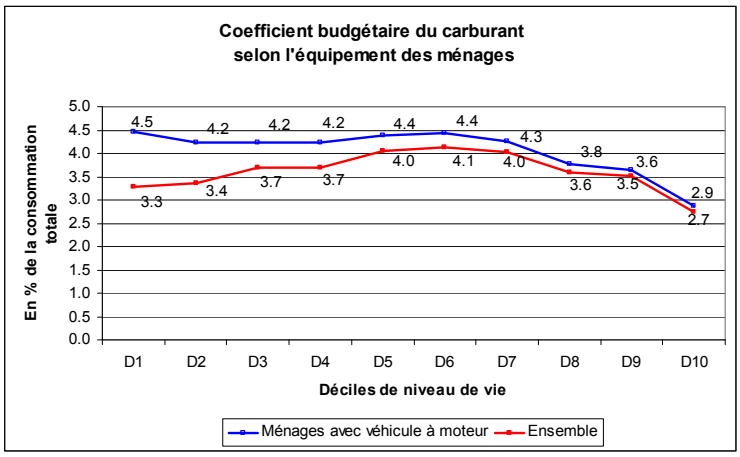
[135] On notera en particulier les travaux d'Y.Jouffe et M.H.Massot dans le cadre de l'observatoire de la précarité.

1.1 De la vulnérabilité à la précarité.

La précarité peut se définir comme une inadéquation entre les ressources des ménages (monétaires mais pas seulement) et leur situation contrainte (où des effets cumulatifs se font ensuite sentir : impayés, endettement, coupure d'électricité, impact social… (De Quero et Lapostolet, 2009)). La précarité énergétique est l'une des composantes de la précarité, parmi beaucoup d'autres (alimentation, accès au logement, à la santé etc.). **La vulnérabilité** est une situation de précarité potentielle dans laquelle un ménage peut basculer lorsqu'il est confronté à des aléas, comme la hausse des prix de l'énergie.

Concernant la mobilité, la vulnérabilité est la plus probable chez les ménages du périurbain, car ce sont eux qui parcourent le plus de kilomètres quotidiens et qui ont en conséquence les dépenses de carburant les plus élevées (CGDD, 2009). Dans leur étude fondatrice des dépenses logement-transport sur le cas de l'Ile de France, Polacchini et Orfeuil (1998) avaient déjà identifié que les taux d'effort pour le transport pouvaient augmenter considérablement lorsqu'on s'éloignait du centre, impliquant un niveau élevé de contrainte pour certains ménages. Cela les conduisait à interroger les politiques publiques en faveur de l'accession, qui pouvaient avoir l'effet pervers d'excentrer des ménages modestes. De plus, les ménages les plus modestes ne seraient pas les seuls exposés à une hausse des prix du pétrole ; en effet, ce sont les 5e, 6e et 7e déciles qui ont en moyenne le coefficient budgétaire le plus élevé, avec 4% de leur consommation totale dédiée au carburant (CGDD, 2009). Ces moyennes ne nous donnent toutefois qu'une information partielle, en effet il est probable que des ménages des 2ème et 3ème déciles par exemple ont des niveaux de contrainte élevé, car il existe de grandes disparités intra-déciles pour la question des efforts énergétiques (part budgétaire de l'énergie), (Combet, et al., 2010).

Figure 88 : Coefficient budgétaire du carburant suivant le décile du ménage

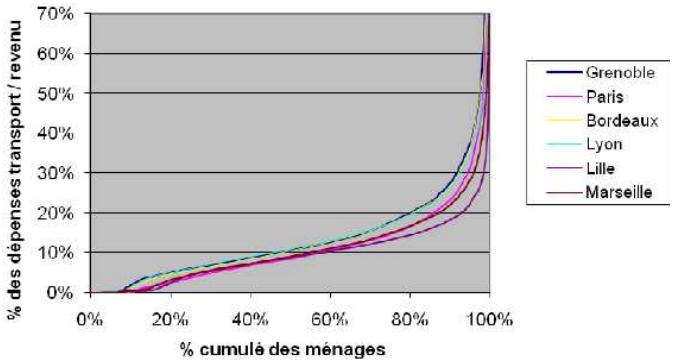


Source : (Marcus, 2011)

Ces chiffres nationaux se retrouvent dans l'analyse de l'aire urbaine de Lyon (Verry et Vanco, 2009). Ceux-ci observent que les ménages vulnérables ne sont pas forcément pauvres mais ont généralement des revenus moyens (légèrement en dessous de la médiane), vivent dans le périurbain lointain (**Figure 90Erreur ! Source du renvoi introuvable.**) et parcourent plus de deux fois plus de kilomètres quotidiens que la moyenne. En choisissant, par analogie avec le seuil de pauvreté, un seuil

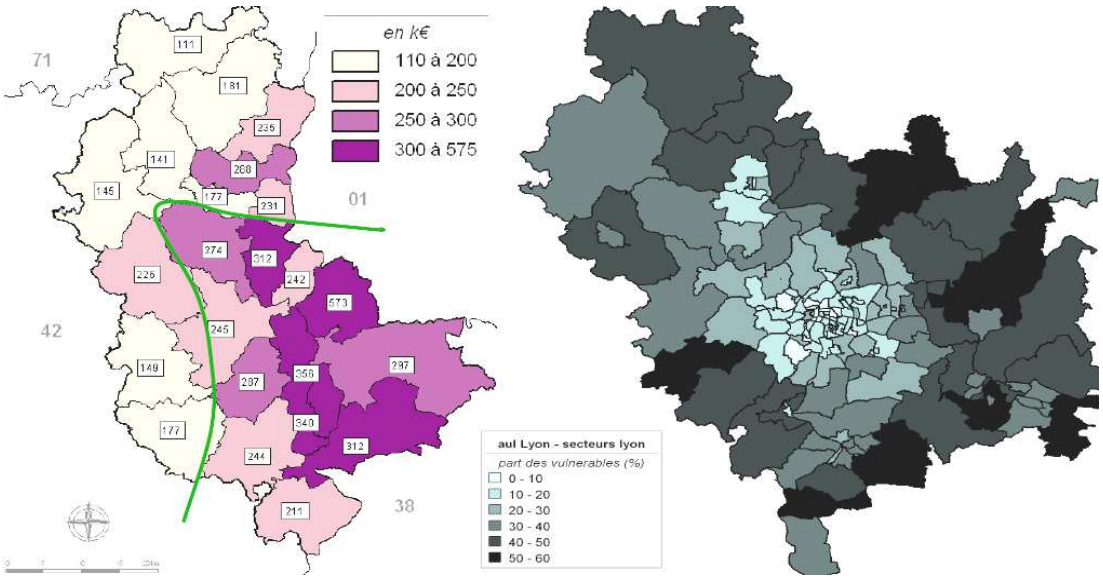
de vulnérabilité des ménages correspondant à une dépense pour la mobilité quotidienne double de la moyenne[136], il s'avère que 23% des ménages de l'aire urbaine de Lyon sont dans une situation de vulnérabilité, ils dépensent plus de 18% de leur revenu disponible pour leur mobilité quotidienne. Ce phénomène représente donc un enjeu considérable, avec 200 000 ménages pour le territoire considéré ici. La fixation du seuil pour représenter une situation de vulnérabilité peut bien sûr être discutée et nous y reviendrons plus loin, toutefois l'analyse de Verry et Vanco (2009) montre bien qu'au niveau de ce seuil existe une inflexion de la courbe des dépenses, semblant indiquer une situation particulière.

Figure 89 : Dépenses cumulées des ménages rapportées à leurs revenus



Source : (Verry et Vanco, 2009)

Figure 90: Carte de gauche : prix des lots bâtis dans le département du Rhône ; Carte de droite : Répartition des ménages vulnérables au sein du périmètre de l'EMD Lyon 2006



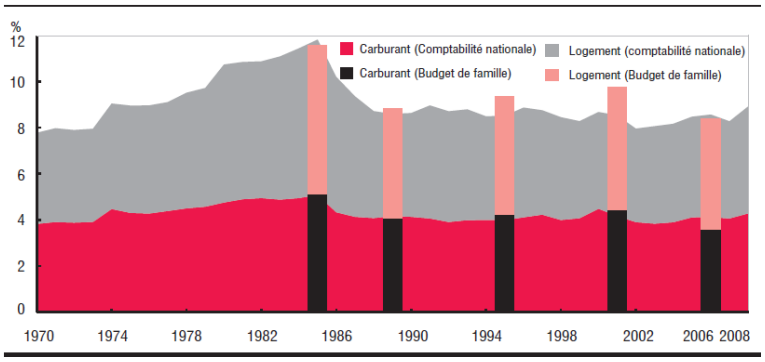
Source : Carte de gauche : (Observatoire Foncier du Rhône, 2008) ; Carte de droite : (Verry et Vanco, 2009)

Cette étude ayant été faite en 2006, elle ne considère pas les fortes hausses du prix du carburant de 2008 ; si celles-ci avaient été considérées, ce sont 25 000 ménages de plus qui seraient venus grossir les rangs des populations vulnérables (on passerait alors de 23 % à 26 % des ménages). De plus,

[136] L'INSEE considère qu'un ménage a atteint le seuil de pauvreté lorsque ses revenus sont inférieurs ou égaux à 50% du revenu médian de la population française. Les ménages de l'aire urbaine de Lyon dépensent en moyenne 9% de leur revenu disponible pour leur mobilité quotidienne et l'étude définit les ménages vulnérables comme ceux dépensant plus de 18%.

l'examen des données montre qu'en tendance longue, la part budgétaire du carburant est relativement stable depuis les années 1970 (**Figure 91**), de même que le coût du service énergétique (coût d'un kilomètre en voiture particulière). La vulnérabilité telle qu'elle s'exprime dans les études s'intéressant aux années 2000 n'est donc pas la conséquence directe d'une hausse des prix de l'énergie, mais plutôt celle d'un fonctionnement urbain générant une dépendance à la voiture et des distances parcourues en hausse pour une partie de la population. **C'est donc une question d'aménagement et de planification**.

Figure 91 : Evolution de l'effort énergétique des ménages



Source : (Merceron et Theulière, 2010)

Si l'on s'intéresse ici spécifiquement à la question de la mobilité, il ne faut pas ignorer la dimension logement de la vulnérabilité, qui vient s'ajouter et peser doublement sur le budget des ménages. Les tensions s'additionnent si ce sont les mêmes ménages qui subissent les deux phénomènes et on peut penser que cela est souvent le cas. D'une part, car une majorité des ménages en situation de vulnérabilité énergétique (dans sa dimension chauffage et électricité) vivent en maison individuelle (De Quero et Lapostolet, 2009) et donc majoritairement dans le périurbain et le rural, où le poids de la mobilité pèse le plus. D'autre part, les deux phénomènes touchent particulièrement les ménages qui ont des revenus moyens mais qui ne sont pas pauvres ; en effet, une majorité des ménages vulnérables (considérés ici dans la dimension chauffage de la vulnérabilité) est propriétaire d'une maison individuelle (De Quero et Lapostolet, 2009). Enfin, les restrictions et privations de chauffage, qui sont l'un des effets de la précarité énergétique, auront tendance à être aggravées par la hausse des prix du carburant, la mobilité étant plus difficilement remise en cause que la consommation d'énergie dans l'habitat, qui pourra alors servir de soupape d'ajustement (Mettetal, 2009). Enfin, il est intéressant de noter ici que les politiques de logement social, en offrant des logements ayant une bonne accessibilité par les transports en commun et des qualités thermiques acceptables, expliquent probablement le fait que les premiers déciles ne soient pas les plus touchées par la question de la vulnérabilité énergétique, en particulier dans sa dimension mobilité.

1.2 Quel profil de ménage ?

Plusieurs éléments permettent de brosser un portrait du ménage périurbain vulnérable. Tout d'abord, la mobilité résidentielle vers le périurbain répond généralement à une volonté de la part du ménage, et il y a par conséquent un grand attachement à ce parcours résidentiel, malgré les difficultés financières qui peuvent apparaître (Harzo, et al., 2010). Mais si le périurbain comme lieu de vie et

d'épanouissement familial est choisi, l'éloignement, pour sa part, est souvent subi : la première couronne de l'agglomération aurait été préférée, mais les prix ont poussé ces ménages vers la 2e couronne plus lointaine. Et ce parcours résidentiel, même s'il est désiré, n'est pas forcément bien planifié : ainsi, les budgets carburant ont été mal anticipés, et les possibles hausses futures des prix de l'énergie très peu envisagées (Harzo, et al., 2010). Les ménages sont parfois dans le déni de l'importance de leur dépense pour la mobilité, d'une part parce qu'ils ont des difficultés à la quantifier et d'autre part parce qu'ils considèrent de toute façon cette dépense comme incompressible (Mettetal, 2009). En effet, il n'y a pas forcément d'alternatives réalistes à la voiture, et la mobilité apparait comme incontournable car « elle est la condition d'un mode de vie auquel les ménages sont attachés » (Mettetal, 2009).

La vulnérabilité induite par un poids important de la mobilité ne conduit pas à la même probabilité pour tous les ménages de se retrouver en situation de précarité. C'est aussi pour cela que le seuil ne peut être qu'indicatif. Afin d'évaluer le risque de situation de précarité, il faut croiser les capacités économiques et les ressources cognitives, et deux profils de ménage apparaissent alors comme particulièrement fragiles. Les « insouciants », qui combinent une faible intégration des enjeux et de faibles ressources mobilisables pour s'adapter, ont une pratique non rationalisée et nient leurs difficultés alors que leur budget est déjà dans le rouge (Harzo, et al., 2010). Les « dépassés » ont pour leur part bien intégré les difficultés, mais ont peu de ressources mobilisables pour modifier leurs dépenses et équilibrer leur budget (Harzo, et al., 2010). Ces éléments sont clés dans la réflexion sur le soutien qui pourrait être apporté à ces ménages et distinguer ce qui relève de l'action sociale de ce qui relève de la pédagogie ou de l'accompagnement par le diagnostic personnalisé.

1.3 Prospective de la vulnérabilité.

Différents éléments peuvent faire basculer la situation de vulnérabilité vers une situation de précarité. Au niveau d'un ménage, cela peut être un évènement coûteux imprévu ou la baisse des revenus à la suite d'un licenciement. Globalement, la hausse future des prix du pétrole apparait comme le risque principal d'un basculement massif de ménages vers une situation de précarité. Or le contexte du prix du pétrole est préoccupant pour trois raisons (Artus, et al., 2010) : l'incertitude est très grande, ce qui rend plus complexe la mise en place de stratégie d'adaptation ; la tendance longue est à la hausse, ce qui implique une pression croissante sur les ménages vulnérables ; la volatilité est accrue, ce qui peut favoriser les basculements.

Les conséquences d'une hausse des prix du carburant sont multiples. Elles peuvent conduire à une stratégie d'adaptation renforçant encore les aléas (achat d'une voiture d'occasion moins fiable et plus polluante), à une diminution du confort domestique en réduisant le chauffage (avec potentiels impacts sanitaires), à une pression sur tous les autres postes de consommation et à une réduction de la vie sociale par réduction de la mobilité non contrainte ; globalement à une diminution du bien être social. Mais les conséquences ne seront pas uniformément négatives suivant le profil du ménage. En effet, ces hausses pourront aussi conduire à des stratégies de rationalisation et d'optimisation de l'utilisation de l'énergie, qui sont déjà mises en place par des ménages dits « stratèges » (Harzo, et al., 2010).

À l'échelle d'une région urbaine, la hausse des prix de l'énergie pourra réduire l'attractivité de certaines zones périurbaines mal desservies par les transports en commun et qui ne profitent pas d'un peuplement de ménages aisés. Elle pourra aussi renforcer la perte d'attractivité d'autres zones ayant un parc de logement de mauvaise qualité thermique et un déficit d'aménagement (certains lotissements construits dans les années 1980). La chute des prix de ces biens pourra avoir plusieurs conséquences. L'une est la dégradation progressive, en particulier pour les vieux lotissements. Un processus de dévalorisation s'enclenche et l'on n'investit plus pour l'entretien d'un bien dont la valeur diminue, on retrouverait alors les dynamiques qui ont conduit aux politiques de renouvellement urbain. L'autre est la difficulté pour les ménages en situation de précarité à vendre à un bon prix leur logement et donc à trouver un autre logement leur permettant de réduire leur précarité, et ce d'autant plus que les zones périurbaines les mieux desservies par les transports en commun verront leur valeur fortement augmenter, dans l'hypothèse d'une hausse des prix de l'énergie. Quand à retourner vivre dans les centres urbains, cela est déjà extrêmement difficile dans la situation actuelle, les prix des logements collectifs ayant fortement augmenté dans les années 2000 et les logements sociaux étant saturés. Les ménages vulnérables pourraient ainsi être piégés dans cette situation du fait des dynamiques urbaines.

2. La fabrique urbaine génératrice de vulnérabilité.

2.1 La double vulnérabilité des accédants : coût du logement et de la mobilité.

Différents éléments peuvent expliquer que des ménages se trouvent dans des situations où les distances à parcourir quotidiennement en voiture sont très importantes. On sait que les ménages sont de plus en plus biactifs et que l'instabilité de l'emploi est croissante dans l'économie française (nombre croissant d'embauches et de séparation) (Cerc, 2005). Ces deux phénomènes rendent plus complexe et plus exigeant le choix d'une résidence proche du lieu de travail. Et cela est amplifié par la structure et la conjoncture du marché du logement. En effet, plusieurs éléments impliquent l'existence d'une « prime à rester » dans son logement. On citera : la nécessité de s'acquitter des frais d'enregistrement à l'achat d'un logement ancien ; le contraste entre la protection qu'offre le bail contre l'augmentation du loyer et la liberté qu'a le propriétaire d'augmenter en début de bail ; le niveau de contrainte en termes de garanties à apporter pour obtenir un logement et la longueur des démarches de recherche à entreprendre. Ces deux derniers points étant aggravés par le contexte de crise de logement et le caractère très tendu du marché dans beaucoup de villes. La question du rapprochement entre lieu de résidence et lieu de travail représente au final un enjeu considérable (Korsu, et al., 2008), au cœur des politiques de logement, dans sa dimension offre et dans sa dimension organisationnelle de gestion des transactions sur le marché du logement.

De plus, nous avons expliqué dans le chapitre 4 les différents mécanismes à la base de l'étalement urbain. Nous avons décrit une dynamique d'expansion urbaine, avec la construction de maisons individuelles toujours plus loin des centres urbains, ceux-ci continuant à concentrer les emplois. Nous avons aussi vu les importantes hausses des prix fonciers et immobilier dans les agglomérations

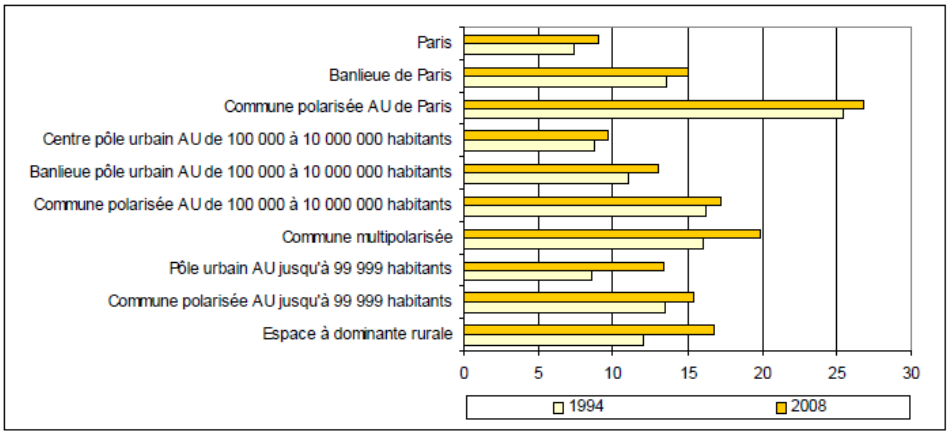
durant la dernière décennie. Ce phénomène pose des questions fondamentales sur les politiques publiques de logement et sur les moyens d'inverser ces tendances (voir par exemple les propositions du Conseil d'Analyse Economique sur ce sujet (Trannoy et Wasmer, 2013)). Pour notre part, ce qui nous intéresse c'est l'impact du logement en termes de poids budgétaires sur les ménages, afin de mieux comprendre les logiques d'éloignement et d'estimer le niveau de double contrainte (logement-mobilité). L'étude de Verry et Vanco (2009) n'apportait pas suffisamment d'éléments sur ce point du fait des données qu'ils ont utilisé. Dans cette analyse des conditions du logement, six points nous paraissent particulièrement intéressants.

- Les locataires du parc privé ont un taux d'effort médian de 27% de leur budget en 2010 qui est **en augmentation** (3pts entre 1996 et 2006 et 1pt entre 2008 et 2010) (Arnault et Crusson, 2012).
- Il y a de moins en moins de ménages modestes dans les accédants et dans le même temps les ménages aisés sont de moins en moins locataires (Arnault et Crusson, 2012), **on a donc une polarisation croissante entre locataire et accédant par le niveau de revenu**. Le niveau de vie moyen des accédants a augmenté : l'écart au niveau de vie moyen était de **5%** en 1995, il était de **12%** en 2005 (Accardo et Bugeja, 2009); le niveau de vie des locataires a baissé : l'écart au niveau de vie moyen était de -5% en 1985, -12% en 1995, -20% en 2005 (Accardo et Bugeja, 2009).
- Globalement pour toute la population française, on observe que le poids du logement s'est légèrement accru, passant de 17% à 18% du budget des ménages entre 1984 et 2005 (Accardo et Bugeja, 2009). D'autant plus que l'endettement s'est alourdit, pour les primo-accédants, l'endettement atteint 3 ans de revenu, c'est-à-dire **8 mois de plus** entre 2002 et 2006 qu'entre 1997 et 2001 (Briant, 2010).
- L'allongement des durées d'endettement (Arnault et Crusson, 2012), étale le poids du coût du logement sur une durée plus longue et masque l'effet de la hausse du prix de l'immobilier sur les chiffres d'effort en pourcentage du budget.
- En 2010, 40% des accédants et 40% des locataires du parc privé ont un taux d'effort supérieur à 31% pour le logement (Arnault et Crusson, 2012). Les ménages modestes accédants à la propriété, (2ème et 3ème décile) avaient un taux d'effort de 37% en 2010 (Mouillart, 2012).
- Concernant les prix fonciers, ils sont d'autant plus élevés qu'ils sont à proximité des centres urbains (CGDD, 2011c) et cela incite les ménages les moins à même de supporter un tel coût d'aller chercher des zones moins onéreuses mais plus lointaines (voir **Figure 90**). L'exemple de Lyon montre que toutes les zones ont vu leur prix augmenter fortement durant la dernière décennie : des zones accessibles financièrement deviennent progressivement hors de portée de beaucoup de ménages.

Ce diagnostic rapide montre que ni l'accession à la propriété, ni la location ne sont des solutions pour un logement abordable pour les ménages. Les politiques nationales successives sur le logement n'ont pas permis de résoudre cette situation. **Dans cette situation contrainte, les ménages ont peu de choix.** Les ménages modestes (2ème et 3ème décile) voulant accéder à la

propriété supportent un **taux d'effort élevé pour leur logement,** malgré un éloignement important[137]. En effet, les ménages modestes accèdent plus souvent à la propriété dans des zones rurales ou dans de petites communes (Mouillart, 2012), **la probabilité qu'ils supportent dans le même temps des coûts de déplacement élevés est donc plus importante.** En effet, dans les zones rurales, les distances sont importantes pour aller au travail (voir figure suivante). Ce phénomène semble grandir : 47% des accédants ayant acheté entre 2002 et 2006 habitent en zone rurale (éloignée ou périurbaine) contre 29% en 1990 et 38% à la fin des années 90 (Briant, 2010). Dans le même temps, les pôles urbains concentrent toujours plus d'emplois (Floch et Levy, 2011), et on observe des distances domiciles travail en hausse (passage de 12 à 14.7 kilomètres entre 1994 et 2008, ENTD 2008).

Figure 92 : distance moyenne entre le domicile et le travail selon le type urbain du domicile de résidence



Champ : actifs ayant un lieu de travail fixe hors de leur domicile.
Sources : SOeS, Insee, Inrets, enquêtes nationales transports et déplacements 1994, 2008

Source : (CGDD, 2010), les communes multipolarisées sont des communes rurales (p86-88)

Il est clair que les ménages du bas de la classe moyenne (déciles 4 et 5) se trouvent dans une situation assez comparable. En effet, parmi les accédants, ils sont dans la fourchette basse des capacités à payer (en effet l'écart au niveau de vie moyen des accédants était de +12% en 2005). De plus, 40% des ménages accédants supportent un effort très important (supérieur à 31%) (Arnault et Crusson, 2012) : cela représente bien d'autres ménages que les seuls ménages modestes.

L'analyse du poids du logement laisse donc à penser qu'il y a souvent une double contrainte pesant sur les primo-accédants, avec un effort important du fait du logement et de la mobilité quotidienne. L'étude de l'agence d'urbanisme de l'agglomération de Strasbourg, qui s'intéresse à la question de la vulnérabilité dans le département du Bas Rhin, en estimant des budgets contraints transport-logement des ménages et en les spatialisant, en donne l'illustration. Il ressort de cette analyse que les **accédants sont les ménages les plus vulnérables**, ils sont ceux qui seraient impactés le plus sérieusement par une hausse des prix de l'énergie. **Ils combinent la plus grande proportion de ménages dépassant le seuil de 20% du revenu disponible pour le transport, et plus grande proportion dépassant le seuil de 35% pour le logement** (hors charges) (Adeus,

[137] (Mouillart, 2012) note d'ailleurs qu'entre « 2000 et 2010, les marchés les plus convoités (marchés urbains dont Paris) se sont progressivement fermés aux ménages pauvres ou modestes. »

2011). Au final 15% des ménages accédants dépassent ces deux seuils et 53% l'un des deux ou les deux (Adeus, 2011).

2.2 La planification pour réduire la vulnérabilité dans un contexte de transition énergétique.

Ainsi un nombre significatif de ménages supporte des coûts très élevés pour assurer ses déplacements quotidiens. Nombre de ménages accédants combinent des niveaux d'efforts importants pour la mobilité et des charges importantes pour leur logement. Que peut faire la planification urbaine face à cette situation de vulnérabilité ?

Il faut tout d'abord distinguer les ménages qui sont déjà en situation de vulnérabilité de ceux qui pourraient les y rejoindre du fait du fonctionnement du système urbain. Pour ceux qui sont déjà dans une situation de vulnérabilité, plusieurs pistes se dégagent. Il faudrait d'une part apporter un soutien à ces populations, de l'action sociale à la pédagogie sur les dépenses, en passant par des méthodes de diagnostic personnalisé, ce qui permettra aux ménages d'augmenter leurs ressources économiques mais aussi leurs ressources cognitives afin de s'adapter à cette situation. Puisque la vulnérabilité s'avère souvent double, les actions sur le logement doivent faire partie intégrante du soutien aux ménages, qui devra ainsi inclure une meilleure information et un meilleur accompagnement concernant les travaux de réhabilitation thermique (Mettetal, 2009). D'autre part, il faut chercher les innovations dans le domaine de la mobilité qui pourraient rendre celle-ci moins onéreuse, et cela ne passe pas forcément par du transport en commun. L'organisation d'une mobilité partagée peut s'avérer être une piste pertinente (nous avons en particulier montré la grande efficacité économique des politiques de covoiturage).

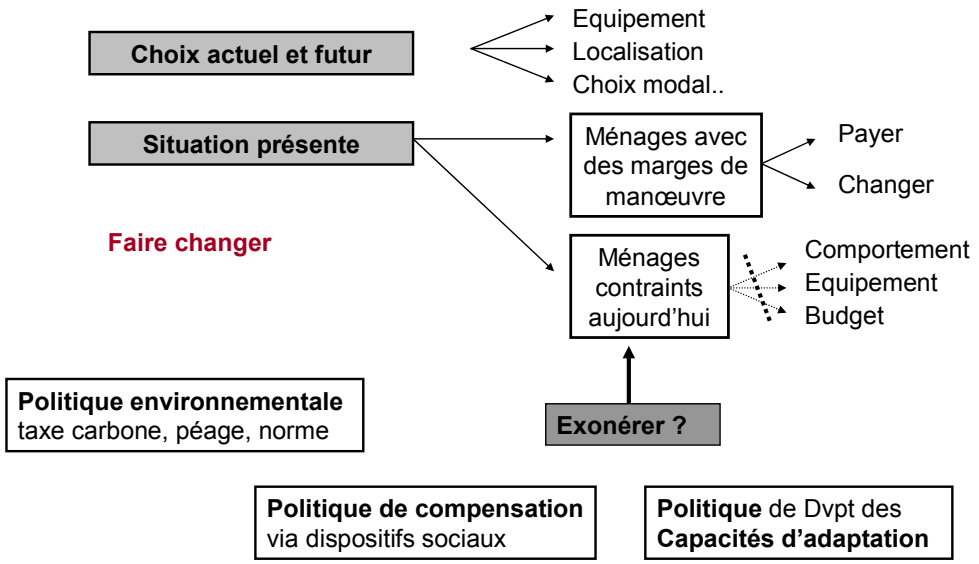
Pour ceux qui pourraient continuer à venir nourrir les rangs des accédants en situation de vulnérabilité, il s'agit donc de réorienter nos modes de développement urbain. La planification doit jouer ce rôle et nous avons analysé dans cette thèse la façon dont cette action pourrait être rendue plus efficace. Plus largement les solutions sont aussi à trouver du côté des politiques publiques de logement et d'urbanisme et de leur nécessaire réforme (Trannoy et Wasmer, 2013). Cela doit permettre d'offrir des alternatives à ces ménages, qui ne les conduiraient pas à subir des coûts trop importants de mobilité. De plus, la question d'une politique de réduction des vulnérabilités ne peut se faire de manière indépendante de celle de la transition environnementale que la planification doit aussi contribuer à porter. En effet les ménages vulnérable du périurbain, parcourant de longues distances quotidiennes en voiture, sont aussi ceux qui seraient les plus impactés par une hausse de la fiscalité du diesel, par la mise en place d'un péage urbain, par une taxe carbone…autant d'outils qui pourraient être mis en place dans le cadre d'une transition écologique. **La planification doit permettre de gérer cette transition, c'est-à-dire de changer les orientations du développement urbain sans toutefois aggraver les vulnérabilités actuelles ou en créer de nouvelles.**

La figure suivante propose une représentation simplifiée de cette question. Dans ce schéma stylisé, les politiques environnementales sont mises en places pour réorienter les choix actuels et futurs. Si certains ménages sont capables soit de s'adapter soit de payer pour conserver le même comportement, d'autres n'ont pas ces marges de manœuvre : cela peut dégrader fortement leur

situation et une logique consiste alors à vouloir les exonérer. Toutefois on peut penser que cette logique relève d'une approche statique du problème et, sur le long terme, elle encoure le risque de ne pas créer le changement attendu. En effet, lorsque l'exonération est intégrée à la mesure, ses effets d'incitation sont invalidés pour ces populations, elles bénéficient de l'exonération à court terme mais sont dans une certaine mesure mises de côté de la transition. Il ne peut être uniquement question de panser les effets de l'instrument environnemental. Une telle approche permet de limiter les effets à court terme mais n'empêche pas la création de vulnérabilités futures.

L'enjeu clef de la transition énergétique est bien de déterminer les conditions d'un changement sur différentes temporalités. Certains ménages peuvent amortir les chocs et changer rapidement alors que d'autres, davantage contraints, doivent être accompagnés durant leur transition. La politique publique doit donc aider au développement des capacités d'adaptation de ces ménages. L'enjeu est que la planification propose un cadre permettant de coordonner ces trois types de politiques.

Figure 93 : une schématisation des politiques de transition



Dans les faits, de nombreux dispositifs existent déjà pour aider les ménages, qu'il s'agit d'examiner. Et en particulier, les dispositifs fiscaux peuvent jouer un rôle significatif que ce soit en termes de réorientation, lorsqu'ils intègrent un volet environnemental, ou de compensation, de part leur aspect redistributif. Nous allons nous intéresser dans la partie suivante au dispositif des *frais réels* et nous interroger sur son influence, que ce soit en termes d'**incitation à l'étalement ou de réduction de la vulnérabilité.**

3. Le dispositif des frais réels : quel impact sur la fabrique urbaine et la vulnérabilité[138] ?

Beaucoup de politiques publiques ont un impact, direct ou indirect sur le niveau de contrainte de ces ménages. Dans le champ du logement et du foncier (fiscalité de la construction, dispositifs fiscaux

[138] Ce travail sur les frais réels a été réalisé avec Lucas Chancel (Iddri) et a donné lieu à la co-écriture d'une publication Iddri sur laquelle cette sous-partie s'est largement appuyée. L'idée de s'intéresser aux frais est le fruit de riches discussions avec Michel Colombier (Iddri).

pour les ménages, PTZ…), de l'énergie[139] (réglementation du tarif de l'énergie, taxe sur les carburants), du transport (niveau de subvention des transports en commun, fiscalité des carburants) notamment. Nous allons nous intéresser au dispositif fiscal des « frais réel ». Nous nous demandons dans cette sous-partie dans quelle mesure le remboursement par l'État des frais de déplacement domicile-travail, les « frais réels », peut avoir un impact sur l'étalement urbain, et s'il constitue une réponse appropriée à la précarité et la vulnérabilité énergétique des ménages liée à la mobilité. Cette réflexion s'inscrit plus largement dans les débats[140] sur les niches fiscales anti-écologiques et sur le besoin d'une réforme[141] fiscale large.

3.1 Description de la mesure.

L'impôt sur le revenu est calculé, pour les salariés, sur la base de 90 % de leur revenu, et non sur 100 %. Cette déduction forfaitaire de 10 % est censée couvrir les frais professionnels engagés par tous les salariés. Mais l'article 83.3 du Code des impôts permet aux foyers fiscaux dépensant plus de 10 % de leur revenu afin de satisfaire aux contraintes de l'exercice de leur travail de déclarer ces frais supplémentaires. Ils ne sont donc plus soumis à la déduction forfaitaire de 10 %, mais à une déduction supérieure, correspondant au montant *réel* de leurs dépenses.

Ces frais peuvent être de différentes natures[142]: frais kilométriques, frais de nourriture, frais de vêtements, frais de matériel informatique, etc. Au total, une quinzaine de types de frais sont déductibles. Ces déductions qui permettent de traiter ménages et entreprises de la même manière, selon le principe d'imposition du revenu net (les entreprises n'étant pas imposées sur leurs frais de fonctionnement) apparaissent également comme un moyen pour l'État de favoriser l'emploi en aidant les ménages à faire face aux dépenses qui y sont liées. Plus largement, c'est l'une des façons de répondre à la problématique ancienne de la prise en charge du transport des salariés, dont le « Versement transport »[143] est une autre dimension. Nous nous intéresserons ici à la dimension « frais kilométriques » de cette disposition fiscale, la principale en termes budgétaires selon nos estimations. Le barème publié annuellement par l'administration pour les calculer prend en compte l'entretien du véhicule, l'assurance et les frais de déplacement.

---

[139] Voir (Chancel, 2013) sur les dispositifs existants pour l'énergie.

[140] En vue de l'examen du projet de loi de finance à l'automne 2013, dans un contexte de dette publique élevée, le débat sur les subventions anti-écologiques a montré que de nombreux avantages fiscaux semblent aller à l'encontre du développement durable, tout en étant coûteux et parfois inéquitables. Voir par exemple l'appel du RAC (Réseau action climat France) et de la FNH (Fondation Nicolas-Hulot), soutenu par un grand nombre d'associations : http://www.stopsubventionspollution.fr/

[141] Voir par exemple Piketty et al. (2011) qui a mis en avant le caractère inéquitable de notre système de prélèvements, appelant à une remise à plat de ce dernier.

[142] Voir pour le détail, la brochure de l'administration fiscale : http://doc.impots.gouv.fr/aida/brochures_ir2012/ud_015.html

[143] Le Versement Transport : Les entreprises qui emploient 9 salariés et plus dans un périmètre de transport urbain (en région parisienne ou dans le périmètre d'une autorité organisatrice de transport) sont soumises au Versement Transport. Cette contribution est calculée sur la totalité des salaires soumis à cotisations ou de la base forfaitaire lorsqu'elle est applicable (sauf exceptions). Elle est recouvrée par les Urssaf au titre des cotisations sociales et est ensuite reversée aux autorités organisatrices de transports. Pour une agglomération comme celle de Grenoble, cela représente environ 80 millions d'euros par an disponibles pour financer les transports en commun.

3.2 Une mesure en contradiction avec les politiques environnementales de la France.

Le barème kilométrique est indexé sur la puissance fiscale du véhicule[144] ; les frais réels peuvent donc être assimilés à une subvention aux grosses cylindrées, les plus émettrices de CO_2[145]. En effet, la puissance fiscale du véhicule est corrélée positivement aux émissions de CO_2 et aux autres formes de pollution. Toutes choses égales par ailleurs, un moteur plus puissant consommant plus de carburant et rejette davantage de polluants.

La mesure est donc contradictoire avec les engagements de la France en termes de réduction des émissions de CO_2 qui sont repris par les documents locaux de planification et avec d'autres dispositifs financiers nationaux comme le bonus-malus. Par exemple, si un ménage aisé choisit une voiture de 10 CV (175gCO_2/km) au lieu d'une voiture de 6 CV (120gCO_2/km), cela lui coûte 750 € en malus, mais les frais réels pourraient lui rapporter 500 € sur la durée de possession du fait de l'indexation sur la puissance[146]. Les frais réels pourraient ainsi considérablement réduire l'effet incitatif du malus.

Ils apparaissent d'autant plus en contradiction avec la politique environnementale lorsque l'on compare le coût d'une taxe carbone pour les ménages aux gains associés aux frais réels. Ainsi, pour un ménage type du 8e décile, la taxe carbone, telle que proposée en 2009, aurait été de 35 € par an pour l'ensemble des transports en voiture du ménage, tandis que la déclaration des frais réels de transport lui permet d'économiser 460 € à l'année en déductions d'impôt, soit treize fois plus. Le niveau des remboursements en jeu limiterait donc substantiellement l'effet de cette politique environnementale. Cela pose aussi une question sociale, puisqu'un ménage pauvre du 2e décile, parcourant le même nombre de kilomètres et payant aussi la taxe carbone, n'aurait bénéficié d'aucune économie grâce aux frais réels ; nous reviendrons sur ces effets redistributifs en deuxième partie.

Les frais réels, parce qu'ils sont proportionnels à la distance parcourue pour se rendre à son travail, peuvent aussi apparaître comme une subvention à l'extension des aires urbaines, ils représentent une baisse du coût généralisé pour se déplacer pour ceux qui l'utilisent. La mesure permet en effet de s'établir plus loin du lieu de travail ou d'y rester sans subir les coûts de transport réels. Si à l'évidence peu de personnes calculent les gains liés aux frais réels ni ne les rapporte au coût du transport avant de signer un contrat d'achat ou de location, la mesure peut toutefois avoir un effet incitatif par

---

[144] Le barème kilométrique est progressif jusqu'à 13 CV. Voir ici le barème kilométrique : http://www3.finances.gouv.fr/calcul_impot/2012/pdf/baremekm.pdf

[145] Les véhicules de plus de 8 CV ne représentent que 15 % du parc automobile des particuliers. À titre d'exemple, une Citroën C4 Picasso 110 ch développe une puissance fiscale de 6 CV, une Mercedes Classe S entre 13 et 16 CV.

[146] Comparons deux cas : dans le premier, le ménage dispose d'une voiture de 6 CV et dans l'autre d'une voiture de 10 CV. Les autres hypothèses sont inchangées : un ménage-type marié avec deux enfants et un revenu annuel net d'activité de 50 500 € (8e décile de niveau de vie pour ce profil de ménage), avec 7 400 km par an pour aller au travail pour la voiture principale (distance moyenne 8e décile, ENTD 2008). Dans les deux cas, le ménage déclare parallèlement 2 000 km en frais réels pour la seconde voiture (ce qui permet de dépasser les 10 % forfaitaires). Dans le cas où le ménage dispose d'une 6 CV (par exemple un Picasso Hdi à 120gCO2/km, classe C), ses coûts kilométriques déclarés sont de 3 561 €, selon le calculateur en ligne des impôts. Dans le second cas, le ménage dispose d'un Picasso Hdi de 10 CV fiscaux (175gCO2/km, classe E, pénalisé par un malus de 750 €) et ses coûts kilométriques à déclarer sont de 4 276 €. L'impôt sur le revenu est de 2 274 € d'impôts dans le premier cas et inférieur de 100 € dans le second. Sur la durée moyenne de possession d'un véhicule, soit cinq ans, le gain pour le ménage à 10 CV est de 500 €.

l'intermédiaire de comportements de mimétisme, certains ménages pouvant avoir un raisonnement du type « mon collègue a fait construire à 20 kilomètres du travail, il est passé aux frais réels et il s'en sort… ». Plus largement, ces différents points montrent qu'il y a bien une incohérence de la part de l'autorité publique qui donne d'une main pour reprendre de l'autre.

Une autre façon de voir l'impact potentiel de cette mesure en termes d'incitation à l'étalement et de comprendre que cette disposition fiscale sort du seul champ de la fiscalité pour entrer dans le domaine de la politique d'aménagement du territoire est d'analyser un discours politique visant à le modifier. L'amendement N°3323, déposé le 19 septembre 2006, dans le cadre des débats parlementaires pour le projet de Loi de Finance par une centaine de députés visait à supprimer toute limite kilométrique dans le calcul des frais réels. En effet, l'administration fiscale prévoit une limite de 40 kilomètres (distance domicile-travail) pour le remboursement. L'idée derrière cette limite, selon les députés, est que cet éloignement serait réalisé « par convenance et non par nécessité ». Les porteurs de cet amendement remettent cela en question car ils considèrent que dans la situation de chômage actuelle, cette mobilité peut être nécessaire. Mais leur argument se fonde au final sur une logique d'aménagement du territoire : « Ce jugement infondé nous pousse à dévitaliser nos territoires ruraux. À vouloir encourager l'exode et l'implantation des populations dans les bassins d'emplois plus dynamiques, nous allons à l'encontre d'une logique d'aménagement du territoire privilégiée par notre Gouvernement. Une logique qui vise à maintenir une cohésion de nos vallées et de nos campagnes comme en témoigne la mise en place des pôles d'excellence rurale. **Notre objectif ne doit pas être d'engorger nos banlieues déjà asphyxiées, mais bien de soutenir nos campagnes**. ». La logique du dispositif des frais réels est bien selon ces parlementaires d'avoir une action sur l'aménagement du territoire. Cette mesure apparait donc contradictoire avec les objectifs nationaux de développement urbain maitrisé, d'utilisation économe des espaces naturels et de réduction des émissions de gaz à effet de serre, tel qu'inscrits dans la loi SRU (2000) et les lois Grenelles et traduit dans les documents de planification.

Cependant, il convient de la replacer dans son contexte : la protection de l'environnement n'est pas l'objet de cette mesure, qui vise à protéger les travailleurs. Il s'agit donc d'interroger l'objectif premier de la mesure et d'étudier son impact social. Cela nous permettra d'analyser son soutien aux plus vulnérables.

3.3 Les frais réels dans le cadre plus large de la politique fiscale.

Il est utile de replacer le dispostif des frais dans le cadre plus large de la politique fiscale, afin de comprendre la logique à l'œuvre. La politique fiscale d'un État (menée par le biais de l'impôt, des taxes et des dépenses fiscales[147]) a trois principaux objectifs (Arkwright, Godefroy et Vasquez, 2005). Le premier est la *collecte de fonds*, qui doit satisfaire aux besoins de la collectivité. En 2010, le montant total des prélèvements obligatoires était de 819 Mds d'euros, soit 48 % du revenu national. L'impôt sur le revenu (hors CSG) ne représente qu'une petite partie de ces prélèvements (environ 3 %). Le deuxième objectif est *incitatif* : il s'agit, en jouant sur les prix du marché, de réguler l'activité

[147] Une dépense fiscale est une exonération, un abattement, une déduction, une réduction de taux, une modalité particulière de calcul ou un crédit d'impôt (Guillaume, 2011 ; p 57). Dans le langage courant, on parle de « niche fiscale ».

économique en modifiant le comportement des acteurs et d'encourager (ou de décourager) certains comportements. Le troisième objectif est la *correction des inégalités* : la Déclaration des droits de l'homme et du citoyen de 1789 stipule que l'impôt doit être « également réparti » entre les citoyens, « en raison de leur faculté ». C'est l'objectif de la progressivité de l'impôt sur le revenu par exemple.

La plupart des niches fiscales s'attaquent au deuxième objectif de la politique fiscale. À titre d'exemples, la déduction de 50 % de l'impôt sur le revenu du montant versé aux œuvres caritatives a pour but de faciliter le financement des institutions jugées utiles à la collectivité, et la déduction de 50 % sur les Chèques emploi service permet de développer les services à domicile et lutter contre le « travail au noir ».

Les frais réels répondent eux au principe général d'imposition des revenus nets, tel que mentionné dans l'article 13 du Code des impôts. On trouve trace de la mesure dans le Code général des impôts de 1978, et la déduction forfaitaire trouve probablement ses racines dans la mise en place de l'impôt sur le revenu en 1959. Du fait de ce statut, et alors que cette mesure constitue une déduction d'impôt sur le revenu, elle ne figure pas dans le *Rapport du Comité d'évaluation des dépenses fiscales et des niches sociales* (Guillaume, et al., 2011*)*, qui cherche à évaluer la pertinence de l'ensemble des dépenses fiscales. Au regard du poids de cette dépense fiscale (qui représente chaque année 2,1 milliards d'euros de manque à gagner à l'État, soit 4 % de l'impôt sur le revenu) et de ses incohérences avec les politiques environnementales identifiées précédemment, il nous semble pourtant légitime de l'interroger au regard des deuxième et troisième objectifs de la politique fiscale, de la même manière qu'une niche fiscale. Les frais réels représentent en effet la moitié des niches liées à la consommation d'énergie et identifiées par le *Rapport du Comité d'évaluation des dépenses fiscales et des niches sociales*. S'ils étaient pris en compte, ils deviendraient la 2^{e} dépense en montant, après l'exonération de la taxe intérieure de consommation des carburants pour l'aviation, qui coûte chaque année 3.5 Md€.

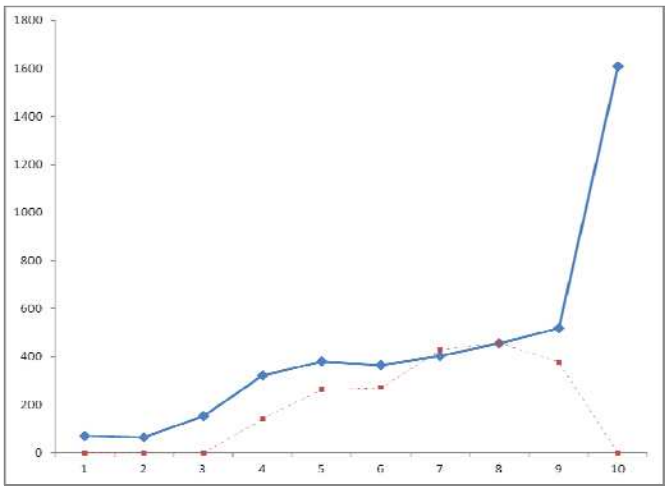
3.4 Une évaluation économique des frais réels : un dispositif régressif et statique.

Dans un premier temps, nous nous demandons quel est l'effet incitatif des frais réels. Le principe général du revenu net implique de retirer les dépenses contraintes du revenu imposable. Il convient donc de qualifier les dépenses contraintes liées à l'emploi suivant les différentes catégories de revenu. La réalité actuelle est celle d'un étalement urbain caractérisé par des franges d'urbanisation toujours plus lointaines des centres urbains qui continuent de concentrer les emplois. L'émergence de la question de la précarité énergétique, dans sa dimension dépense de transport, que nous avons décrit précédemment, est l'illustration de ces contraintes. Toutefois, si certains ménages sont contraints, d'autres au contraire ont davantage de marges de manœuvre (Bigot, 2009), notamment dans leur choix de logement ou de véhicule. Ainsi, on peut se demander s'il est juste que la collectivité prenne en charge les frais professionnels des ménages lorsqu'ils touchent aux préférences individuelles ou au confort. Il s'agit donc de se demander si les frais réels sont progressifs et s'ils compensent bien les ménages les plus contraints.

3.4.1 Les frais réels pour soutenir les ménages vulnérables ?

Nous présentons ici les gains liés aux frais réels par décile de niveau de vie[148]. Ces données transmises par le Trésor Public montrent clairement l'effet anti-redistributif de la mesure : plus le ménage est aisé, plus le gain obtenu grâce aux frais réels est élevé. Au total, 5 millions de personnes déclarent les frais réels. **Les ménages pauvres et modestes**[149] ne bénéficient presque pas de la mesure. Seuls 8 % de ces ménages déclarent les frais réels, et touchent en moyenne 66 € par an (soit 0,9 % de leur revenu). Les ménages de la classe moyenne sont plus nombreux à déclarer (16 %), et touchent en moyenne davantage, soit 385 € par an et par ménage (soit 1,9 % de leur revenu). Les ménages aisés et les hauts revenus sont 12 % à déclarer, et touchent en moyenne 1 063 € (soit 2,4 % de leur revenu). Ces chiffres ne prennent pas seulement en compte les dépenses kilométriques, mais correspondent à tout type de frais.

Figure 94 : Gain annuel moyen par ménage déclarant les frais réels, par décile de niveau de vie



Trait plein: gain annuel en euros pour tous types de frais réels ; source : Trésor Public, données fiscales 2011. En pointillé : gain lié aux frais kilométriques pour un ménage type de 4 personnes dont deux actifs ; calculs Chancel et Saujot (voir tableau en annexe).

La répartition des gains s'explique par le fait que les ménages les plus modestes ne sont pas soumis à l'impôt sur le revenu et sont peu nombreux à utiliser la mesure. Ceux qui déclarent sont imposés à un taux marginal faible et bénéficient peu de la réduction. Les ménages aisés doivent eux déclarer des montants très élevés pour bénéficier de la mesure et dépasser le seuil des 10 % du revenu. Au final, la répartition des gains par décile de niveau de vie reste très inéquitable, puisque 40 % des gains sont captés par les 20 % les plus riches de la population française.

Ces données agrégées ont toutefois deux limites pour notre propos : d'une part, elles recouvrent l'ensemble des frais réels (l'administration fiscale n'étant pas en mesure de dire précisément à quel type de frais le manque à gagner est attribué) et, d'autre part, elles ne permettent pas d'expliquer finement l'inégalité observée entre les ménages. Pour approfondir l'analyse, nous croisons d'autres bases de données sur le niveau de vie des ménages (enquêtes Budget de Famille de l'INSEE) et sur

[148] Revenu du travail et du capital corrigé par la taille du ménage.
[149] Ménages pauvres et modestes : les 30 % des ménages en bas de l'échelle des niveaux de vie ; classes moyennes : 50 % suivants ; ménages aisés et hauts revenus : 20 % du haut de la pyramide des revenus. Grille du CREDOC (Bigot, 2009).

leurs déplacements quotidiens pour leur emploi ainsi que sur la puissance motrice (enquête ENTD, CGDD-INSEE-Ifsttar).

Afin d'analyser l'effet distributif du remboursement des frais kilométriques, nous étudions les gains pour les dix déciles de revenu de quatre ménages types déclarant un revenu d'activité: couple marié sans enfant (22% des ménages français), couple marié avec deux enfants (20% des ménages), célibataire (20% des ménages), monoparentale avec un enfant (6% des ménages). Pour chaque décile, nous utilisons les valeurs moyennes des distances domicile-travail et des revenus fournies par bases de données INSEE et CGDD. Ces valeurs sont introduites dans le simulateur de l'administration fiscale[150]. Les ménages déclarant les frais réels ont probablement des distances plus grandes que la moyenne, ce qui explique leur passage aux frais réels. En reposant sur des moyennes, nous sous-estimons donc les gains liés aux frais de déplacement pour chaque catégorie. Toutefois, même avec ces valeurs moyennes, sur chaque décile et chaque ménage-type à l'exception des hauts revenus, nous retrouvons des gains liés aux frais réels proches des données de l'administration fiscale. Il semble donc bien que les frais kilométriques représentent la plus grande partie des frais réels. En première approximation, nous estimons à 1,2 milliard les dépenses fiscales liées aux seuls frais kilométriques[151].

Nous présentons sur la figure précédente (en pointillés) les gains d'une famille de deux actifs et deux enfants. Pour les déciles de la classe moyenne, ce ménage-type pourrait correspondre à une famille accédant à la propriété en zone périurbaine. Les gains moyens simulés varient de 141 € à 380 € entre les 4^{e} et 9^{e} déciles. Ils culminent à 456 € pour le 8^{e} décile de niveau de vie. Trois facteurs expliquent les différences observées entre déciles de revenu : les puissances fiscales plus élevées chez les ménages aisés ; les distances parcourues plus grandes chez ces ménages[152] ; et des taux marginaux qui augmentent avec le revenu (et donc une déduction d'impôt plus importante).

Pour le 10^{e} décile toutefois, les gains simulés sont nuls. Le revenu moyen étant très élevé (la dispersion des revenus y est très forte), la dépense kilométrique ne dépasse pas 10 % du revenu imposable. Nous affinons notre analyse en regardant le premier tiers du dernier décile. Ce groupe est davantage susceptible de profiter des frais kilométriques car il a des revenus plus proches du revenu moyen du 9^{e} décile que de celui du 10^{e} du fait de la très grande dispersion des hauts revenus. Au final, pour cette catégorie, nous observons un gain lié aux frais réels proche de celui du 9^{e} décile : les frais kilométriques n'expliquent donc pas à eux seuls le gain observé à la lecture des données du ministère des Finances (1 618 €). Il y a deux explications possibles : i) les ménages les plus aisés déclarent d'autres frais professionnels et de manière beaucoup plus importante que les autres ; ii) ces

[150] Ministère des Finances, Simulateur en ligne www3.finances.gouv.fr/calcul_impots/2012/simplifie/, 2012.

[151] L'incertitude entourant cette estimation est élevée. Nous faisons l'approximation que la population française est composée de quatre types de ménages (29 % de mariés sans enfants, 32 % mariés deux enfants, 29 % célibataire et 9 % adulte avec un enfant). Pour chaque ménage-type, les gains sont calculés par décile de revenu. On calcule ensuite une moyenne pondérée par décile. Ce résultat est multiplié par le nombre, réel, de ménages déclarant les frais réels sur chaque décile afin d'obtenir le coût total des frais kilométriques.

[152] Cela peut apparaître contre-intuitif avec ce que l'on a dit précédemment, c'est-à-dire que c'était les plus pauvres qui étaient « éjectés » loin de leur travail, mais il faut avoir à l'esprit qu'ici nous parlons en moyenne sur tous les français, alors que précédemment nous étions dans une vision marginaliste, celle des accédants. Par ailleurs, la question n'est pas de savoir si les ménages modestes vont plus loin que les ménages aisés, mais bien de savoir s'ils sont contraints à se mettre dans une situation qui dépasse leur capacité, une situation de vulnérabilité.

ménages indiquent des coûts et distances plus élevées que celles indiquées dans les données statistiques.

Quel est l'effet en termes d'incitation et de soutien aux ménages vulnérables de ce dispositif ?
Ménages du 1er, 2ème et 3ème décile, c'est-à-dire des ménages pauvres et modestes (Mouillart, 2012) : ces ménages paient peu d'impôts, les frais réels n'ont donc à priori pas d'effets incitateurs, ni d'effet de soutien. Les autres mécanismes urbains sont à l'œuvre, en particulier le PTZ, et entre 100 000 et 150 000 de ces ménages accèdent à la propriété par an dont 45% dans des communes de moins de 5 000 habitants, principalement rurales (Mouillart, 2012). Ces ménages s'éloignent pour accéder à la propriété, et supportent très probablement des taux d'efforts importants pour se déplacer. **Le dispositif des frais réels n'est pas une solution pour ces ménages.**

Ménage du 4 ou 5ème décile, c'est-à-dire un ménage moyen modeste (Mouillart, 2012) : les frais réels fonctionnent et apporteraient environ 200€ par an de déduction fiscale (couple marié deux enfants), il y a donc à la fois un effet incitatif et un effet de soutien. Si l'on se place dans une analyse économique théorique (modèle monocentrique d'Alonso), la réduction du coût[153] marginal de transport lié à l'introduction des frais réels conduit les ménages à s'éloigner pour profiter d'un prix du foncier moins élevé. L'économie réalisée sera soit réinvestie dans une consommation plus importante de foncier, soit dans les autres biens (bien composite). Cet arbitrage dépendra du rapport entre l'utilité marginale de consommation du sol et l'utilité marginale de consommation des autres biens. Pour un ménage fortement contraint, il est probable que l'utilité marginale de consommation des autres biens soit plus importante. Ainsi, dans le cas où le choix de la taille de la parcelle le permet (dans certains communes le PLU impliquera des parcelles importantes pour construire sa maison individuelle mais cette situation a généralement évolué[154]) les frais réels pourrait avoir un effet de soutien aux ménages vulnérables, en leur permettant de réduire leur niveau de contrainte, à un niveau de prix donné du carburant. En prospective et avec une fluctuation de ce prix, **ce résultat est toutefois très incertain**, car le coût marginal de déplacement pourrait largement augmenter et annuler le gain en foncier.

Fondamentalement, cette mesure est un dispositif statique qui ne propose pas d'amélioration et ne nous place pas sur une trajectoire vertueuse qui verrait le niveau de contrainte baisser. Elle encourage un *statu quo* peu compatible avec les objectifs environnementaux et le contexte de hausse des prix de l'énergie. Ainsi il est clair que la mesure n'est pas correctement adaptée au niveau de contrainte des ménages. Les frais des ménages aisés, davantage remboursés que les autres, sont pourtant plus souvent le fait de préférences individuelles que pour les autres ménages. Il est clair que les ménages pauvres et modestes ne bénéficient quasiment pas de cette aide. Ce n'était pas la

[153] Pour chaque kilomètre parcourus en plus, la déduction fiscale augmentera, le coût marginal de déplacement est donc inférieur avec l'introduction des frais réels, le déplacement est subventionné. L'équation d'équilibre est p'(D)*S=C'(D), p est le prix du foncier et dépend de la distance au centre, S est la surface de foncier, C est le coût de déplacement, on dérive par rapport à la distance, (hypothèse sans préférence pour la centralité). Avec les frais réels, C' la dérivée du coût au km, diminue, donc à S constant, le ménage va plus loin pour profiter de p(D) décroissant et trouver une parcelle moins chère.
[154] Dans le département de l'Ain, sous l'influence urbaine de Lyon, la taille de parcelle minimale pouvait être de 2000m2 dans certaines communes rurales.

finalité première du dispositif (principe fiscale d'imposition sur le revenu net) et cela se vérifie par l'analyse. Par ailleurs, on peut se demander si le soutien apporté aux ménages de la classe moyenne inférieure, identifiés comme vulnérables à des hausses des prix des carburants est adéquat. Plus généralement et au-delà de notre propre problématique, il est utile de replacer la mesure dans le cadre d'une réflexion plus large sur le système fiscal français, car la manière dont ce dispositif pourrait être réarticulé aux politiques urbaines et à la planification en dépend. Les travaux de Piketty, et al. (2011) ont mis en avant le caractère inéquitable de la fiscalité : alors que le taux global d'imposition devrait progresser avec le revenu des ménages, celui-ci ne progresse quasiment plus à partir du 5^{e} décile et décroît de manière significative à partir des 5 % les plus riches. La déduction des frais réels renforce cette régressivité. Plus de 5 millions de personnes[155] utilisent les frais réels. Ceci révèle des formes urbaines génératrices de longs déplacements quotidiens et l'importance de cette mesure dans un tel contexte (rappelons qu'il faut dépasser les 10% de son revenu imposable pour déclarer au réel).

3.5 Comment pourrait-on réformer les frais réels et mieux les articuler à la planification territoriale ?

Les frais réels doivent soutenir les ménages qui en ont réellement besoin. De plus la mesure ne doit pas contrevenir à l'objectif de progressivité de l'impôt ni aux autres outils de la politique environnementale. En règle générale, la mesure doit être mieux coordonnée avec les autres outils de la politique publique et être compréhensible aux yeux des citoyens. Remplir tous ces critères à la fois pose une double question : celle des modalités d'une réforme à la marge des frais réels ; et celle d'une réforme des dispositifs d'aides aux ménages précaires dans le cadre d'une réforme plus large de la fiscalité.

Une première option de réforme passerait par un plafonnement du barème kilométrique et du niveau de revenu. Le projet de loi de finances pourrait redéfinir le barème kilométrique applicable aux frais réels. Comme nous l'avons montré, le barème actuel contredit les outils de la politique environnementale et bénéficie davantage aux ménages aisés. A très court terme et pour limiter les incohérences actuelles, il conviendrait de fixer un seuil au-delà duquel une voiture plus énergivore ne rapporterait pas davantage de déduction fiscale aux ménages. Cette limite pourrait être le seuil des 7 CV[156] (au-dessus duquel on compte seulement 15 % des véhicules particuliers, ENTD, 2008). Ce plafonnement sera d'ailleurs retenu à l'automne 2012 dans le projet de loi de finance.

Mais, si l'objectif des frais kilométriques est d'aider les ménages réellement dans le besoin, la conditionnalité devrait combiner un critère revenu à d'autres critères plus locaux (présence de transports en commun, etc.). Or il n'est pas possible de penser cela en dehors d'une réforme systémique de la fiscalité et des outils de la politique d'accompagnement des ménages précaires. En restant dans le cadre de la niche on ne ferait qu'ajouter de la complexité au système actuel, qui

[155] Déclaration des revenus 2009, France entière « effectifs », http://www2.impots.gouv.fr/documentation/statistiques/2042_nat/Impot_sur_le_revenu.htm

[156] Il existe des voitures familiales en dessous de ce seuil : comme le Scenic 7 places DCI 110 fait 6CV fiscaux.

souffre déjà d'une abondance d'abattements de crédits et autres dégrèvements (Conseil des prélèvements obligatoires, 2011).

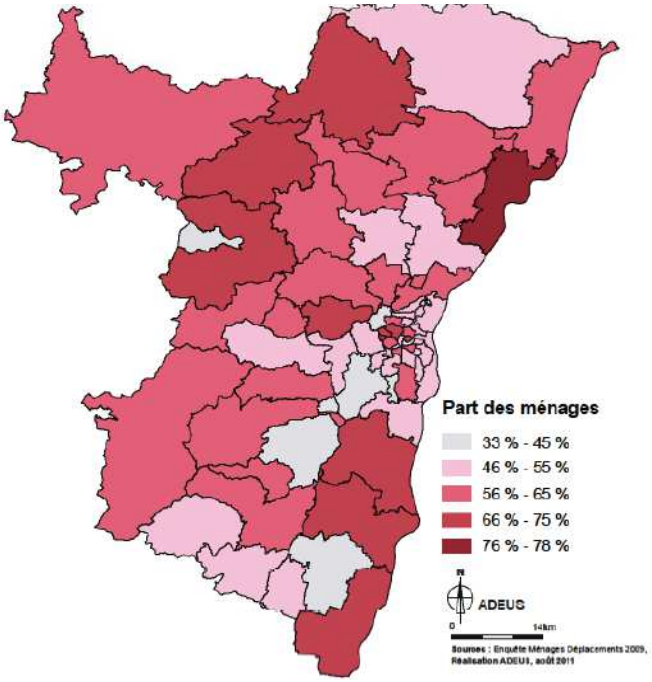
Une deuxième option pourrait être de supprimer les frais réels et penser la mesure dans une réforme plus large de la fiscalité et des politiques publiques en particulier les politiques territoriales.[157] Dans le cadre d'une réforme plus large de la fiscalité, qui réaffirmerait la progressivité de l'impôt et réexaminerait la justification et le coût des niches fiscales, les frais réels pourraient laisser place à des mesures ciblées d'accompagnement des frais professionnels des ménages les plus contraints. Ceci aurait l'avantage de rendre plus efficace et plus visible aux yeux de la collectivité ces mesures d'accompagnement qui coûtent cher à l'État et qui ne bénéficient pas forcément à ceux qui en ont besoin. La suppression des frais kilométriques nécessite donc de reposer la question des inégalités et de la fiscalité dans le cadre d'une économie où les prix de l'énergie augmentent tendanciellement. Quelles variables retenir pour satisfaire à l'exigence de justice sociale et aux contraintes de l'appareil statistique ? Cette question est délicate et nécessite davantage d'approfondissements. Mais il est clair que cette remise à plat devra se faire en cohérence avec les outils aux mains des collectivités locales pour l'aménagement du territoire. Nous avons vu que les frais réels constituent d'une certaine façon une politique urbaine *implicite.* En subventionnant de manière indirecte les coûts de déplacements, ils rendent plus accessibles la périphérie et peuvent ainsi favoriser son développement. Or cette niche fiscale a le défaut de traiter de manière très générale une question où la dimension égalitaire et territoriale devrait être étudiée plus finement. **Une politique *explicite*, dirigée vers les ménages précaires ou vulnérables, ne devrait-elle pas être gérée par les collectivités locales et articulée à la planification ?**

En effet l'identification des zones et des types de ménages les plus contraints est disponible localement[158] et s'inscrit plus largement dans une connaissance du territoire par les acteurs locaux. Le travail mené par l'Adeus est une illustration très intéressante de cette idée et permet d'identifier des zones de vulnérabilité. Leurs calculs permettent de plus de faire une simulation prospective avec un coût de l'énergie plus élevé. Les seuils choisis dans cette étude peuvent bien sûr être discutés. En effet en choisissant 35% du budget pour le logement, 20% pour les déplacements et 10% pour les charges liées au logement, 56% des ménages du département dépassent l'un de ces seuils. Cela représente une part probablement trop grande de la population. Le seuil des 50% du budget paraitrait plus pertinent, 36% des ménages du département seraient alors en dépassement du seuil.

[157] Par ailleurs, dans le cadre d'une réflexion plus générale sur la prise en charge par l'État des frais professionnels des salariés, on pourrait également questionner le forfait de 10 % applicable à tous les contribuables. Les très hauts revenus, supérieurs à 1 000 000 d'euros par an, voient leur revenu imposable déduit de 100 000 euros automatiquement, au titre de leurs frais professionnels. Or il est peu probable que leurs frais professionnels dépassent cette somme.

[158] Les études citées s'appuient sur les EMD, Enquête Ménages Déplacement, menées à l'échelle des aires urbaines.

Figure 95 : Part des ménages consacrant aujourd'hui plus de 35% de leur budget aux logements et déplacements (y compris charge).



Source : (Adeus, 2011)

Cette logique d'identification de zones de vulnérabilité serait tout à fait cohérente avec la logique du SCOT. Comme le note Miquel (2012) le SCOT peut « déterminer des secteurs dans lesquels l'ouverture de nouvelles zones à l'urbanisation est subordonnée à leur desserte par les transports collectifs. Il peut surtout définir des secteurs dans lesquels l'ouverture de nouvelles zones à l'urbanisation est subordonnée à l'obligation pour les constructions, travaux, installations et aménagements de respecter des performances énergétiques et environnementales renforcées». Dans cette perspective on pourrait imaginer une planification guidée par une analyse de la vulnérabilité potentielle et qui traduirait celle-ci dans des orientations d'urbanisme. De plus, les collectivités perçoivent déjà le Versement Transport versé par les entreprises pour le financement des transports publics urbains. Dans la perspective de revoir les modes de financements de la mobilité de manière globale, et non mode par mode, une partie ou la totalité de la dépense fiscale associée aux frais réels pourrait donc être redirigée vers les territoires. Les collectivités locales pourraient indexer le niveau de soutien suivant l'offre de transport public (transports en commun ou nouvelles offres de mobilité) et ainsi favoriser le développement urbain dans les zones souhaitées. Il s'agirait de sortir de la logique statique et uniforme des frais réels. Cette politique devrait être incitative dans le bon sens pour les primo accédants, en orientant vers les zones les mieux desservies où des politiques d'aménagement seraient mises en place et en dissuadant l'urbanisation dans d'autres zones. Elle devrait aussi davantage soutenir les ménages en situation de vulnérabilité, identifiés grâce aux analyses de données locales. Cette politique serait donc différenciée entre les futurs accédants et les vulnérables actuels. Dans le même temps les sommes versées aux ménages aisés seraient réduites pour que la dépense globale soit stable.

Cela est-il faisable ? En particulier cela ne poserait-il pas des problèmes d'équité entre les ménages ? Il faut bien comprendre qu'aujourd'hui, la forte subvention aux transports en commun (l'usager ne paie que 25% du coût à Grenoble et il existe de plus des tarifs sociaux) représente une sorte d'équivalent aux frais réels, pour les ménages disposant d'une solution transports en commun satisfaisante pour leurs déplacements quotidiens. L'agglomération (donc les contribuables), le département ainsi que les entreprises de l'agglomération, subventionnent l'utilisation des transports en commun pour les ménages qui peuvent et souhaitent les utiliser. Cela soulève aussi des questions d'équité. On le voit en particulier lors du choix d'un tracé d'une nouvelle ligne de tramway. Ce choix génère forcément des inéquités entre ceux qui seront bien desservis et les autres. Cette inéquité est acceptable si le choix du tracé est dicté par la volonté de maximiser l'utilité globale pour la collectivité. On pourrait donc imaginer une solution équivalente pour les déplacements en voiture, avec une différenciation par zone, poursuivant le même objectif. Quant à la différenciation entre les ménages déjà installés, pour lesquels l'aide serait conservée, et les ménages qui souhaiteraient s'installer pour qui l'aide n'existerait pas, pose-t-elle un problème d'équité ? Il nous semble que la coexistence de différents régimes suivant la date d'entrée dans le système existe dans d'autres domaines (par exemple dans le système des retraites ou les tarifs d'Edf qui ont évolué progressivement) et pourrait donc être organisée.

D'autres approfondissements seraient nécessaires pour identifier les dispositifs concrets, existants ou non, qui pourraient servir de support à cette politique et les conditions juridiques de leur faisabilité.

Toutefois force est de constater que la gouvernance nécessaire pour mettre en œuvre une telle politique n'existe pas aujourd'hui au niveau de l'aire urbaine. Il n'y a pas d'autorité qui puisse redistribuer sous condition aux ménages ce que l'Etat dépense aujourd'hui pour les frais réels. Nous revenons à l'absence d'un pilote territorial identifié lors de notre analyse des coûts d'urbanisation dans le chapitre 3. Est-ce que la région pourrait jouer ce rôle à une échelle plus large que l'aire urbaine ? Cela serait cohérent avec la logique d'un schéma régional de la mobilité et plus largement avec la tendance à renforcer cet échelon. Toutefois il nous semble que les conditions sont encore loin d'être réunies pour cela.

4. Conclusion.

Dans ce chapitre nous avons mis en évidence la problématique de la vulnérabilité énergétique liée à la mobilité. Nous avons montré l'importance de cette question, nous avons aussi mis en avant le rôle de la fabrique urbaine dans ce phénomène, en particulier en analysant la part du logement dans le budget des ménages. Cela nous a conduits au défi de réorienter la fabrique de la ville sans aggraver les vulnérabilités existantes : cela constitue un défi pour la planification, et plus largement pour la transition énergétique. Pour aller plus loin dans notre compréhension des mécanismes d'incitation et de soutien, nous nous sommes intéressés au dispositif fiscal des frais réels et nous avons montré que ce dispositif n'était pas satisfaisant. D'une part le barème de remboursement des frais kilométriques, qui favorise les véhicules énergivores, est en contradiction avec les politiques de lutte contre les émissions de polluants. De plus, en remboursant les longs déplacements domicile-travail, la mesure contrevient aux politiques d'aménagement du territoire visant à limiter l'étalement urbain. Enfin, les

frais réels ne sont pas au service de la protection des salariés les plus vulnérables, c'est un dispositif statique et uniforme spatialement, qui coûte cher à l'Etat. Il s'agirait donc de réformer ce dispositif.
Par ailleur les collectivités locales devraient avoir un rôle important dans les outils de réduction de la vulnérabilité. D'une part car cette politique doit être articulée à une connaissance fine du territoire disponible localement. D'autre part, elle pourrait être associée aux politiques de transport et d'aménagement afin d'orienter vers les zones privilégiées par la collectivité et de détourner des zones créant le plus de vulnérabilité. La mise en place de tels dispositifs nécessiterait une gouvernance à l'échelle de l'aire urbaine au moins capable de recycler la dépense fiscale liée aux frais réel : cette gouvernance n'existe pas aujourd'hui. Enfin, une telle politique nécessiterait une démarche de planification donnant une plus grande importance à l'analyse économique, dont nous avons tenté de montrer l'intérêt dans ce chapitre.

Chapitre 9 Comment renforcer la place de l'analyse économique pour mieux planifier la ville durable ?

Ce chapitre traitera cette question du renforcement de l'analyse économique dans la planification de la ville durable suivant trois dimensions. La première dimension concernera le calcul économique. Il s'agira de faire un point sur les débats et les critiques du calcul économique. Il ne s'agit pas d'être exhaustif dans ce domaine qui est très abondant, mais de nous concentrer sur les éléments les plus pertinents pour notre objectif de comprendre comment renforcer l'analyse économique dans la planification. Ainsi nous nous focaliserons sur la question de son utilisation dans les processus de décision : elle ne va pas de soi et doit être organisée. Ceci constitue un enjeu pour la planification. Nous essayerons de comprendre à quelles conditions le calcul économique peut être utilisé et utile. La seconde dimension concernera la modélisation urbanisme transports et la façon dont les collectivités locales pourraient s'en saisir. La troisième dimension concernera plus directement la planification territoriale et la façon dont elle pourrait évoluer afin de faire une plus grande place à l'analyse économique.

1. Les limites du calcul économique dans le champ du transport urbain.

Nous avons vu dans le chapitre 6 que c'est dans le domaine du transport et sous l'influence des économistes d'Edf, que furent développé et appliqué les premiers calcul de rentabilité à la fin années 50 (Abraham, 2007). Le transport constituera dès lors un domaine important d'application du calcul économique afin d'analyser l'usage de l'argent public et il est aujourd'hui encore un élément central. Dès ses débuts, de nombreuses questions et critiques ont été soulevées suivant différentes dimensions. On a par exemple remis en question la crédibilité des méthodes mises en œuvre. On a ainsi mis en cause sa capacité à bien représenter la dimension temporelle du calcul, ce qui revient à une discussion sur les hypothèses de taux d'actualisation, mais aussi sa capacité à bien représenter les éléments non monétaires. Nous avons vu dans le chapitre 6 que ces questions techniques, sans toutefois être pleinement résolues (les évaluations des valeurs tutélaires étant par nature incertaines), admettaient des solutions normalisées permettant de travailler de manière satisfaisante. Mais bien d'autres dimensions sont discutées et aujourd'hui encore, (et peut-être pouvons-nous dire plus que jamais), le calcul économique est sujet à de nombreux débats et remises en cause (Maurice, 2008). L'objectif de cette partie n'est pas de détailler l'ensemble de ces critiques mais de prendre connaissance d'un certain nombre de points dans le vaste domaine de l'évaluation du transport, de ce qui nous est nécessaire pour aborder notre question spécifique du rôle possible de l'analyse économique dans la planification.

1.1 Une certaine inadéquation avec les questions urbaines actuelles.

La méthode du bilan, initialement développée pour l'interurbain, pose un certain nombre de difficultés dans son application dans un contexte urbain (Mercier, 2008) (Certu, 2002). Nous les détaillons ci-après.

1.1.1 La domination du temps est-elle légitime ?

La méthode mise en œuvre pour évaluer les projets de transport est centrée sur les gains de temps, qui de fait dominent nettement les autres composantes, donnant l'impression de les reléguer à un rôle de figuration (Chevasson, 2007) (Mercier, 2008). Or empiriquement il est difficile de dire que les projets de transport ont réellement fait gagner du temps (Metz, 2008), puisqu'on observe que la durée moyenne de déplacement est conservée. De plus ce n'est pas toujours un objectif souhaitable, en tout cas pas à n'importe quelles conditions, car les gains de temps ont souvent conduit à l'étalement urbain. Enfin, le temps n'est pas le seul élément valorisé par les usagers (Mercier, 2008).

Plus fondamentalement, nous assistons à un changement de paradigme. Nous pouvons actuellement observer « une remise en cause assez fondamentale des gains collectifs associés à la vitesse [..], en matière de mobilité urbaine » (Crozet, 2004) et « Cela entre apparemment complètement en contradiction avec le calcul économique ». Banister, (2008) fait le même constat et note qu'il y a une contradiction entre le désir d'augmenter les vitesses et celui de ralentir les parcours automobiles: « *For evaluation purposes, much of the user benefit (often over 80% of total benefits) is derived from the savings in travel time and the desire to travel faster. [..] there does seem to be an inconsistency in the travel timesavings argument within cities, where much effort is now going into slowing traffic down for environmental and safety reasons* ».

Or cette question nous ramène directement à des choix tutélaires en matière de valeur du temps et cela rejoint notre discussion sur la valeur du temps d'attente. Crozet (2004) considère que ces valeurs tutélaires doivent être discutées, que des analyses de sensibilité doivent être réalisées, car il y a toujours une incertitude sur les préférences collectives actuelles et futures, qui fonde la pertinence de la valeur tutélaire choisie. La question de la valeur d'attente en est une bonne illustration : dans une situation où le temps d'attente est affiché de manière fiable, dans un environnement urbain agréable (y compris station) et avec la possibilité de valoriser ce temps grâce à son smartphone, la logique de le pénaliser fortement dans le calcul économique ne va pas de soi. Les préférences collectives évoluent avec les innovations technologiques et leur appropriation par la société.

La question du temps montre enfin que l'analyse des politiques d'urbanisme ne doit pas être négligée. En effet il est clair que l'analyse coût-avantage d'un projet de transport doté d'une longue durée de vie ne peut pas reposer uniquement sur une estimation des gains de temps à court terme (Metz, 2008). Et pour analyser à plus long terme les gains de temps possibles, il est nécessaire d'associer à l'exercice de calcul économique une prospective des trajectoires urbaines, ou une simulation transport usage des sols comme nous l'avons fait. Cela ne va pas forcément de soi dans les méthodes actuelles de calcul économique.

1.1.2 Analyse de la performance d'un réseau ou analyse de l'accessibilité d'un territoire ?

Fol et Gallez (2013), observent que dans le champ du transport, « les méthodes d'analyse ou d'évaluation mettent l'accent sur une conception étroite de l'accessibilité, centrée sur les mesures de performance des réseaux ». Le calcul économique classique ne permet pas toujours de prendre en compte la réorganisation spatiale des ressources (suivant si l'on a formulé des scénarios urbains ou non) et elle ne rend pas bien compte des gains en accessibilité. En effet « Une mesure idéale de l'accessibilité devrait ainsi prendre en compte […] l'organisation spatiale des opportunités, celle des performances du système de transport, celle de l'organisation temporelle des opportunités et des individus (horaires des activités, emplois du temps individuels) et enfin celle des individus ». Cette absence de price en compte est particulièrement dommageable pour l'analyse des inégalités sociales et de l'effet du projet de transport sur celles-ci. Au fond, Fol et Gallez (2013) identifient une « relative confusion entre les termes d'accessibilité et de mobilité », ce qui explique qu'on place souvent l'accessibilité comme un objectif d'un projet de transport en commun urbain, dont la pertinence sera pourtant prouvé par un bilan socio-économique centré sur la mobilité et la performance du réseau. Cela amène un certain nombre d'équipes françaises à développer des approches par l'accessibilité, qui restent à leur début en France, alors qu'elles sont déjà bien utilisées dans le monde anglo-saxon[159]. On peut par exemple citer les travaux de Crozet et de son équipe (Crozet, Ovtracht et Thiebaut, 2009 ; Crozet, Mercier et Ovtracht, 2010). Les méthodes d'accessibilité peuvent toutefois paraître plus complexes à mettre en œuvre (différentes dimensions de l'accessibilité) (Fol et Gallez, 2013), et plus difficiles à utiliser dans le cadre des débats publics, en particulier car elles permettent de bien identifier qui perd et qui gagne suite à une réorganisation du réseau de transport, ce qui n'est pas toujours le plus facile à gérer pour obtenir l'adhésion à un projet.

1.1.3 Quelle est sa capacité à traiter les questions d'acceptabilité et d'équité ?

Dans la même suite d'idée, on peut regretter que le calcul économique type bilan ne produise généralement pas de différenciation en fonction des individus : on n'identifie pas de gagnants et de perdants, car on n'obtient qu'un seul chiffre de bilan pour la collectivité. Cela participe au discrédit du calcul économique (Chevasson, 2007). Toutefois, ces limitations peuvent être levées. D'une part la capacité à redistribuer du pouvoir public doit permettre de mettre en œuvre de la compensation. D'autre part, il est tout à fait possible de spécifier les bilans afin de mieux faire apparaitre les gagnants et les perdants (c'est par exemple ce que nous avons fait pour le péage urbain dans le chapitre 7, et voir aussi Raux, et al., 2007). Toutefois faire en sorte que la révélation des gagnants et des perdants ne ruine pas toute chance de trouver un compromis et de prendre la décision constitue clairement un enjeu important pour la démarche de planification.

[159] Discussion lors d'un séminaire dans le cadre de la conférence Futurs Urbains Enjeux interdisciplinaires émergents pour comprendre, projeter et fabriquer la ville de demain, Atelier : Quelle gouvernance face aux nouvelles vulnérabilités ? 17/01/2012

1.1.4 L'infrastructure de transport comme outil d'urbanisme : mais quelle traduction dans le calcul économique ?

La question qui se pose ici est celle de la capacité du calcul économique à représenter les dimensions urbaines en jeu lorsqu'une collectivité décide d'investir dans un TCSP. Le projet d'extension de Bordeaux, et les études faites pour l'enquête d'utilité publique, fournissent un exemple intéressant pour illustrer cette discussion. Les gains de temps ne semblent pas l'objectif prioritaire, ils ne figurent pas explicitement dans les objectifs recherchés, de nombreux autres impacts et bénéfices socio-économiques sont aussi recherchés. Nous pouvons les citer (CBBB, 2011):

« • Le programme va accompagner le développement démographique et s'inscrire dans une stratégie de densification des axes de transport et de limitation de la périurbanisation, conformément aux axes stratégiques du PLU ;

• Le programme va stimuler les quartiers traversés, en desservant des pôles d'emplois importants et des zones d'activité économique ;

• Le programme va compléter le réseau actuel et contribuer à rééquilibrer les dessertes de transport à l'échelle de l'agglomération, en homogénéisant les niveaux de service ;

• Le programme va renforcer l'importance du report modal de la voiture particulière vers les transports collectifs (déjà largement observé lors des premières phases de déploiement du réseau), et les bénéfices socio-économiques et environnementaux qui en découlent ;

• Le programme améliore la desserte de quartiers prioritaires et zones d'habitat social, ainsi que l'accessibilité à l'emploi et l'environnement urbain de ces quartiers…»

Ces éléments sont décrits dans les études d'impacts (pièce n°6) : ils ne font pas toutefois pas l'objet d'une évaluation détaillée. Est-ce que cela permettrait de fonder la pertinence du projet au même titre que le bilan socio-économique ? Est-ce que la preuve est assez détaillée pour qu'elle puisse être discutée, réfutée ou acceptée comme robuste, comme peut l'être le bilan socio-économique ? Par exemple on explique que les quartiers sociaux vont être desservis, mais on ne va pas jusqu'à mesurer un gain d'accessibilité qui permettrait de le prouver et de le détailler (l'analyse de l'accessibilité ne devrait d'ailleurs pas se contenter de l'analyse du transport mais aussi de celle de la localisation des ressources[160]). Un autre exemple : la méthode qui a permis les prévisions de populations et d'emplois n'est pas détaillée, il n'y a pas un relevé des opérations d'urbanisme ni le recueil des potentiels fonciers. Pour le dire clairement, il n'y a probablement pas les éléments nécessaires qui permettraient de comparer deux projets entre eux sur leurs potentiels effets urbanistiques, comme cela pourrait être le cas pour l'évaluation socio-économique du transport. Il ne s'agit pas d'une analyse multi-critères qui permettrait d'évaluer ensemble la totalité des effets espérés. L'intérêt d'une telle évaluation est bien de pouvoir comparer plusieurs scénarios et de choisir celui qui semble le plus profitable à la collectivité. Au final, alors que les gains de ce projet sont attendus dans de nombreux domaines, la profitabilité du projet repose largement sur l'analyse socio-économique du transport : gain de temps et gain monétaire ainsi qu'externalités. On remarque qu'il n'est pas formulé de scénarios de développement urbain contrastés. Un seul scénario est testé, on évalue l'extension du réseau de

[160] Séminaire Futurs Urbains, Janvier 2013 : exemple donné par un participant où l'arrivée d'une ligne de tramway a permis la délocalisation d'un service public : le gain d'accessibilité n'est alors pas évident.

tramway en y incluant des prévisions de populations et d'emplois qui tiennent compte des effets de densification et des opérations d'aménagement prévus. On n'évalue donc pas l'effet additionnel des effets d'urbanisation dans les bénéfices du tramway en termes de fréquentation et de gain de temps, ceux-ci sont directement intégrés.

L'évaluation socio-économique veut ici se reposer uniquement sur ce qui est prévisible avec des outils de simulation et non sur des effets que ceux-ci ne peuvent pas bien prévoir : les effets urbanistiques. On comprend ce raisonnement, en effet Fristch (2007), à partir de son analyse ex post des effets des tramways à Nantes sur la construction privé conclut en ces termes : « On ne s'indignera donc pas que l'intégration dans les calculs d'utilité économique des effets sur l'urbanisme ne constitue pas une priorité pour l'amélioration de la démarche d'évaluation de projets. ». En effet il ne trouve pas d'effets significatifs du tramway sur la construction de logements collectifs privés dans l'agglomération de Nantes du fait des développements du réseau de tramway. Mais il s'agit ici de sortir du paradigme de la prédiction pour retrouver celui de la prospective. Les limites méthodologiques et scientifiques de la prédiction ne doivent pas détourner la collectivité de la volonté de choisir les projets les plus profitables, selon le plus de dimensions possibles, y compris celles qui sont les moins facilement prévisibles. Comme le rappelle Massé, le calcul économique a simplement vocation à calculer les conséquences à partir des hypothèses choisies (cité dans Abraham, 2007). Par ailleurs le développement urbain n'est pas uniquement quelque chose à *prédire*, mais bien une évolution à *construire* : les politiques urbaines peuvent le mettre en œuvre, dans une certaine mesure, soit par l'intermédiaire de programmes publics type ZAC soit plus généralement par l'intermédiaire de politiques foncières et d'aménagement. Il est donc pertinent d'évaluer les bénéfices d'une trajectoire combinant évolution du transport et de l'espace urbain : il ne s'agit pas d'évaluer les prétendus effets de dynamisation du transport sur l'urbanisation et de tomber dans l'illusion d'un effet miracle de l'infrastructure de transport sur le cadre urbain, mais bien d'évaluer ensemble deux types de politiques publiques. Cela peut passer par l'intermédiaire de scénarios de développement, comme nous l'avons fait. De plus, l'instruction du dossier pourrait constituer la première étape d'une articulation des politiques de transport et d'urbanisme unanimement souhaitée mais toujours délicate à mettre en pratique.

Au-delà de la question de l'évaluation, cela pose toutefois question quant aux compétences du syndicat mixte qui porte le projet de transport et son évaluation. La Cour des Comptes, dans son rapport annuel 2013, (2013) s'intéresse au projet de tramway d'Artois-Gohelle dans le Pas de Calais et pointe ses faiblesses. En particulier, la Cour remarque que dans ce projet « Il s'agit également de conduire, à cette occasion, une opération d'aménagement et de requalification urbaine », car le tramway est conçu comme un outil d'aménagement. Or la Cour observe d'une part que les financements pour les opérations urbaines ne sont pas prévus explicitement dans le plan proposé, dans une situation où le Versement transport ne peut être mobilisé (il finance exclusivement le transport). D'autre part, il observe que le syndicat mixte (AOTU) n'est pas compétent en termes d'urbanisme. La Cours considère donc qu'il faudrait donc élargir les conventions avec les collectivités et fixer leur participation financière. Cet exemple met en relief **la difficulté de justifier un projet de**

TCSP sur la dimension urbaine, à la fois car cela n'est pas facilement prévisible mais aussi pour une question de compétence statutaire et de financement dédié.

Ainsi l'application des procédures classiques de calcul économique aux questions urbaines ne va pas sans difficulté. Mercier (2008) note que les travaux engagés pour adapter le calcul économique au contexte urbain n'ont pas débouché sur un franc succès, le travail permettant de réduire le décalage entre les projets urbains et le calcul économique reste encore largement à réaliser.

1.2 Le paradoxe de la transparence.

Au-delà des questions soulevées précédemment sur les caractéristiques de la méthode de calcul et ses limitations, d'autres traits et limites peuvent être identifiés. En principe, le calcul économique offre l'opportunité de davantage de transparence et d'un meilleur contrôle démocratique sur la décision publique (Crozet, 2004). Avec la double hypothèse que le calcul économique est public et rendu compréhensible au plus grand nombre, et qu'il est effectivement utilisé pour la décision publique, il est capable en effet de « clarifier les processus politiques » (Crozet, 2004) car le citoyen peut comprendre le cheminement et le support de la décision. Toutefois dans la pratique, sa complexité rend difficile l'analyse par les citoyens, il peut alors être appréhendé comme technocratique et réducteur, suscitant une possible méfiance. Dans le même temps, la concertation et le débat public sont de plus en plus importants, depuis la loi d'orientation sur les transports intérieurs (1982) et la loi Barnier (1995), donnant plus d'espaces aux critiques ce qui peut aussi fragiliser le calcul économique (Chevasson, 2007).

De plus, au vu d'un certain nombre d'échecs du calcul économique en France pour les infrastructures de transport, la possibilité de manipulation ne peut être écartée, qu'elle soit technocratique ou politique (Crozet, 2004). Le fait qu'il propose des résultats très clairs – le TRI (taux de rentabilité interne) est unidimensionnel, il dit s'il est oui ou non pertinent de réaliser le projet – mais parfois changeants au fil des réexamens des mêmes projets fragilise sa crédibilité.

Deux exemples récents sont intéressants pour comprendre les difficultés du calcul économique dans le débat public. Dans le cas de l'aéroport de Notre de Dame des Landes, des élus[161] ont demandé une contre expertise de l'analyse coûts-avantages à des chercheurs de l'Université de Delft (Brinke et Faber, 2011) afin d'analyser les résultats des tenants du projet. Cette analyse met en particulier en évidence le fait qu'une valeur du temps beaucoup plus élevée que celle généralement utilisée a été retenu dans l'analyse de base[162]. Aujourd'hui il semble clair que le calcul économique n'est pas capable de constituer une voie de sortie pour une telle situation de contestation. Dans le cas du Grand Paris, c'est une note[163] de l'IAU et de l'Insee (2010) qui décortique les hypothèses du développement économique qui serait induit par les investissements dans les infrastructures de transport (hypothèses présentes dans l'étude d'impact ainsi que dans les déclarations des porteurs de projet). Leur analyse montre que « l'ampleur des effets attendus de leur développement a de quoi surprendre [..] D'un côté,

[161] Commande du CédPa, Comité des élus qui doutent de la pertinence du projet

[162] Nous remarquons que le rapport de la commission du dialogue, 9 avril 2013, n'aborde pas ce point. Cela signifie-t-il que le calcul économique est de toute façon mis en marge du débat ?

[163] A notre connaissance, cette note n'a pas été officiellement publiée.

les effets attendus reposent sur une rupture dans le rythme des créations d'emplois et sur une déconnexion de ce que l'on peut augurer de l'évolution démographique nationale et également de la région capitale. De l'autre, les conséquences territoriales sur la population active, le marché du travail, l'immobilier de bureaux et la compacité de l'agglomération prêtent à de fortes interrogations. » (IAU et Insee, 2010). L'analyse de (Crozet, 2013) va dans le même sens, en expliquant qu'il faut se méfier de liens mécaniques de causalité entre amélioration de la mobilité (accroissement des vitesses) et croissance économique, et que le potentiel de développement autour des gares a été surévalué. Ces deux exemples illustrent le doute qui peut exister dans les démarches de calculs économiques en soutien de projets publics. Cet ensemble de raisons peut faire que le calcul économique est souvent contourné (Crozet, 2004), « rejeté dans le « monde » des experts », avec le risque qu'il soit à la fois ignoré par les décideurs, impliquant des décisions uniquement basée sur des critères politiques, ou ignoré par le débat public, car sa dimension technocratique favoriserait une perception anti-démocratique et car ses résultats seraient jugés comme douteux.

1.3 Un rôle probablement limité du calcul économique pour la décision dans le cas des projets de tramway.

L'évaluation socio-économique est un des éléments du dossier d'enquête préalable à la Déclaration d'Utilité Publique (DUP) des projets de TCSP. Dans le chapitre 7, nous avons analysé les calculs réalisés pour les projets de tramway à Bordeaux et à Grenoble. De par les choix d'hypothèses du calcul économique ainsi que par sa structure, il apparait de manière relativement claire qu'il n'a pas joué un rôle prépondérant pour prendre la décision mais bien plutôt pour la justifier à posteriori. Dans le cas de Bordeaux il y a un grand décalage entre les motivations du projet, qui sont avant tout dans le domaine de l'urbanisme, et le calcul économique, qui repose majoritairement sur les gains de temps. Dans le cas de Grenoble (ligne E mise en service en 2014), l'ensemble des hypothèses très optimistes implique un résultat extrêmement positif du bilan et cela incite à penser qu'il n'y a pas eu une réelle volonté d'estimer les avantages du projet pour guider des décisions. Dans les deux cas la faiblesse d'analyse d'alternatives pertinentes limite dès le début les velléités de réflexion, de même que le manque d'analyse des hypothèses et des incertitudes. Il est très probable que le travail d'analyse avec plusieurs alternatives soit restreint à l'analyse de fréquentation, avec différentes possibilités de tracés, mais qu'il ne prenne pas la forme d'une analyse économique. Nos entretiens avec le SMTC de Grenoble confirment cette logique. D'une part cette évaluation n'a pas été réalisée en interne mais par un groupement de bureaux d'études, et a été pilotée par le service Investissement. En effet l'élaboration du DUP est un travail conséquent (rapport de plus de 500 pages) et est confié à des bureaux d'études spécialistes de cette question. Les études préalables sont elles élaborées en interne, dans le service Développement. Cette segmentation traduit probablement la nature différente des deux exercices, d'un côté l'étude technique, de l'autre un exercice plus administratif pour la DUP. Dans les études préalables, on analyse les variantes de tracés, le nombre de stations… mais cela ne prend généralement pas la forme de bilan socio-économique. On est davantage dans une logique multicritères. Ces études conduisent à fixer le tracé final et l'offre de lancement. Le dossier de DUP est réalisé ensuite sur cette base. L'évaluation économique qu'elle

contient n'est donc pas utilisée comme un élément de choix. Le constat de Demongeot (2008) dans son étude du tram 3 de Grenoble (mise en service en 2006) confirme notre analyse : « l'évaluation socio-économique est intervenue *après* le choix définitif du tracé, pour répondre aux obligations légales », contrairement à l'autre étude de cas considéré, celui de Dublin, où le calcul économique a pu jouer un rôle dans les études. Cela ne signifie pas que le choix du projet d'infrastructure ne se fonde pas sur une analyse rationnelle des avantages et des inconvénients, mais simplement que le calcul économique n'est pas un outil prépondérant pour cette analyse. A Grenoble, la réflexion qui a conduit au choix de la ligne a pu s'appuyer sur une forte culture de la modélisation, qui a pris en particulier la forme d'une analyse prospective des différentes options de développement d'infrastructure à horizon 2025, même si cela ne prenait pas la forme de bilans socio-économiques pour comparer les alternatives. Le coût n'est pas l'indicateur principal : la fréquentation des transports en commun, la baisse du trafic automobile sont plus centraux. Peut-on y voir une influence de l'outil d'analyse, en l'occurrence le modèle Visum, qui fournit un support moins directement adapté que TRANUS pour la production d'analyse économique ? Ou est-ce simplement la logique de la commande politique et de la pratique qui joue ? Par ailleurs, le CERTU (2002) fait le bilan suivant de l'application du calcul économique pour les projets TCSP : « les pratiques apparaissent très hétérogènes, voire contradictoires, rendant impossible la comparaison » et l'évaluation pratique des avantages se fait sur des hypothèses simplifiées. Ainsi le Certu (2002) formule des recommandations pour « améliorer la rigueur des évaluations [..] manquant de doctrine et de méthode ».

Il est ainsi probable que l'évaluation socio-économique soit faite pour répondre à l'obligation de la loi, et non, comme un outil de choix, d'analyse, de planification. Les constats précédents, indiquant un risque de mise sur la touche du calcul économique, semble se vérifier. Les explications sont probablement à trouver en partie dans l'inadaptation de l'outil aux questionnements des collectivités, en partie dans la prépondérance de la décision politique dans le cas du renouveau du tramway, avec la volonté des élus de doter sa ville de cet équipement moderne. Avec la décentralisation et le transfert de compétence des services de l'Etat vers les collectivités locales, on peut aussi s'interroger sur le niveau de culture de l'évaluation économique dans les collectivités. Par ailleurs les choix de programmation se font probablement plus naturellement à partir d'une analyse en termes de fréquentation et de modèle de trafic ou multimodaux. A partir de ces différents éléments, il semble clair que nous sommes assez loin de la logique de l'Instruction cadre qui fait du bilan socio-économique le cœur du processus de décision, « le noyau des données dont le décideur a besoin pour prendre sa décision » (METLTM, 2005), formant une sorte de tandem avec la concertation qui viendrait « en amont et en aval de cette évaluation pour à la fois compléter et mettre en perspective le noyau constitué par l'évaluation ».

1.4 Que dire de notre propre travail d'analyse et de ses limitations ?

Notre travail consistait à calculer des coûts de réduction à la tonne et non à produire une analyse détaillée des politiques de mobilité. Pour calculer ces coûts, la production de bilan économique était donc centrale. Néanmoins, nous voulions que notre analyse des politiques climatiques locales s'insère dans la planification urbaine, qu'elle permette une analyse systémique des actions entreprises sur le fonctionnement de la ville, afin d'enrichir une stratégie climatique réellement urbaine. Par rapport aux

limitations de la méthode des bilans, dont nous avons décrit quelques critiques, notre méthodologie apporte un certain nombre d'avancées importantes :

- Nous articulons localisation des ressources (emplois et services) avec les projets de transport : cela est clé pour la question de l'accessibilité.
- Nos projets de transport s'incarnent dans de réels scénarios urbains, qui contiennent en particulier des politiques d'urbanisme afin d'orienter le développement urbain et maîtriser ou non les impacts des projets de transport.
- Grâce à nos différents types de ménages, nous pouvons aller plus loin que le bilan et examiner la distribution des gains et des coûts parmi la population.
- Plus largement, simuler avec TRANUS permet d'avoir une image détaillée du fonctionnement du territoire, c'est un support intégrateur de toutes les informations nécessaires, ainsi les analyses complémentaires, au-delà du simple bilan, sont facilitées.
- Plus largement nous pouvons dire que d'une certaine façon, c'est bien à partir du constat des limites de l'analyse de la ville pour les choix d'investissements dans les infrastructures de transport que les LUTI ont été développés, c'est donc bien l'utilisation de TRANUS qui nous permet de surmonter un certain nombre de limites du calcul économique.

En conclusion de cette sous-partie, nous pouvons dire qu'il existe un certain nombre de limites importantes au calcul économique, en particulier dans le contexte urbain. Ainsi le calcul économique est contesté, déconsidéré, il n'apparait pas comme un élément central de choix. **Un certain nombre des limites techniques peuvent être surmontées**, en particulier la prise en compte d'un certain nombre d'éléments d'urbanisme peut se faire avec un modèle LUTI et dans un cadre prospectif. **Mais des questions plus fondamentales expliquant la contestation du calcul économique demeurent et restent à analyser.**

Le premier point est que l'exercice de valorisation des différents coûts et avantages est nécessairement incertain. Comme nous l'avons mis en évidence dans les chapitres précédents (en particulier chapitre 7), nous sommes bien en présence d'un calcul au « caractère non univoque », (Crozet, 2004). Il s'agit de comprendre de quelle manière cette caractéristique intrinsèque du calcul peut être exploitée dans le cadre de la planification.

Le second point a trait à la légitimité du calcul économique et à son rôle dans la décision, en particulier du fait de la réduction du problème dans la seule rationalité économique qui le caractérise. Nous avons en tête les enseignements de Massé et Boiteux (Abraham, 2007), qui permettent de relativiser une prétendue domination du calcul, en soulignant l'importance du choix des hypothèses dans la démarche et en rappelant son rôle de support à la réflexion et non de critère unique. Mais si cela permet de bien comprendre la juste place du calcul économique dans une vision technique correspondant à leur époque, il est nécessaire de se reposer la question aujourd'hui, avec une problématique d'interface science-décision probablement beaucoup plus délicate qu'auparavant. En effet les pouvoirs politiques sont largement décentralisés et le pouvoir n'appartient plus aux services de l'Etat. De plus la société civile joue un rôle important pour les grands projets. De même que la planification, les processus sont davantage multi-acteurs et la méthode de calcul économique n'est

probablement pas naturelle pour tous ces acteurs. Ces évolutions de la gouvernance incitent à revenir sur la pratique de l'évaluation économique (Godard, 2004).

Pour aborder ces questions fondamentales pour notre problématique, nous allons prendre dans la partie suivante un point de vue plus général que celui du seul domaine du transport. Nous montrerons que l'usage de la connaissance dans la décision ne va pas de soi et nous analyserons quelques pistes d'explications. Nous nous intéresserons ensuite au cas de l'évaluation économique, qui pose des problèmes spécifiques. Il s'agit de comprendre les différents défis afin d'identifier les conditions d'une meilleure utilisation du calcul économique.

2. De la connaissance à la décision politique.

Dans le chapitre 5, nous avions brièvement abordé la question de l'utilisation de la connaissance produite par un modèle en l'analysant par l'entrée de la complexité croissante des outils. Nous avions vu les réserves émises par Sager et Ravlum (2005), identifiant une situation où les modèles ne sont pas réellement utilisés pour la décision, bien que la commande politique pour des outils de plus en plus complexes ne faiblit pas, révélant une sorte de paradoxe : « *political decision makers gather information and do not use it; ask for more information and ignore it; make decisions first and look for relevant information afterwards* ». Notre raisonnement nous avait alors conduits à l'hypothèse que davantage d'efforts devaient être réalisés pour améliorer l'introduction du modèle dans les processus de planification que pour sophistiquer les modèles. Cela était aussi rentré en ligne de compte dans notre choix de modèle. Il s'agit maintenant de revenir plus largement sur cette question de l'usage du calcul économique et de la modélisation et de comprendre la manière de rendre ces outils les plus utiles possibles pour la planification.

Tout d'abord il est clair que le constat de Sager et Ravlum ne s'applique pas seulement aux modèles, mais bien à toutes formes d'outils d'analyse des politiques publiques. Ainsi pour Nilsson et al. (2008), "*More than three decades of policy-analytic research reminds us that the inter-relationship between assessment tools, the evidence they reveal, and their use by policy makers is unlikely to be straightforward*". Les auteurs s'intéressent ainsi à l'usage d'outils d'analyse allant du plus simple (questionnaire, checklist..) au plus complexe (modélisation), en passant par des outils intermédiaires (analyse coût-bénéfice, évaluation de risques), dans le cas de la Suède, de la Grande Bretagne, de l'Allemagne et de la commission européenne. Alors qu'il existe de plus en plus de ces outils, en particuliers les plus complexes, afin de mieux appréhender ce qu'on appelle des « wicked policy problem » (Nilsson, et al., 2008), la conclusion de leur recherche empirique est qu'il n'y a pas une institutionnalisation de l'usage de ces outils. En particulier, les outils les plus complexes sont encore peu utilisés pour les cas étudiés dans leur travail.

Ainsi il y a un fort investissement de ressources dans les outils d'analyse des politiques, alors même que l'expérience, la théorie de science politique et les recherches empiriques suggèrent que l'analyse n'est pas utilisée par les décideurs publics pour mettre en place de meilleures politiques selon Shulock (1999). Bien que l'on ait fait une place de plus en plus grande aux outils d'analyse des politiques publiques, la nature de l'évaluation ainsi que son rôle n'ont pas été correctement conceptualisés, ce qui limite sa portée (Owens, Rayner et Bina, 2004). Nous sommes restés dans une

vision traditionnelle de l'évaluation, avec une logique linéaire entre connaissance et décision, alors que des théories alternatives, critiques d'une vision positiviste de la science, rejettent le concept d'un conseil neutre et objectif, et voient une plus grande complexité à l'interface entre science et politique (Owens, et al., 2004).

Cela conduit à repositionner ces outils d'analyse dans les processus politiques. Il faut sortir d'une vision traditionnelle et linéaire de *problem-solving*, où l'analyse apporterait la connaissance permettant de résoudre le problème politique, dans une analogie avec la recommandation à un client (Shulock, 1999 ; Owens, et al., 2004). C'est bien dans les processus démocratiques que l'usage de la connaissance peut s'exercer, et ce de différentes façons (Shulock, 1999). **Cela montre le besoin de travailler l'interface entre les outils et les processus de décision afin de faire en sorte qu'ils soient plus à même d'être utilisés.** A partir du moment où l'on reconnait que l'évaluation ne peut être neutre et qu'elle doit s'insérer dans les processus démocratiques, alors il est nécessaire de mener une réflexion sur les méthodes et les procédures, afin de s'adapter le mieux possible à l'objectif visé, dans le contexte du processus de décision en jeu. En effet si nous prenons l'exemple du choix d'hypothèses, à partir du moment où ce choix révèle des préférences collectives, il ne peut être neutre, il est de nature politique. Il s'agit donc de construire un cadre permettant de choisir ces hypothèses nécessaires à l'évaluation.

Vecchione (2012) illustre bien cette idée d'une évaluation ne pouvant pas donner une réponse simple et univoque : « *Integrated Assessment Modelling (IAM[164]) has destabilized policy expectations for (scientific) justification mainly because it is impossible for IA models to produce 'evidence' of certain processes that obey a controllable chain of cause and effect due to their complexity. Basically, modelling traces the connections between specific assumptions and specific scenarios but lays no claim to being able to make predictions.*" Dans cette perspective, elle cherche à comprendre le cadre qui peut permettre à l'expertise scientifique produite par ce type de modèle d'être utilisée pour les décideurs publics. Il apparait alors qu'il existe une interdépendance entre les positionnements et les objectifs politiques et les scénarios et hypothèses utilisés dans les simulations (Vecchione, 2012). Vecchione (2012) considère ainsi comme nécessaire de mieux penser l'interface, permettant de mieux utiliser les outils existants.

Il est clair que ce travail n'est pas forcément fait. Nilsson, et al. (2008) remarquent que l'analyse de la façon dont les outils sont utilisés dans les processus de décision a plutôt été négligée par la recherche en politique publique. Par ailleurs les chercheurs qui produisent ses outils ne portent généralement pas leur analyse jusqu'à la question de leur utilisation. Le cas spécifique des évaluations économiques pour la biodiversité montre bien que cela ne constitue pas un point central pour les auteurs (Laurans et al, 2013). En effet cette recherche montre qu'il est très rare que la littérature traite cette question de l'utilisation et que peu de cas où cette connaissance a été effectivement utilisée sont reportés. Pourtant l'utilisation constitue la principale justification du travail d'analyse économique réalisé et plus largement du développement de ce type de méthodologie (Laurans, et al., 2013). Ainsi

[164] "Integrated Assessment Modelling (IAM) refers to a general category of computer models that aim to describe the interactions between human activities, the atmosphere, and natural ecosystems which are relevant to complex issues such as climate change, acid rain, land degradation, water and air quality management, forest and fisheries management and public health" (Vecchione, 2012)

"*The common rule is to present an economic valuation, then suggest that it be used for decision-making, but without this use being either explicited or contextualized, and without concrete examples being provided nor analyzed.* » (Laurans, et al., 2013). S'il y a un consensus pour demander davantage d'"evidence-based policy" en Europe, et si l'on produit ainsi beaucoup d'outils dans cette perspective, Nilsson, et al. (2008) constatent que l'on ne s'interroge que peu sur leur utilisation. Pour ces auteurs, « *Tool developers are concerned with either producing new tools and/or finetuning existing ones but seem inattentive to whether or not they are adopted by policy makers*" (Nilsson, et al., 2008), illustrant ainsi l'hypothèse que nous avions avancée dans le chapitre 5 pour les modélisateurs. Pourtant nous pouvons penser que cette question est fondamentale et aujourd'hui peut-être plus importante que celle de la sophistication des outils. Ainsi on remarque que le constat de Vecchione (2012) sur les IAM rejoint notre raisonnement du chapitre 5 sur les LUTI : en l'état des développements, nous disposons déjà des outils adéquats pour apporter des connaissances utiles à la décision publique, et "*What is currently lacking however is a political understanding of a renewed relationship between policymaking and scientific expertise*."

Nous retenons plusieurs constats et identifions plusieurs pistes d'analyse à partir de cette discussion :

- L'utilisation d'une connaissance scientifique pour la décision politique ne va pas de soi, elle pose des questions théoriques et empiriques.
- L'évaluation ne peut généralement être neutre ou objective.
- Les processus de décision ne doivent pas être envisagés selon une relation linéaire.

❖ Cela invite à davantage s'intéresser à l'interface entre science et décision.

❖ Il faut s'intéresser conjointement à l'objet et à l'objectif visé, dans le contexte du processus en jeu.

❖ Ceux qui produisent les évaluations devraient être plus attentifs à ces questions, car il y un impact sur l'outil et les méthodes, et ce sont eux les mieux placés pour mener ce travail.

Cela forme le contexte général dans lequel nous allons plus spécifiquement nous intéresser à la place de l'analyse économique dans la planification. Il s'agit donc maintenant de nous concentrer davantage sur les évaluations économiques.

3. Trouver la juste place du calcul économique dans les processus collectifs.

3.1 Les défis spécifiques de l'évaluation économique.

L'évaluation économique est une des formes que peut prendre l'analyse pour les politiques publiques, dont on peut dire qu'elle tient une place particulièrement importante aujourd'hui en particulier pour les questions environnementales. Elle partage ainsi les différentes limitations identifiées précédemment. A cet égard, Godard (2007) énonce très clairement un élément central : « l'efficacité économique, telle qu'elle est conçue par les économistes, ne constitue pas une préoccupation majeure pour la plupart des acteurs qui prennent part au processus d'élaboration et de choix d'une politique ». Ainsi il est clair par exemple que la preuve de l'efficacité d'un instrument économique (taxe, quotas..) pour un problème environnemental donné n'emporte généralement pas la décision, non pas que les décideurs

ne soient pas rationnels, mais d'autres rationalités que celles des économistes sont à l'œuvre (Godard, 2007). Cela se traduit dans différents champs. Dans le domaine du transport, Crozet (2004) considère qu'il existe aujourd'hui une perte de crédibilité du calcul économique, il est de plus en plus déconsidéré et « il doit en quelque sorte se justifier ». Dans le cadre dans banques multilatérales et bilatérales de développement, Haddad (2011) montre que les analyses coûts-bénéfices et les évaluations économiques des services écosystémiques sont peu utilisés et qu'elles servent presque qu'uniquement à valider à posteriori des décisions déjà prises suivant d'autres critères. A partir de ces illustrations peu enthousiasmantes, il s'agit pour nous de comprendre la nature des difficultés auxquelles fait face le calcul économique. En conclusion du **1.4**, nous avions repéré deux points très importants : la gestion des incertitudes et le caractère non univoque du calcul économique ; la question de la légitimité du calcul économique pour résoudre des problèmes contemporains dans un cadre multi-acteurs et multi référentiels. La sous-partie **2** a pour sa part mis en avant la notion d'interface science-décision et la nécessité de sortie d'une logique linéaire simplificatrice.

Dans la suite, nous nous intéresserons donc à la logique institutionnelle et administrative et illustrerons simplement le fait qu'un outil doit trouver sa place dans une structure administrative. Nous aborderons ensuite la question de la légitimité par l'intermédiaire de la théorie de la justification et l'idée de pluralité des ordres, en particulier pour les problèmes contemporains comme celui du développement durable. Enfin, nous aborderons la question de l'incertitude du calcul économique dans le domaine du transport, et nous verrons que cela nous conduira à formuler l'idée d'un cadre pour que le calcul économique s'exprime pleinement au service des processus collectifs, en surmontant ces limitations.

3.2 La nécessaire réorientation des logiques administratives.

L'instrument économique doit être capable de s'intégrer dans une structure institutionnelle préexistante et d'être compatible avec le cadre administratif (Godard, 2007). Une illustration intéressante peut être donnée avec la RCB. La RCB (Rationalisation des Choix Budgétaire), mise en place en 1970, visait à informer les choix et les décisions, avec une perspective très large et ambitieuse, il s'agissait « de fonder les décisions de dépense sur une prévision de leurs impacts socio-économiques », au sein d'un domaine d'action de l'Etat et même entre différents domaines d'action (Perret, 2006). Elle avait une visée budgétaire et était coordonné par le ministère des finances. L'analyse de cette tentative et de son échec permet de comprendre les rouages de la décision politique et administratives et les difficultés pour le calcul économique de s'intégrer dans le processus de décision.

L'ambition était « d'inscrire la décision budgétaire dans un cycle vertueux évaluation *ex-ante* – décision – suivi – nouvelles évaluations – nouvelles décisions. », pour ce faire, des ressources significatives ont été destinées à la production d'études (Perret, 2006). Mais rapidement on a pu observer que les études avaient peu d'impacts sur les décisions budgétaires (Perret, 2006). Cet auteur identifie un certain nombre de causes :

- Loin de transformer en profondeur l'administration, la RCB n'a donné lieu qu'à une réorganisation superficielle des informations traitées par manque d'adhésion à une demande perçue comme « bureaucratique » ;

- « La RCB reposait sur une vision naïve du rapport entre expertise et décision. Elle ambitionnait de présenter clef en main aux décideurs des éléments de choix sans tenir suffisamment compte du contexte politique et des conditions concrètes d'une réappropriation de l'expertise dans les processus décisionnels. » : on voit ici qu'on a négligé le passage d'un registre économique à un registre politique, on a feint de penser que le calcul économique était un outil de mesure commun aux deux « mondes ».
- Eléments de contexte avec un climat de défiance entre le ministère des finances et les autres ministères, par ailleurs les crises économiques de 75 et 82 ont ébranlé le système et désorganisé les procédures.

A la suite de la RCB, l'accent a été mis sur l'évaluation ex-post, mais cette pratique a été séparée de la question budgétaire, elle est revenu au Commissariat général du plan et non au ministère des finances, avec des finalités plus larges (Perret, 2006). D'autres dispositifs d'évaluation ont été testés entre le milieu des années 80 et le début des années 2000, sans toutefois avoir réellement un impact sur les décisions budgétaires. Perret (2006) identifie au final un certain nombre de conditions qu'il faudrait satisfaire pour réaliser l'ambition de la RCB : volonté partagée de l'administration et des élus ; bonne articulation entre l'introduction de la démarche d'évaluation, modification du cadre de gestion budgétaire et acceptation d'une réforme de l'administration[165]. Cet exemple, qui dépasse la simple question du calcul économique, nous permet toutefois de mettre en avant la dimension structurelle conditionnant la réussite d'une évolution favorisant une meilleure prise en compte des évaluations économiques dans les prises de décisions. Cette dimension structurelle est cruciale et prend probablement du temps à évoluer, car elle est de l'ordre des pratiques et des savoirs, comme on a pu le voir dans le Chapitre 3 avec l'importance du droit dans la pratique des planificateurs. Cet exemple permet aussi d'illustrer la pluralité de logiques à l'œuvre, celle de l'économiste n'étant pas forcément celle de l'administrateur.

3.3 Une pluralité d'ordres de justification pour les questions de développement durable.

Il est intéressant de faire appel à la théorie de la justification de Boltanski et Thévenot (1991) pour comprendre la difficulté du calcul économique à se faire entendre. Le calcul économique est une mesure de grandeur dans la cité industrielle, telle que définie par Boltanski et Thevenot. Comme toute mesure de grandeur dans le modèle de la cité, c'est un outil de coordination collective, communément accepté dans *son monde,* permettant de trouver des solutions considérées comme équitables. Son application ne pose ainsi pas de problème conceptuel dans le cadre d'une entreprise prenant des décisions d'investissement. Mais dans la forme qui nous intéresse ici, le calcul économique doit passer d'une cité à l'autre, de la cité industrielle à la cité civique, ce qui ne va pas sans difficulté. Il y une question de reconnaissance de cette mesure de la grandeur dans un monde qui n'est pas le sien. Cela constitue une première difficulté, inhérente au calcul économique. C'est cela qui fait dire aux

[165] « Toutefois, la gestion par les résultats ne pourra devenir effective sans heurter de front les pratiques actuelles de gestion de la fonction publique. Telle qu'elle est pratiquée actuellement, la gestion par corps est difficilement compatible avec une gestion de la ressource humaine qui tienne compte des objectifs et des résultats obtenus. »

penseurs du calcul économiques (Boiteux, Massé) que le calcul économique ne peut pas emporter la décision, qu'il ne peut être ce critère central. Il n'est que la traduction, dans le champ économique, des impacts et des résultats d'un projet.

Un deuxième point issu de la théorie de la justification est que les questions de développement durable et d'environnement sont hybrides, le fait de répondre à une pluralité d'ordres constitue une de leurs caractéristiques centrales (Godard, 2004). Plusieurs représentations de ces problèmes coexistent sans toutefois qu'une synthèse ne soit réellement possible, cela se traduit par exemple dans les différentes représentations de la nature ou du problème du changement climatique[166]. Godard met en avant le fait que cette situation pose des difficultés à la démarche scientifique « qui construit son objet à travers un mouvement d'abstraction organisé à partir d'un point de vue précis » (Godard, 2004), et cherche à réduire le questionnement à un ordre unique. Pour appréhender cette « réalité composite » Godard considère qu'il « ne s'agit plus alors de miser sur une sorte de division topique du travail, mais d'accepter de se confronter à la pluralité comme donnée de base de la réalité à étudier et à comprendre » et cela conduit à une compréhension différente des problèmes considérés. En particulier, cela a des implications sur l'évaluation économique.

En effet, l'économiste considère dans la théorie standard que l'individu a des préférences préexistantes, formant un ensemble cohérent. Le rôle de l'évaluation économique est de les révéler, et de les combiner pour évaluer la valeur d'un projet. Or la pluralité des ordres implique que les questions de développement durable sont en construction, elles ne sont pas à priori qualifiées dans un ordre ou un autre. De plus pour les individus « des contenus pluriels vont émerger en fonction des différents registres de justification qui seront mobilisés selon les situations » (Godard, 2004). Ainsi il n'existerait pas cet ensemble cohérent de préférences sur lequel faire reposer l'évaluation économique.

Par ailleurs, si l'on considère que ces préférences sont les résultantes d'un « processus de co-construction des préférences individuelles et des préférences collectives : c'est à travers la participation à des épreuves collectives visant la détermination de la hiérarchie des grandeurs collectives que des préférences individuelles s'élaborent ; formées de façon contextuelle, elles ne sauraient prétendre d'emblée à la stabilité et à l'universalité » (Godard, 2004). Dans le paradigme de la mobilité durable, dans la ville durable, un projet de transport se réfère ainsi à une pluralité d'ordre : logique patrimoniale pour le cadre de vie de la ville centre ; logique civique avec les transports en commun comme outil d'action pour ceux qui ne peuvent avoir accès à la mobilité automobile ; logique industrielle avec l'efficacité économique de l'infrastructure construite.

L'évaluation économique doit se penser dans ce cadre. Ces éléments confirment l'importance de s'intéresser à l'interface entre la production de connaissance et la décision. Ils montrent que cette séparation est en fait factice et que pour les problèmes environnementaux, on ne peut ignorer cette situation. La méthodologie s'en trouve renouvelée. La co-construction de préférence serait un

[166] Par exemple est-ce un problème industriel-marchand, qui doit se régler avec des outils comme un marché carbone mondial, est-ce un problème civique, avec la nécessité de revenir sur les responsabilités de chacun pour définir la charge d'effort de chacun ? La solution équitable est-elle celle qui permet la plus grande efficacité économique ou bien celle qui permettrait aux pays du Sud de continuer leur développement ? La qualification du problème sélectionne ou au contraire disqualifie certains outils d'analyse.

passage obligé pour le calcul économique. C'est à cette condition qu'il pourrait retrouver un sens et un impact sur les décisions.

La théorie de la justification, les économies de la grandeur (Boltanski et Thévenot, 1991)

Le modèle de la cité postule qu'il existe plusieurs ordres de justification dans nos sociétés contemporaines. En observant les conflits d'intérêts et la construction de preuves, Boltanski et Thévenot repèrent en effet différentes manières de monter en généralité, et plusieurs façons de se justifier. Il y a de plus une tension critique entre les différentes façons de généraliser, chacun tentant de réduire l'autre dans l'ordre du particulier, chacun reconnaissant certains principes et objets comme pertinents mais pas d'autres.

Il existe ainsi un travail de qualification des situations dans l'un de ces ordres. Généralement, dans la vie quotidienne nous savons ce qui relève d'une situation civique (rôle de Maire), industrielle (rôle d'employé) ou domestique (rôle de père), par exemple.

Le modèle suppose que les individus appartiennent simultanément à toutes les cités (civique, domestique, marchande, industrielle, inspirée, de l'opinion) mais qu'ils sont capables d'apparaître sous un état adapté aux situations et aux objets qu'ils rencontrent.

Si la qualification d'une situation est collectivement acceptée, alors les conflits relevant de cette situation peuvent être réglés à partir des épreuves prévues pour cet ordre de justification particulier. Les épreuves définissent et attribuent les grandeurs à chacun dans un certain ordre.

3.4 Incertitudes et pluralité des ordres : l'importance du cadre de la planification.

Une vision complémentaire à celle développée précédemment est celle de Crozet (2004) qui revisite la nature du calcul économique et son utilisation. Partant du constat d'une incertitude croissante sur les préférences collectives, il fait du calcul économique un outil au service du « tâtonnement politique » qui chercherait à redéfinir ces préférences. S'inspirant de Keynes et de Schumpeter, il fait du calcul économique dans les processus politiques, un équivalent du prix sur un marché. Ainsi de la même manière que le prix en Bourse « ne prétend pas dire le vrai », mais participe plutôt à un processus d'agrégation et de sélection des informations disponibles pour les acteurs et de fixation des préférences dans un contexte d'incertitude, le calcul économique est sujet à des fluctuations (de moindre ampleur). Il vise à « instiller dans le débat politique une information sur les raretés relatives », afin de mieux identifier les préférences collectives à l'œuvre. Et pour ce faire, il ne faut pas hésiter, au-delà de la fixation nécessaire de certaines valeurs tutélaires, comme d'un prix sur un marché, à réaliser des tests de sensibilité. De manière générale, il y a toujours un certain niveau d'incertitude sur les hypothèses et sur les données, limitant la capacité du calcul économique à fournir un résultat univoque.

Si l'on suit la logique de Crozet, il s'agirait d'une certaine façon de fixer des valeurs et des hypothèses pour réaliser une première version du calcul économique, puis, dans une analogie avec le marché, de laisser les acteurs exprimer leurs préférences et confronter leurs informations, pour faire évoluer ce prix. Le calcul économique permettrait alors d'analyser les conséquences des différents choix possibles. On retrouve là une partie de la logique de l'instruction cadre (METLTM, 2005), considérant que pour un choix d'infrastructure de transport, « La première étape sera celle du débat public « d'amont » couplé à une évaluation socio –économique approchée », avant d'être ensuite affinée. Cette vision amène à la question du cadre qui permettrait aux acteurs engagés sur ces questions de

réaliser ce processus. La proposition de Crozet conduirait ainsi à repenser la nature de la démarche de planification. On reviendrait alors à la même analogie que celle décrite dans le chapitre 2 : le plan est une alternative au marché. **Le calcul économique jouerait donc dans la planification le rôle que joue le prix sur un marché.** Ce serait un outil de coordination entre acteurs, un outil d'efficacité économique. La lecture d'Henry (1984) est instructive à cet égard. Dans son étude de cas des travaux d'aménagement de la vallée de la Soar en Grande Bretagne, il observe et analyse le cadre dans lequel se déploie le calcul économique et analyse à la fois les méthodologies et les procédures qui les portent (y compris les logiques institutionnelles). Il a pu observer « comment, pour les diverses institutions publiques et autres acteurs sociaux impliqués, des concepts et des raisonnements microéconomiques sont progressivement devenus langages d'évaluation, de communication [..] de contestations aussi [..] Comment, par conséquent, des éléments de méthodologie microéconomique sont devenus des enjeux entre partenaires et adversaires. » (Henry, 1984). L'important serait donc, comme sur un marché, de créer un cadre performant dans lequel les différents acteurs pourront s'exprimer. Se pose la question de leur homogénéité (puissance des différentes institutions qui s'expriment dans la planification, Communes, Interco, Agence, Département…) mais aussi des individus (élus, techniciens, citoyens, chercheurs), et des termes des arrangements possibles entre acteurs. Le SCOT dans sa configuration institutionnelle actuelle ne semble pas constituer un tel cadre. Dans la dernière partie de ce chapitre nous analyserons les évolutions possibles de la planification pour mieux intégrer l'analyse économique, ce sera l'occasion d'identifier quelles seraient les pistes pour constituer un tel cadre.

Nous remarquons qu'il y a une cohérence entre la logique de pluralité des ordres et celle de l'incertitude : une même nécessité d'organiser un cadre, garant d'un processus collectif de co-construction des préférences, s'en déduit. Les deux réflexions, celles de Godard centrée sur les défis du développement durable pour l'analyse scientifique et celle de Crozet centrée sur les évolutions de la mobilité et de la décision publique, se rejoignent sur l'idée que les bases de l'évaluation économique ne sont pas données d'avance. Elles doivent être instruites dans un processus collectif et cette démarche participe à l'efficacité du calcul économique. C'est une condition pour qu'il retrouve une place importante dans la réflexion stratégique. On notera d'ailleurs que Crozet fait aussi appel à la théorie de la justification et remarque que le calcul économique est aujourd'hui comme prié de se « justifier ».

L'exemple de l'aéroport de Notre Dames des Landes montre bien que le calcul économique est un enjeu, et les milieux écologistes, comme identifié par Henry (1984) dans son cas d'étude, ont compris que le calcul économique pouvait être un outil de contestation, cela s'est illustré par la contre-expertise produite. Toutefois, comme nous l'avons dit, le calcul économique ne parait pas capable aujourd'hui de représenter une voie de sortie à la crise autour de ce projet et on ne peut s'empêcher de penser qu'un cadre permettant de mieux utiliser le calcul économique comme langage et enjeu de négociation aurait été bénéfique. La planification, dans un cadre démocratique, devrait savoir jouer ce rôle. Nous pouvons ici reprendre Klosterman (2012) qui, en s'interrogeant sur la nature des modèles urbains qui seraient utiles à la planification, revient sur la nature de cette pratique et le rôle du *planner*.

Invitant le modélisateur comme le planificateur à l'humilité, il considère que « *the planner's role is limited primarily to structuring and informing a citizen led decision process* ». Un des principaux enjeux serait alors que la planification fournisse un cadre au processus et à l'expression des contestations autour du calcul économique appliqué à un projet, ce cadre est issu d'une logique démocratique. Or la démocratie n'est pas une absence de conflits, c'est un contraire un moyen d'institutionnaliser les conflits dans un cadre communément accepté, ce qui implique que les conflits restent dans certaines limites, conditions de leur légitimité (Lefort, 1986). De même rappelle Neuman (1998) "*Conflict is a necessary part of planning and of politics. Without conflict, plans and planning become apolitical and thus are rendered meaningless*". On a ici l'enjeu principal du calcul économique dans la planification territoriale, il s'agit de servir de support à la confrontation des visions de l'avenir et des valeurs créées, la planification doit fournir un cadre institutionnel aux acteurs en présence. Ce doit permettre d'instruire une procédure collective, de gérer les conflits, de mesurer des arguments, afin de trouver des solutions acceptées. Dans ce cadre les choix d'hypothèses seront discutés, les sensibilités et les incertitudes seront partagées, les raretés seront identifiées. L'objectif n'est pas que toutes les parties prenantes se mettent d'accord sur l'ensemble des points discutés, mais que le cadre de la planification et de la décision qui va en découler, soit communément acceptée.

3.5 Spécifier l'usage visé pour le calcul économique.

Parallèlement à la question du cadre de la planification, il est probablement utile de bien spécifier l'usage visé par le calcul économique. Laurans, et al. (2013), qui s'intéressent à la question de l'utilisation des évaluations économiques des services écosystémiques à partir d'une large analyse de la littérature, proposent un cadre pour les différents usages. Ils distinguent différents types d'utilisation de ces évaluations :

- Contribution pour informer de manière décisive un processus spécifique de décision :
    - Il peut être incorporé dans une analyse coût-avantage collective
    - Il peut constituer une base de discussion, « a negotiating language » (Henry, 1984 ; 1989)
    - Il peut permettre à une organisation spécifique de définir sa stratégie de management environnemental (allocation des efforts de conservation)
- Apport technique
    - Déterminer la valeur d'une compensation
    - Fixer un prix
- Visée informative
    - Favoriser la prise de conscience concernant la valeur des services écosystémiques
    - Justifier un choix déjà réalisé
    - Produire des indicateurs

Nous remarquons que pour le calcul économique appuyé sur une modélisation urbanisme transport qui nous intéresse ici, il y a une correspondance entre la grille de Hardy (2011) décrite dans le chapitre 5, et la grille de Laurans, et al. (2013). Nous tentons de faire correspondre les 4 étapes avec un rôle spécifique du calcul économique, inspiré des catégories identifiées par Laurans, et al. (2013).

Etape de la planification territoriale et rôle de la simulation	Rôle du calcul économique
« **Policy development** »: qui consiste en une exploration large des différentes stratégies et alternatives qui s'offrent à un territoire	Visée informative : faire prendre conscience des raretés relatives + produire des indicateurs.
« **Visioning** » : qui consiste en la concertation avec les stakeholders, l'objectif est d'obtenir des retours sur différents scénarios	Idem que précédent + Contribution décisive comme base de discussion
« **Strategic analysis** » : qui consiste en l'identification et analyse de politiques détaillés (transport ou land use)	Contribution décisive, dans un logique coût avantage.
« **Tactical assessment** » : qui consiste en la définition et le design d'un projet spécifique (programmation).	Contribution décisive, logique coût avantage + Apport technique : par exemple fixation du tarif d'un péage, ajustement du choix d'infrastructure

Tableau 42 : les différents rôles de la modélisation et du calcul économique

Le premier pas pour faire en sorte que le calcul économique soit utilisé, de la même manière que pour la modélisation, passe par l'identification du l'usage visé. Pour la modélisation avec TRANUS, nous avions considéré que nous pouvions être utiles au niveau 3, avec le travail d'identification et d'analyse de politiques et mesures détaillés, et aussi au niveau 2, car la discussion sur les scénarios nous parait un préalable à la prospective bas-carbone. Nous avons ensuite essayé de construire les outils de calcul et de simulation permettant d'instruire ces deux phases.

3.6 Les évolutions post - grenelle du calcul économique.

Le Grenelle de l'environnement a conduit à l'élaboration de nouvelles méthodes d'évaluations pour les projets d'infrastructures de transport. Crozet (2012) décrit les changements à l'œuvre. Le maitre d'ouvrage devra faire la démonstration qu'il n'y a pas de meilleure alternative au projet : on doit d'abord examiner la possibilité d'optimiser ou améliorer l'existant. Si cela n'est pas possible, on doit alors examiner les possibilités de création d'une infrastructure non routière. Cela représente donc une inversion de la charge de la preuve par rapport à l'usage actuel, il ne s'agit pas seulement de montrer le caractère bénéfique d'un projet mais aussi de montrer qu'il n'y a pas d'alternatives plus pertinentes. Nous sommes ici directement dans le débat autour du projet d'aéroport de Notre de Dame des Landes, où les opposants condamnent justement le fait que les alternatives n'aient pas été analysées, contrairement à ce que dit la loi Grenelle, le rapport des chercheurs de Delft visant justement à combler ce manque. Par ailleurs, une analyse multicritères non agrégée, associant indicateurs quantitatifs et qualitatifs, est introduite en complément du bilan socio-économique et du fameux TRI. Cela fait sens, par rapport au constat de Crozet (2004) qui considère que : « Soit il s'agit d'une méthode multicritère agrégée ; qui débouche donc sur un classement final des projets. Il doit être alors clairement affirmé que, dans ce cas, l'AMC est encore plus manipulable que le calcul économique puisqu'il est aisé de multiplier les critères. Les résultats sont donc très instables et n'échappent pas au risque technocratique. Soit l'agrégation entre les critères est laissée au décideur. Alors le fait de juxtaposer des données quantitatives et qualitatives redonne une vraie marge de

manœuvre au politique ». Une des conséquences est que les aspects positifs et négatifs ne seront pas agrégés contrairement au bilan socio-économique classique, le débat pourra porter sur l'ensemble de ces points. Cela présente toutefois un risque pour le porteur du projet : les débats seront plus complexes lorsque gagnants et perdants seront mieux identifiés **Dans l'ensemble on peut penser que ces évolutions seraient plutôt favorables à la logique de la planification, multicritère par essence. Par ailleurs, la nouvelle posture favorisant l'analyse des alternatives, elle apparait favorable à la pratique de l'analyse économique dans la planification.**

3.7 Sous-conclusion 1. 2. et 3.

Nous avons décrit les différentes limites du calcul économique et son rôle relativement limité pour instruire la décision dans le domaine du transport urbain. Nous avons expliqué qu'il existait des limites techniques et méthodologiques, dont certaines peuvent être surmontées, et nous avons décrit en quoi notre travail avec TRANUS apportait certains éléments. Mais plus largement, nous avons vu que ces limites étaient inhérentes à la nature du calcul économique. Le premier point est que l'exercice de valorisation des différents coûts et avantages est nécessairement incertain et nous l'avons bien mis en évidence dans notre travail. Le second point est que le calcul économique n'est pas perçu comme légitime par tous les acteurs. Nous sommes dans un monde davantage multi-acteurs, avec plus de participation de la société civile, et non plus seulement dans un monde technique et dominé par l'Etat centralisé comme cela était le cas à la naissance du calcul économique. Il peut ainsi apparaitre comme déconsidéré, porteur aussi d'une histoire où il a pu parfois être manipulé. De plus, le calcul économique n'apparait pas forcément comme une pratique naturelle dans la culture des techniciens territoriaux.

Pour approfondir cette question et comprendre comment le calcul économique pouvait se renouveler pour retrouver un rôle utile à la collectivité et surmonter ces difficultés, nous avons tout d'abord choisi un regard plus général sur cette question. Nous avons ainsi compris que la difficulté à instruire la décision politique n'était pas uniquement valable pour le calcul économique, c'est une question bien plus large sur la capacité à influencer à partir de la connaissance scientifique. Cette rapide analyse de la littérature nous a indiqué deux voies. D'une part l'importance pour les producteurs de connaissance de s'intéresser davantage à l'interface entre science et décision, avec une logique d'aller-retour. D'autre part l'importance de ne pas se placer dans un modèle linéaire de processus de décision, où la connaissance viendrait résoudre un problème politique, mais bien dans une logique de processus démocratique plus complexe, en particulier car l'évaluation économique ne peut être neutre et objective. Les décideurs doivent s'approprier les choix nécessaires au travail d'analyse. L'exemple de la RCB nous a permis de bien comprendre cette nécessité d'intégration de l'instrument de mesure dans un cadre politico-administratif plus large, en mettant en avant la dimension structurelle conditionnant la prise en compte des évaluations économiques dans les prises de décisions.

La théorie de la justification nous a ensuite permis d'avoir une lecture théorique des limitations du calcul économique à l'heure du développement durable. Elle nous a rappelé que l'ambition du calcul économique est plus importante qu'elle ne parait généralement aux économistes. La pluralité des ordres fait que le calcul économique doit passer d'une cité à l'autre, de la cité industrielle à la cité

civique, ce qui ne va pas sans difficulté. Il y une question de reconnaissance de cette mesure de la grandeur dans un monde qui n'est pas le sien. L'analyse des travaux de Godard nous a ensuite montré que cette pluralité des ordres fragilisait les bases mêmes de l'évaluation économique, en impliquant un caractère incertain des préférences des individus. La mise en place de dispositifs collectifs permettant la co-construction de préférence devient alors un passage obligé. Nous en avons déduit que fournir ce cadre devenait un enjeu pour la planification, car c'est par nature un lieu où se confrontent les visions du monde. L'analyse des travaux de Crozet a montré un parallélisme intéressant, avec la même idée du caractère incertain des préférences collectives et de la nécessité d'utiliser le calcul économique comme un outil de tâtonnement politique, à partir d'une analogie avec le prix sur un marché. Nous en avons déduit que le calcul économique pourrait donc jouer dans la planification le rôle que joue le prix sur un marché. Ce serait un outil de coordination entre acteurs.
Ainsi se dessine une voie qui permettrait de surmonter les deux limitations du calcul économique, le caractère incertain et la difficulté de l'interface, source de sa difficile légitimité. Celle de construire un cadre dans la planification permettant de tirer parti du caractère incertain au profit d'un processus collectif de tatonnement, où l'interface entre les *producteurs* du calcul économiques et les *utilisateurs* serait fluidifiée par cette contrainte de co-construction, contrainte qui deviendrait en fait la condition de l'opérabilité du dispositif. Enfin, l'évolution vers l'analyse multicritères pourrait permettre de renouveller le calcul économique.

4. Quelle opportunité pour l'utilisation de la modélisation urbanisme-transport dans la planification à Grenoble ?

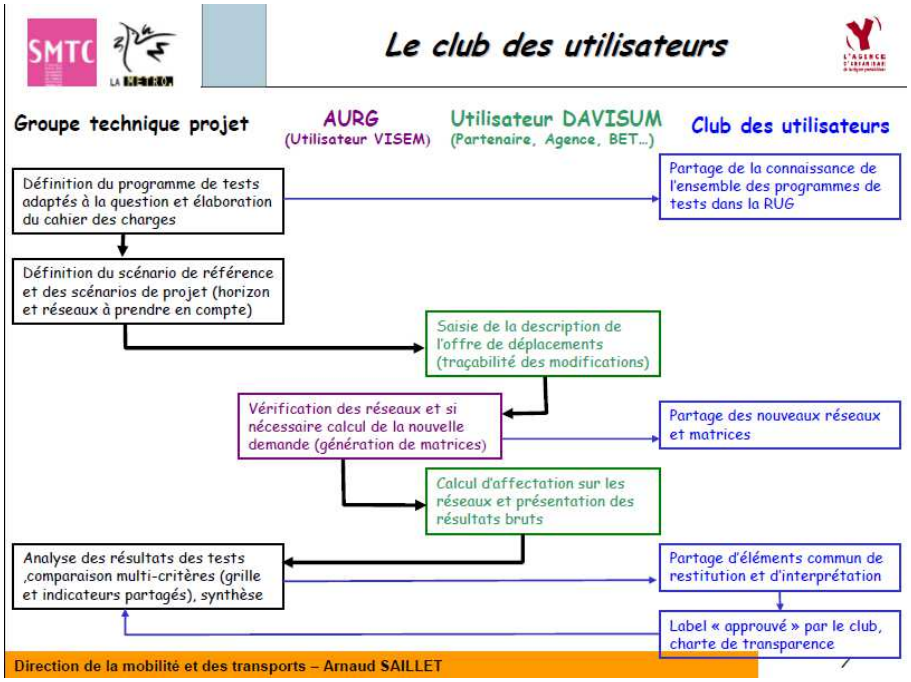
Dans notre travail, la question du calcul économique est reliée à la question de l'usage de modèle économique urbanisme transport, il s'agit maintenant de s'intéresser à cette dimension. Nous avons fait un bilan de notre pratique de la modélisation avec TRANUS dans le chapitre 7 en analysant en particulier la façon dont nous avions rempli notre cahier des charges. Nous avons considéré que les raisons qui nous avaient orienté vers le choix d'un LUTI se justifiaient (renforcer la compréhension des politiques climatiques locales, informer le débat sur le lien entre formes urbaines et émissions de CO_2, introduction de l'aspect systémique dans les MACCs). Nous sommes revenus sur la notion de complexité et avons analysé notre propre démarche, nous avons conclu que le modèle construit n'était pas optimal et qu'il pouvait être simplifié. Nous nous sommes interrogés sur la pertinence de TRANUS, un modèle qui repose largement sur la logique de l'accessibilité et des gains de temps à une période où la possibilité de gains de temps par l'investissement dans des infrastructures routières ou de transport en commun est plus rare et où la forme urbaine évolue lentement. Nous avons expliqué que si la logique de l'accessibilité est en effet clé, elle ne repose pas uniquement sur le temps mais sur des coûts généralisés incluant les coûts de la mobilité, ces derniers étant susceptibles de largement évoluer dans le futur. Nous avons aussi considéré que d'une part l'accessibilité et ses variations continueront vraisemblablement d'être structurantes, mais que cela se concrétisera probablement davantage par des pertes de temps (restriction de voirie, péage..) que par des gains. D'autre part un modèle urbanisme transport permet d'analyser les gains de temps non pas seulement du fait d'investissements dans les transports mais aussi d'investissements dans la ville. L'ensemble

de ces points justifie l'utilisation d'un modèle comme TRANUS. Enfin la relative lenteur des changements incite à regarder à plus long terme les effets de structuration urbaine, même si l'exercice en devient d'autant plus périlleux. Cette analyse était pour ainsi dire le retour du modélisateur sur sa propre pratique. Nous allons maintenant analyser les éléments discutés avec les utilisateurs potentiels de TRANUS à Grenoble (membres de l'AURG et du SMTC) sur la pertinence d'utiliser ce type de modèle pour la planification d'une région urbaine comme Grenoble.

4.1 Une longue tradition de modélisation à Grenoble.

Il y a à Grenoble une grande tradition de modélisation. Ainsi l'Agence d'urbanisme a successivement utilisé les modèles Térèse, Opéra, Mostra et Visem/Davisum. Le travail de modélisation se fait aujourd'hui dans une logique partenariale entre les différents utilisateurs propriétaires des droits du modèle de déplacements de la région grenobloise que sont l'Agence d'Urbanisme, la Métro, le SMTC, le Conseil général de l'Isère, le Pays voironnais, le pays du Grésivaudan, la Ville de Grenoble, la Région Rhône-Alpes, l'Etat (DDE et CETE). Des bureaux d'étude sont utilisés pour la mise à jour du modèle et son calage. Ce partenariat repose sur une charte d'utilisation décrivant les attentes de chaque partenaire et les conditions d'utilisation. Un travail très important de diffusion et de partage est réalisé autour des tests réalisés et des hypothèses choisies. Le schéma suivant décrit les procédures à l'œuvre.

Figure 96 : l'utilisation partenariale de la modélisation à Grenoble



Source : (SMTC, 2009)

Le modèle de transport utilisé est le modèle multimodale Visum (4 étapes) qui comprend à la fois les transports en commun et les voitures. Il faut noter que ce rôle de l'agence d'urbanisme est assez particulier, peu d'agences d'urbanisme (3 ou 4 dont Ile de France) ont une activité de modélisation. Initialement le modèle Visum avait été choisi afin de réaliser des études programmatiques et des études prospectives plus stratégiques. Dans les faits, un seul exercice prospectif a été réalisé avec ce

modèle (Prospective 2025, qui a été réalisé juste avant le début des travaux du SCOT). Durant cet exercice les techniciens ont clairement eu la sensation d'avoir un outil beaucoup trop précis pour réaliser ce travail (« une Rolls Royce pour faire 300m »), en particulier ils se sont interrogés sur la pertinence des 1700 zones du modèle. La question de l'utilité s'est réellement posée, en particulier car cela a impliqué un temps très important pour entrer les données. Il s'est aussi avéré que durant cet exercice, ils ne connaissaient pas encore suffisamment le modèle pour comprendre l'impact de telle ou telle variable/aspects de modélisation. Il y avait une difficulté à faire la part des choses. Quand tout varie, il est difficile de bien identifier le poids des différents déterminants, or cela est très important. Il est clair qu'une analyse de sensibilité qui permettrait de faire cela serait donc précieuse.

4.2 La pertinence du modèle TRANUS pour la région urbaine aujourd'hui.

Voici les éléments retirés des différentes discussions avec l'Agence et le SMTC.

Un modèle comme **TRANUS peut bien apporter des éléments positifs car :**

- Cet outil incite à l'analyse prospective avec différents scénarios pour laquelle il est plus adapté que les modèles de trafic très détaillées.
- Il donne l'occasion aux techniciens d'un travail transversal urbanisme-transport (par exemple les discussions en interne à l'agence, en particulier autour des données et des analyses nécessaires au modèle vont forcément conduire à des échanges avec le service d'observation des marchés fonciers et immobiliers et celui des plans d'occupation des sols ; au SMTC, le travail de collaboration autour du contrat d'axe pourrait continuer par cette voie)
- Il donne une perspective économique à l'analyse même si cela est moins clair pour l'agence que pour la Métro ou le SMTC (acteurs qui investissent réellement dans des projets). La commande publique pour l'agence d'urbanisme ne comprend généralement pas d'analyse économique.

A condition toutefois de :

- Faciliter et améliorer la démarche de calibration, c'est l'enjeu principal du projet CITIES.
- Trouver un compromis en termes de complexité, le modèle construit dans cette thèse comporte probablement des complexités non essentielles
- Mettre en place des tests de sensibilités afin de renforcer à la fois la validité et la robustesse du modèle, afin d'identifier les variables/paramètres de premiers ordres, afin de faire de la pédagogie autour du modèle. Ces tests de sensibilité peuvent en effet apparaitre comme des moyens de médiation entre ceux qui travaillent sur les scénarios et ceux qui travaillent sur la modélisation, en les imaginant de manière partenariale.
- Transférer ce savoir-faire en interne : nécessité de formaliser la démarche de modélisation, de favoriser la modularité entre les deux modèles (usage des mêmes données par exemple).

4.3 Bilan de l'utilisation de notre travail.

De manière à être cohérent avec notre sous-partie mettant en avant la nécessité de mieux se poser la question de l'usage des connaissances produites par la recherche, nous allons faire ici une rapide analyse de l'utilisation de notre calcul économique et de nos résultats à Grenoble.

En termes de discussion et de co-construction avec le SMTC et l'AURG. Cette étape a davantage porté sur la question méthodologique. La culture de la modélisation à Grenoble fait que seule une appropriation en interne du modèle peut amener à l'utilisation des résultats produits par la simulation pour prendre des décisions. Il aurait été bénéfique à ce titre que la thèse ait une cotutelle avec l'Agence d'urbanisme ou le SMTC afin de favoriser l'appropriation du travail réalisé. L'exercice mené a donc davantage eu pour but de faire une démonstration d'un nouvel outil et d'une nouvelle méthodologie et d'examiner comment cela pourrait être transféré à la collectivité. La présentation réalisée à l'agence d'urbanisme (4 décembre, 2012), en présence d'A.Saillet, et S.Gusmerolli du SMTC a montré leur intérêt pour le travail réalisé, en particulier le calcul économique, ce qui va vraisemblablement conduire à une présentation en interne à la SMTC. La question financière est extrêmement importante pour le SMTC, les discussions avec S.Gusmerolli *(*Direction de la mobilité et des transports) ont montré dès le début du travail un vrai intérêt pour l'approche coût-efficacité, et pour son développement. Cela constitue donc un terreau plutôt propice pour l'utilisation des résultats, en particulier dans le cadre des discussions sur le PDU. Ce travail de valorisation sera poursuivi après la thèse.

Utilisation dans le cadre du SCOT. Il y a eu un décalage temporel car les résultats du calcul économique et de la modélisation ont été disponibles seulement à la fin du processus (le SCOT a été accepté fin 2012). De même le lancement de leur étude SCOT& CO_2 a eu un temps d'avance, ce qui a limité les possibilités d'échanges, d'autant plus que cette étude n'a pas été faite en interne mais par un bureau d'étude. Toutefois, à l'invitation de l'EP SCOT, les résultats du travail ont été présentés aux Assises de l'Energie, dans une séance où l'AURG, l'agence de Lyon et le Certu présentaient leurs propres travaux d'estimation de l'impact du SCOT sur le niveau d'émissions, avec un public composé de collectivités et de professionnels. La présentation a à la fois consisté en un cadrage méthodologique permettant de replacer les résultats du calcul économique dans le cadre de la prospective et en une discussion des résultats quantitatifs. Les résultats discutés étaient particulièrement ceux des différences entre formes urbaines, il s'agissait de se demander ce que le SCOT pouvait apporter en termes de réductions. Il est clair qu'il n'y aura pas de résultats directs sur ces agences suite à la présentation des différents résultats du travail, mais la collaboration va continuer ce qui peut laisser présager de futures évolutions.

Avec l'agglomération de Grenoble. Les résultats provisoires et finaux ont été présentés aux techniciens de l'agglomération. Il s'agissait : de faire passer les messages issus de nos résultats, de discuter des questions méthodologiques, d'affiner la présentation en vu de la future présentation aux élus. L'analyse des coûts d'abattement est clairement une question que se posent les techniciens de la Métro en charge des questions d'énergie et de climat : ils représentent donc un public plus adéquat pour notre travail. Par ailleurs P.Criqui (Membre du conseil scientifique du Plan Climat de l'agglomération) et P.Menanteau ont construit depuis un certain nombre d'années un rapport de

confiance avec eux, ce qui facilite grandement l'échange. L'impact de nos résultats (au sens du projet AETIC, comprenant bâtiment, réseau de chaleur et transport) est donc beaucoup plus probable. La réunion avec les élus constituera à cet égard un test important.

Il est clair que pour faire en sorte qu'un modèle comme TRANUS soit utilisé pour la planification, il est nécessaire de mieux comprendre les besoins des utilisateurs finaux. Notre travail avec l'AURG dans le cadre de CITIES nous permet de faire dialoguer planificateurs et modélisateurs afin de bien caractériser les besoins en termes de simulation. Cela nous a conduits à construire un questionnaire afin d'analyser les besoins des utilisateurs actuels ou potentiels des modèles urbanisme-transport. Ce questionnaire répond à un constat simple : il est nécessaire de collaborer avec les potentiels utilisateurs finaux de ses modèles afin de rendre les modèles plus opérationnels, étant les mieux à mêmes de préciser les demandes vis-à-vis de la modélisation. Ce questionnaire a été envoyé aux agences d'urbanisme et aux autorités organisatrices des transports urbains, à des bureaux d'études ainsi qu'aux autres acteurs publics utilisateurs potentiels de ces modèles. Pour des questions de timing, nous ne pouvons pas présenter les résultats de cette démarche dans la thèse. Nous présentons toutefois ce questionnaire en annexe.

4.4 Les facteurs institutionnels de la modélisation urbaine.

Debizet (2011) montre comment en France, la nature de la modélisation transport a évolué avec l'organisation institutionnelle, les objectifs des politiques publiques et plus largement le paradigme de la mobilité urbaine. La modélisation du transport routier, qui s'est appuyé sur la découverte du modèle gravitaire, a été développée par le ministère de l'équipement dans les années 70 et a été largement utilisée dans les années 80 (Debizet, 2011). Le ministère de l'équipement était alors le maitre d'ouvrage d'un programme lourd d'investissements dans les infrastructures routières, en particulier le programme d'autoroutes. Le modèle DAVIS sera utilisé de manière standard, et cet instrument de mesure, qui valorise les gains des projets d'infrastructures, aura des impacts importants sur la ville (boulevard urbain, rocade…) (Debizet, 2011). A cette époque il y avait donc une maitrise complète de la chaine de production par le ministère de l'équipement (et son réseau technique sur l'ensemble du territoire), allant de la planification spatiale, qui fournissait les prévisions nécessaires à la modélisation, jusqu'à la programmation, la conception et l'exploitation (Debizet, 2011). Le renouveau des transports en commun, initié par l'introduction du Versement transport pour les grandes agglomérations en 1974, relança le programme de développement des transports en commun. Les grandes agglomérations devinrent alors elles aussi « commanditaires d'études de planification de transport en milieu urbain » (Debizet, 2011). A partir du modèle DAVIS, fut créé le modèle Terese, traitant cette fois-ci uniquement du transport en commun, et qui sera donc utilisé par un certain nombre d'AOTU dans les années 80. Alors que progressivement les modèles multimodaux vont se développer dans le monde, à partir des innovations apportées par Ben Akiva sur les choix discrets, la France va conserver la segmentation de sa culture de modélisation entre transport routier d'un côté et transport en commun de l'autre. Cette segmentation correspondait en fait bien à la gouvernance à l'œuvre à cette période, services du ministère d'un côté s'occupant des routes et agglomérations s'occupant du transport en commun de l'autre. Elle correspondait aussi à dualité des politiques

publiques, visant les usagers de la voiture en périphérie et visant les utilisateurs des transports en commun dans les zones urbaines, mais ne visant pas encore le transfert modal (Debizet, 2011). Toutefois un retournement majeur aura lieu sous la pression de la montée des enjeux environnementaux : la Loi Laure est promulguée en 1996 avec l'introduction d'un droit à respirer un air propre, le PDU devient obligatoire avec un objectif de réduction des trafics automobiles, il devint alors urgent pour les AOTU de définir des stratégies multimodales ce qui impliquait un changement d'outil (Debizet, 2011). Entretemps, le succès des tramways à Nantes et Grenoble au milieu des années 80 avait renforcé la crédibilité de l'idée de transfert modal des automobilistes vers les transports en commun (Debizet, 2011). Ainsi la modélisation multimodale devenait bien mieux adaptée à l'objectif de gestion de la mobilité urbaine des AOTU (qui s'exprime largement dans le PDU), intégrant gestion des flux automobiles et gestion du réseau de transport en commun, avec l'objectif affiché de gagner des pourcentages de parts modales pour ce dernier.

4.5 Les perspectives d'évolution.

Cette perspective historique est particulièrement intéressante car elle montre que l'utilisation d'un modèle n'est pas qu'une simple question technique, mais renvoie à un jeu d'acteurs et à la représentation des politiques publiques. Concernant les modèles urbanisme-transport nous pouvons nous demander si des changements qui pourraient favoriser leur utilisation sont à l'œuvre ? Est-ce que cela pourrait être un changement de paradigme sur l'étalement et l'impact du transport sur l'urbanisation ? Est-ce que cela passera davantage par un changement institutionnel et une modification du jeu d'acteurs ? Est-ce qu'une modification du cadre juridique pourrait jouer un rôle ? Il est bien sûr difficile de répondre à l'ensemble de ces questions, mais nous pouvons penser qu'il y a une conjonction d'éléments qui pourraient favoriser l'usage des modèles LUTI.

a) Des plans d'urbanisme à une échelle plus grande et un rôle plus important des Agences d'urbanisme. La possible réforme (future loi Duflot) mettant en avant les PLUi, c'est-à-dire les Plan Locaux d'Urbanisme à un échelon intercommunal constitue peut-être une opportunité. En effet, l'agence d'urbanisme a un statut partenarial, elle n'a pas vocation à travailler spécifiquement pour une collectivité donnée. Ainsi ce n'est pas la norme qu'elle travaille sur les PLU, elle ne le fait que pour des cas spéciaux. Avec un PLU intercommunal, ce sera davantage dans sa mission que de contribuer à son élaboration. Ainsi elle portera un regard territorial (au sens de la région urbaine et non pas seulement de la collectivité concernée) sur la question, pouvant aussi solliciter la modélisation stratégique (type TRANUS). Le passage aux PLU intercommunaux constituerait un changement considérable sur la question de la planification. L'introduction des PLUi acterait la montée en puissance et en compétence des intercommunalités sur les questions d'urbanisme et de planification. Cet élément serait encore renforcé par une reconfiguration de l'ingénierie locale, qui est aujourd'hui aussi en discussion du fait des contraintes budgétaires fortes sur les collectivités locales. Les Agences sont aujourd'hui rarement modélisatrices, si elles obtenaient ces compétences en propres et les financements adéquats, cela représenterait une opportunité pour l'émergence des LUTI.

b) De nouveaux besoins et de nouveaux cadres pour la politique de mobilité. Nous sommes dans une situation où il y a moins d'infrastructures de transport à construire et donc de projets à analyser (via modèle transport). Ce sont davantage des logiques de relocalisation qui vont être à

l'œuvre, ce qui représente une occasion pour les modèles urbanismes transport. Nous sommes aussi dans une situation de maturité de l'usage des modèles de transport avec une expérience acquise qui est précieuse pour passer à l'étage supérieur des modèles urbanisme transport. Par ailleurs, le constat des limites du calcul économique plaide pour l'utilisation des modèles urbanisme-transport qui permettraient de surmonter une partie de ces faiblesses, Dans le même temps nous avons vu que le cadre d'analyse des projets va évoluer vers le multicritère sur la base de ces mêmes critiques (Crozet, 2012). Or il clair que l'utilisation des LUTI serait favorisée par le passage à une analyse multi-critères car ils permettent d'instruire plus de points de cette analyse qu'un modèle transport (Nguyen-Luong, 2012).

Parallèlement, et à la manière des lois américaines sur l'air des années 90 qui ont exigé une analyse de l'impact urbain des infrastructures de transport, une modification de l'instruction cadre (27 Mai 2005) pourrait inciter à l'utilisation d'un tel modèle pour les projets de transports (aujourd'hui seul le calcul d'un TRI est nécessaire). Cela devrait s'accompagner d'un effort pour produire un cadre et une formalisation pour ce type de modélisation.

c) La maturation des modèles LUTI et la diffusion hors de la recherche

Si les investissements publics pour permettre cette recherche (en particulier par l'intermédiaire du Predit) ont permis d'engranger une expérience intéressante, cela reste récent. Aujourd'hui il est clair que l'utilisation de ces modèles reste au niveau de la recherche en France, elle n'est pas encore passée du côté des professionnels. Par ailleurs l'appel d'offre pour le Grand Paris, le premier pour des LUTI, a montré les manques comme le souligne Nguyen-Luong (2012) « Au final, le bilan de ces travaux n'est pas très positif quant à l'application des modèles LUTI en l'état actuel et a constitué une douche froide pour les praticiens, qui pouvaient s'interroger sur l'opérationnalité et la prise en main des modèles LUTI ». Pour surmonter ces difficultés, il est nécessaire d'améliorer le caractère opérationnel de ces modèles, dont la base théorique est déjà satisfaisante. Il faut faciliter la mise en place de ces modèles, cela passe par le développement d'outils mathématiques favorisant la calibration et la validation, comme cela est entrepris dans le projet CITIES. D'autre part pour que la diffusion se fasse dans les milieux professionnels, la disponibilité d'un vrai logiciel, facilitant la démarche intégrée transport-urbanisme (et non un bouclage artisanal comme c'est parfois encore le cas entre les deux modèles) est indispensable selon Nguyen-Luong (2012) et son équipe s'y emploie dans le cadre du projet Ultisim pour le modèle Urbansim.

Il y a donc une opportunité pour un modèle urbanisme-transport comme TRANUS mais l'ensemble de ces évolutions peut prendre du temps. La construction de la modélisation transport a pris une trentaine d'années et la démocratisation des modèles LUTI, si elle devait advenir, pourrait prendre encore une dizaine d'année (Nguyen-Luong, 2012). Elle nécessitera un effort important à l'interface entre la recherche et les utilisateurs professionnels, dans un travail d'aller-retour entre les besoins de ceux-ci et les développements techniques. Il est important pour ce travail de bien caractériser les usages visés et d'adapter les outils. La simulation ne pouvant de toute façon pas devenir l'alpha et l'oméga de la planification, en particulier du fait de ressources limitées, il s'agit de bien identifier les tâches pour lesquelles elle peut être la plus utile. C'est ce travail que nous avons commencé dans le projet CITIES. Par ailleurs le cadre construit autour de la modélisation à Grenoble

est un exemple intéressant d'intégration d'un outil dans l'expertise locale, partagé par un grand nombre de techniciens, y compris non modélisateurs. Pour notre problématique, il clair que la question de l'utilisation de la modélisation et celle du calcul économique sont concordantes mais non identiques. Concordante car un modèle comme TRANUS est en soi tourné vers l'analyse et le calcul économique. Son utilisation peut donc favoriser le retour du calcul économique dans la planification. Toutefois ce sont deux dynamiques et deux cultures qui restent en partie séparées.

5. L'analyse économique dans la planification territoriale.

La question qui nous intéresse dans cette sous-partie est celle des évolutions pouvant faire en sorte que l'analyse économique s'exprime mieux dans le processus de planification territoriale, renforçant ainsi son efficacité.

Nous avons vu depuis les chapitres 2 et 3 que l'analyse économique peut apporter de multiples éléments, notre réflexion se concentre suivant trois axes. D'une part les bilans coût-avantage des grandes directions d'aménagement et des options envisagées pour les différentes questions de la planification et la hiérarchisation des mesures : c'est que nous avons fait avec le modèle TRANUS pour les politiques climatiques. D'autre part l'analyse des mécanismes de production urbaine afin de faire en sorte que les orientations de la planification correspondent à une possibilité concrète et réaliste de fabrique urbaine, en coexistence avec les marchés, et d'identifier les outils fiscaux et financiers qui permettraient de réaliser les développements souhaités. Enfin, le dernier axe est celui de la vulnérabilité énergétique dont l'analyse économique peut instruire les orientations d'aménagement. Si ces axes représentent des exercices de nature différente, ils appartiennent toutefois à une même logique, et un certain nombre d'évolutions peuvent les favoriser conjointement. Dans cette sous-partie, nous les considérons donc ensemble et détaillerons si nécessaire. Enfin, dans les parties précédentes, nous avons mis en avant l'idée d'un cadre de la planification qui permettrait de co-construire les préférences collective autour de l'évaluation économique. Il s'agit ici d'identifier des pistes pour construire ce cadre.

Nous avons compris dans le chapitre 3 que le faible niveau d'analyse économique pouvait s'expliquer par une conjonction d'éléments : la pratique de la planification est déterminée par les compétences des techniciens, le statut des agences de planification, la structure du pouvoir institutionnel, la situation fiscale et financière. L'ensemble de ces éléments se comprend dans un contexte de relance de la planification, où les savoir-faire d'urbanisme comme la confiance[167] et la collaboration entre collectivités locales sont à reconstruire, et où la thématique développement durable s'impose progressivement. Le **SCOT est à la fois une démarche qui vise à faire de la pédagogie autour du développement durable et de la co-construction institutionnelle entre élus et territoires, et un document juridique qui doit s'imposer et se traduire sur le terrain par une réorientation du développement du territoire. Face à l'ensemble de ces défis dans un contexte de renouveau, la dimension économique ne constitue pas la dimension principale de la planification, et ce de**

[167] La preuve en est faite avec les nombreux SCOT « défensifs » de quelques communes se protégeant de l'agglomération voisine (Strebler, 2013)

manière logique. Ce n'est pas la compétence à mobiliser qui apparait prioritaire lorsque l'on met en place un SCOT ou un PLU.

Le renforcement de l'analyse économique peut toutefois à notre sens jouer un rôle positif pour les différentes dimensions de la planification. La réflexion sur les évolutions permettant à l'analyse économique de jouer un rôle plus important ne doit pas être réalisée à partir d'une situation théorique, mais bien à partir du contexte actuel de la planification, qui est clairement une étape, un moment dans les politiques urbaines en France. Il n'y a bien sûr pas de solutions miracles permettant à l'analyse économique de jouer rapidement un rôle significatif dans la planification urbaine. D'une part la planification urbaine est en reconstruction, et l'analyse économique ne pourra venir qu'après d'autres composantes plus constitutives de l'exercice demandé. D'autre part la question de l'utilisation de l'analyse économique pour la décision publique est bien plus large que le seul domaine de la planification urbaine, et dépend de la culture générale de la décision publique dans le pays. Toutefois un certain nombre d'évolutions peuvent nous permettre de nous placer sur une trajectoire vertueuse et c'est ce que nous allons détailler ci-après.

5.1 Les compétences humaines.

Une première évolution concernerait les compétences techniques des collectivités et viserait à favoriser les échanges entre les équipes de planificateurs et les acteurs privés ainsi que les équipes davantage tournées vers l'opérationnel car ceux-ci ont une meilleure connaissance des mécanismes économiques à l'œuvre. Nous avons vu dans le chapitre 3 que le manque de contenu économique pouvait s'expliquer par une logique d'autonomisation de la pratique de la planification, avec une distance importante avec l'activité opérationnelle. Il y a donc un enjeu important à mieux faire collaborer les équipes projets avec les équipes planification : les équipes de projet ont une très bonne connaissance des principes économiques de l'aménagement et cela pourrait enrichir la planification et apporter une touche de réalisme. Par ailleurs ces échanges permettraient aussi de mieux faire passer les idées du SCOT dans l'opérationnel, alors que les équipes projets ont de fait une vision plus micro de la ville que les équipes planification[168]. Cela constituerait une modification profonde de l'exercice de planification, qui se rapprocherait de la logique hollandaise ou allemande. De même la présence d'un acteur privé, bon connaisseur des réalités économiques de l'aménagement, comme un Syndicat d'aménageurs-lotisseurs, pourrait être très bénéfique pour les SCOT[169]. Les SEMs (Société d'économie mixte) d'aménagement devraient jouer un rôle important sur ce point : émanation de la collectivité, elles sont les maitres d'ouvrage des opérations d'urbanisme.

Toutefois cette évolution, qui serait souhaitable pour renforcer l'analyse économique dans la planification territoriale, soulève un certain nombre de difficultés. D'une part organiser cette collaboration avec des acteurs provenant des collectivités locales nécessite de la part des membres de l'EP SCOT des ressources disponibles et probablement un certain niveau d'expérience alors qu'il

[168] « Quant au milieu professionnel des urbanistes au sens large, il est souvent divisé entre celui des aménageurs qui pestent après les contraintes fixées par les planificateurs, alors que les planificateurs ne comprennent pas que les projets d'opérations anticipées ne se réalisent pas là où la réflexion globale les avait prévues... » (Miquel, 2012)

[169] Entretien Miquel 11/01/2013

est clair que les ressources sont contraintes et les techniciens plutôt jeunes[170]. D'autre part interagir avec des acteurs privés nécessite de surmonter une culture administrative qui crée une certaine méfiance vis-à-vis de ces acteurs et d'une possible « spéculation », pourtant illusoire dans le cas du SCOT. Enfin, si une SEM participe à la planification, cela poserait problème pour qu'ensuite elle réponde aux marchés publics. Bien que les acteurs privé puissent être utiles à la compréhension des dynamiques foncières et immobilières du territoire, leur participation à la planification doit être bien formalisée, afin que cela ne rentre pas en contradiction avec les textes de lois (par exemple il y a une interdiction dans le code de l'urbanisme d'avoir un lotisseur dans un groupe de travail d'un PLU) et les règles de concurrence. Cette question de la co-construction de la planification avec les acteurs opérationnels est un point important qui se retrouve plus largement dans la fabrique de la ville. Il y a une tension entre le besoin d'assurer une concurrence entre acteurs, par exemple pour un projet urbain, et la nécessité de collaborer le plus en amont possible afin de concevoir des solutions performantes. Cette question se pose particulièrement avec les évolutions vers des solutions technologiques exigeantes et l'ambition de produire des objets urbains de plus en plus intégrés.

L'idée de mutualisation des moyens sous l'impératif de maîtrise de la dépense, largement présente dans les discussions actuelles autour du projet de loi sur la décentralisation, devrait être abordée lors des futures conférences territoriales voulues par le projet de loi de Décentralisation. Dans le domaine des études urbaines, cette mutualisation, si elle prenait la forme d'un rassemblement des différents acteurs publics qui font des études urbaines, opérationnels et planificateurs, pourrait être extrêmement bénéfique et nous permettrait de nous rapprocher d'un schéma hollandais où planification et opération sont bien articulées du fait de l'importance du rôle des services d'urbanisme de l'agglomération (Peiffer Smadja, Renard et Saujot, 2013). Nous sommes bien dans un contexte où les moyens d'ingénierie existent « mais ils sont répartis de manière assez inégale — avec une présence faible dans les territoires et les communes périphériques — et sont éclatés entre de nombreuses collectivités et organismes d'études. » (EP SCOT, 2012b). L'enjeu de fédérer les expertises est crucial (EP SCOT, 2012b).
La mutualisation des services au niveau intercommunal est une évolution intéressante à cet égard. La mutualisation est une situation où un service relève de différentes autorités, elle accompagne les transferts de compétence entre commune et intercommunalité. Or il y a une obligation dès 2015 pour les intercommunalités d'avoir un schéma de mutualisation avec prévision de l'impact sur les effectifs et les dépenses de personnel. La dynamique est donc en marche mais avec une grande hétérogénéité suivant les territoires (ADCF et INET, 2011). L'objectif de cette obligation est un rapprochement entre la commune et la communauté, une meilleure articulation des politiques publiques et une réduction des dépenses. Il pourrait y avoir différents impacts possibles sur les compétences humaines : renforcement de l'expertise, capacité à développer de nouveaux savoir-faire (par exemple intersectoriels), hauteur de vue de l'agglo par rapport à un isolement des communes, réduction de l'aspect cloisonnement politique (partage des compétences entre collectivités locales, avec tendance à préserver ses prérogatives) qui s'ajoute généralement au cloisonnement des savoir-

[170] Entretien J.P.Strebler, 2013

faire. Les effets positifs seront renforcés par des initiatives spécifiques d'expérimentation. L'exemple du contrat d'axe pour le transport illustre bien ce type de dispositif permettant de faire dialoguer les différents secteurs des collectivités (urbanisme opérationnel, transport, planification) et de confronter les différents documents de planification et le projet (en l'occurrence, réinterroger le PLU à partir des travaux du SCOT, du PLH et de l'infrastructure de transport).

Une meilleure maîtrise du droit et de l'économie serait bien sûr un point central. Nous avons vu à partir du travail de (Leroux, 2010) à quel point le droit était prépondérant et le fait que les techniciens de la planification ne sont pas forcément formés à cet exercice. Ce manque de maitrise peut conduire à de possibles imprécisions dans la pratique, mais le manque de recul qui découle logiquement d'un manque de maitrise peut aussi favoriser une lecture littérale du droit, axée sur la rigidité réglementaire aux dépens de la logique de planification[171]. Cela revient d'une certaine façon à considérer le droit comme une fin en soi alors qu'il est un outil au service du projet. Ce contexte est, on le comprend, peu propice à une logique de la planification basée sur une justification par les faits. Lever ces limitations passerait par une meilleure formation au droit de l'urbanisme. Aujourd'hui, les techniciens en charge de ces questions sont généralement issus de parcours d'urbanisme généraliste et attirer des techniciens formés aux questions d'économie foncière et immobilière dans le champ de la planification constituerait à l'évidence un levier important pour notre question, ces personnes allant logiquement davantage dans l'opérationnel, privé ou public pour mettre en œuvre leur savoir-faire.

5.2 Le rôle des services déconcentrés de l'Etat.

Les services déconcentrés de l'Etat ont un rôle à jouer pour contribuer au changement de nature de la planification. Il serait nécessaire que les DDT sortent de leur rôle de censeur, avec une approche uniquement réglementaire[172] centrée sur le contrôle de légalité, mais qu'elles soient capables de jouer un rôle « positif » en apportant un savoir-faire, un accompagnement dès l'amont des projets, en favorisant le travail de réflexion et de justification dans les documents de planification (Lambert et Boulard, 2013 ; Strebler, 2013 ; Malfilatre, et al., 2012). Or avec la décentralisation, les services déconcentrés ont été restructurés avec des conséquences négatives sur sa capacité à jouer ce rôle. D'une part ses compétences opérationnelles ont été largement réduites au profit des collectivités et ce manque de lien avec la réalité urbaine est préjudiciable. D'autre part les fonctionnaires publics ont pu évoluer vers des fonctions des fonctionnaires territoriaux, impliquant des redistributions de compétences en interne faisant qu'attributions et savoir-faire ne correspondent plus forcément[173]. Les DDT ne sont donc pas forcément capables de suivre toute la démarche et d'apporter l'expertise nécessaire. Il est donc important de renforcer les DDT (Strebler, 2013 ; Malfilatre, et al., 2012) afin de faciliter ce changement de registre vers un rôle plus positif. Ce renforcement devrait se faire prioritairement sur les thématiques de l'analyse économique. Les DDT ont un rôle particulièrement important à jouer pour les SCOT ne disposant pas d'agence d'urbanisme pour leur réalisation. En effet, il existe en France 53 agences d'urbanisme (réseau de la FNAU), alors que 390 périmètres de

[171] Entretien J.P.Strebler, 2013

[172] L'entente entre les DDT et les collectivités peut être dégradée par des décisions « cassantes » de la DDT sur des orientations des collectivités (Entretien Strebler, 2013), on revient ici à la notion de « police administrative » utilisée par J.B.Auby.

[173] Entretien J.P.Strebler, 2013

SCOT existent : dans de nombreux SCOT, les collectivités ne disposent pas de savoir-faire mobilisable et doivent directement travailler avec des bureaux d'études[174]. Le manque de moyen et la segmentation des tâches entre plusieurs bureaux d'étude, ne facilitent à l'évidence ni la cohérence du travail d'ensemble ni sa qualité. On comprend donc l'importance d'une DDT disposant des moyens humains adaptés et collaborant dans la durée et en toute confiance avec les collectivités pour la réalisation de leur démarche SCOT.

5.3 Renforcer le lieu de concertation et l'obligation de justification.

La loi SRU a représenté un progrès dans la façon de planifier, en mettant en avant l'obligation d'expliquer les choix à partir du diagnostic et de justifier les orientations choisies (Chapitre 2 - 3.). Or le constat est que cela est largement mal fait aujourd'hui[175], et cela fait écho au manque de hiérarchisation, d'analyse d'alternatives et de prospective identifié dans l'audit (Malfilatre, et al., 2012). Or **cet exercice de justification constitue un levier particulièrement important** (Strebler, 2013) : **d'une part il peut contribuer à réduire le nombre d'orientations et de prescriptions, avec un recentrage sur les dimensions qui ont réellement été approfondies ; d'autre part ce travail est favorable à davantage d'analyse économique**.

Plus généralement, on peut considérer qu'il existe en fait deux logiques pour rendre le SCOT plus efficace. On peut souhaiter, comme la loi Grenelle l'a fait, renforcer le texte et rendre plus précis les orientations du SCOT, avec l'idée que ce qui est plus précis est plus prescriptif et donc plus efficace, alors même que ce n'était pas la logique initiale de la loi SRU. Toutefois force est de constater que le SCOT peut dire des choses de très précises sans pour autant que cela soit réfléchi, pertinent économiquement, justifié ou réaliste. De plus cela contribue à brouiller les cartes entre PLU et SCOT, chacun porteur d'un projet et d'éléments précis (Jegouzo, 2010). Enfin, on peut avoir un texte précis mais une institution faible pour le porter.

On peut au contraire souhaiter renforcer la démarche ou l'institution, en mettant en avant non la précision des prescriptions mais leur justification, car c'est cela qui fait sens à long terme. Un exemple d'Arrêt du conseil d'Etat[176] sur le plafond de surface commercial illustre ce propos : il a été jugé qu'un projet de 2000m2 dans une zone était compatible avec le plafond de 1000 m² présent dans le schéma directeur valant SCOT, du fait des autres objectifs présents dans le document. C'est donc la logique d'ensemble qui a primé sur la décision, et non la prescription précise. L'épuisement de la logique réglementaire et la complexité croissante nous conduisent à préférer la seconde possibilité. Il est souhaitable de renforcer l'institution plutôt que le texte et la justification plutôt que la prescription.

La volonté de renforcer l'institution rejoint la logique développée dans le SCOT grenoblois, l'EP SCOT est devenu « un espace commun central. Il a permis de partager les connaissances, de construire des diagnostics, de croiser les politiques publiques et les positions de chaque secteur pour enfin définir

[174] Entretien J.P.Strebler, 2013
[175] Entretien Strebler, 2013
[176] https://reseaulia.com/space/ruc78/content/un-arret-du-12-decembre-2012-concernant-les-plafonds-de-surfaces-commerciales-dans-les-scot---_8F273AB1-AA1A-4218-88A4-BBC784385BDE

une stratégie commune. » (EP SCOT, 2012b). Par ailleurs il est clair que l'élaboration du SCOT ne constitue qu'un point de départ, et « sa mise en œuvre exige de poursuivre ce travail collectif pour lequel l'EP SCOT doit être conforté dans son rôle de "maison commune". Les territoires souhaitent en faire un espace permanent de concertation, un lieu où chacun vient croiser ses prérogatives (politiques publiques, grands projets économiques, d'habitat, de déplacements…) afin de construire des décisions collectives et demain, de les évaluer, ce notamment du point de vue des incidences environnementales et climatiques, pour réagir ensemble et définir de nouvelles orientations. » (EP SCOT, 2012b).

Il est de même probablement plus souhaitable de se concentrer sur l'aspect pédagogique de l'élaboration du SCOT, et faire l'économie de certains détails pour laisser davantage de ressource pour l'action que pour l'écriture, avec le planificateur comme référent obligé et personne-ressource de l'action publique urbaine. Cette évolution serait tout à fait positive pour instituer ce cadre de planification dans lequel le calcul économique pourrait jouer son rôle dans la co-construction que nous avons décrit à grand trait dans les parties précédentes. Et cette piste est cohérente avec le diagnostic des juristes, pour qui la quantité de plans et la richesse du droit à mettre en musique par les autorités publiques représentent un travail énorme, Jegouzo (2010) ajoutant après la loi Grenelle II, que l'on « peut comprendre que ceux qui vont avoir à appliquer ce droit nouveau soient saisis d'une certaine angoisse ». On peut donc douter de la faisabilité des lois Grenelles tout comme on peut s'interroger devant le coût économique de leur mise en œuvre. Il y a la nécessité d'une hiérarchisation du diagnostic, des questions à traiter, des objectifs, car le manque de hiérarchisation nuit « au fondement du projet » (Malfilatre, et al., 2012). L'article L121-1 est bien trop complet et les SCOT en sont la transcription, il est nécessaire de prioriser. On peut citer par exemple l'analyse de Desjardins (2007) du SCOT de Montpellier : sa valeur provient selon lui du fait que des choix ont été faits sur les thématiques à traiter, que des priorités ont été fixées. Mettre des moyens en face de mesures est indispensable. Nous pensons que la réforme du Grenelle, au lieu de vouloir pousser la logique réglementaire jusqu'au bout en souhaitant renforcer la capacité prescriptive du SCOT, aurait pu renforcer l'obligation de justification. Comment réaliser cela ? On peut imaginer un changement des textes, le code de l'urbanisme dit aujourd'hui « Le rapport de présentation explique les choix retenus » L122-1-2 (Loi du 12 juillet 2010) et on pourrait utiliser le terme de justification à la place. Mais plus fondamentalement cela pose la question des moyens permettant d'inciter ou de contrôler cet aspect dans les SCOT. C'est le travail de l'EP SCOT que de pousser les élus à réfléchir aux conditions de leur développement, à favoriser le travail de justification : cette capacité est forcément liée à leurs compétences et aux ressources humaines disponibles pour faire ce travail conséquent d'analyse. Cet examen plus attentif des justifications serait cohérent avec les évolutions souhaitées sur le rôle des services de l'Etat détaillées précédemment : ces évolutions nécessitent à la fois un changement de registre et un renforcement des moyens.

5.4 Une incitation à la péréquation.

La planification devrait se doubler d'un espace de solidarité entre les collectivités locales. Il est nécessaire qu'existe une monnaie d'échange explicite, permettant de compenser les gagnants et les

perdants des choix de la planification. Par exemple, à l'échelle territoriale, toutes les collectivités souhaitent attirer des ressources fiscales, que ce soit par l'intermédiaire de zones d'activité ou par l'arrivée de population (sachant que la réforme de la taxe professionnelle a largement augmenté la part population des ressources fiscales des collectivités, voir (Delpech, 2012)). L'organisation d'une stratégie territoriale consiste à éviter une concurrence entre collectivités pouvant conduire à des dépenses inutiles d'argent public. Toutefois on comprend bien que si l'on choisit quelques communes pour des projets synonymes de rentrées fiscales, les communes non choisies se sentiront lésées. Il sera très difficile d'obtenir un consensus sur une telle stratégie dans le SCOT. Il est nécessaire d'avoir une compensation. Cette solidarité existe déjà au niveau intercommunal, avec la TPU[177] (Taxe professionnelle unifiée) impliquant une unification des taux et une certaine redistribution. L'exemple du Bas Rhin, où le financement du département pour une zone d'activités s'est fait à condition de la mise en place d'un dispositif de reversement et de partage des recettes fiscales montre que ce dispositif est possible en droit[178] mais il doit être organisé. Cet échange ne va bien sûr pas de soi, les communes disposant des ressources ne souhaitant naturellement pas les partager et chacune cherchant légitimement à protéger son indépendance. Les départements et les régions ont donc un rôle à jouer pour cela lorsqu'ils ont un rôle de financeur. Peut-on imaginer que ce système de solidarité soit institué d'une façon ou d'une autre par l'intermédiaire du SCOT ? Cela ne signifie par forcément que l'Etablissement du SCOT assume cette fonction directement, ce n'est pas son rôle, mais la démarche SCOT pourrait inciter à la mise en place de ce dispositif entre collectivités. A une logique de calculs marginaux de chacun des acteurs sur les coûts et les bénéfices projetés, pourrait succéder une logique où les dispositifs de solidarité incitent à un calcul de coût global, afin de choisir les stratégies les plus profitables pour l'ensemble de la collectivité. Cela nous renvoie aux éléments développés dans le chapitre 3 sur la nécessaire connaissance des coûts d'urbanisation, qui ne peut se faire que par l'intermédiaire d'un pilote territorial ou d'un système de solidarité.

5.5 La planification dans le processus de décentralisation.

5.5.1 L'importance de la gouvernance.

Nous avons vu dans le chapitre 3 qu'une problématique fondamentale pour l'efficacité de la planification était celle de la gouvernance. La planification territoriale est le reflet de l'organisation institutionnelle : les outils (SCOT, PLU) introduits par la loi Solidarité Renouvellement Urbain (2000) sont chargés du renouveau de la planification dans un contexte décentralisé où les agglomérations émergent mais où les communes restent puissantes. Fondés sur un dialogue horizontal entre les différentes collectivités locales, si possible à l'échelle des aires urbaines, les SCOT doivent permettre

[177] La TPU s'applique principalement aux communautés d'agglomération. « Dans ce régime, **l'EPCI se substitue progressivement aux communes pour la gestion et la perception du produit de la TP** sur l'ensemble de son périmètre. Le groupement perçoit le produit de la TP des communes regroupées, vote le taux et décide des exonérations. Le produit de la taxe professionnelle sert essentiellement au financement de l'EPCI, mais la loi prévoit deux types de retours de taxe professionnelle au bénéfice des communes adhérentes : l'« attribution de compensation », pour compenser financièrement le transfert du produit de la taxe professionnelle à l'EPCI ; la « dotation de solidarité », qui est l'instrument politique de redistribution et de péréquation du produit de la TP entre les communes adhérentes. » http://www.vie-publique.fr/decouverte-institutions/finances-publiques/approfondissements/financement-intercommunalite.html

[178] Entretien J.P.Strebler, 2013

de produire des visions et stratégies communes d'aménagement à cet échelle, et se traduire dans les PLU (ainsi que PLH et PDU). Toutefois il est difficile d'avoir le bon périmètre : soit leur périmètre évacue les conflits qui seraient inévitablement issus de choix volontaristes, soit ils sont porteurs de consensus « mous » car la structure institutionnelle ne permet pas de gérer autre chose. La capacité à réellement prescrire est un réel défi : comment produire un texte suffisamment précis pour qu'il se traduise clairement dans les documents inférieurs tout en restant stratégique et dans un contexte institutionnel éclaté ? De plus l'établissement public est relativement faible, et lorsque le périmètre du SCOT dépasse le périmètre de l'agglomération, il n'est pas adossé à un pouvoir politique qui permettrait de rendre opérationnel les orientations choisies. Depuis le Grenelle II, le SCOT est renforcé : il doit être plus précis pour être plus prescriptif et il doit intégrer l'ensemble des éléments contenus dans les documents de planification thématiques de rang supérieur, il est le pivot des documents de planification. La philosophie de l'action publique est donc de renforcer la contrainte par le droit, au risque de rendre les exercices de planification encore plus lourds en temps et en ressources pour les collectivités locales, sans toutefois agir sur la question institutionnelle, qui est pourtant largement bloquante. Il existe aussi le risque de remettre en cause la distinction entre PLU et SCOT, entre zoning (programmatique) et planning (stratégique). On peut s'interroger sur une telle logique réglementaire qui ignore la dimension gouvernance.

Celle-ci est en effet clé pour garantir l'effectivité de la démarche. De plus la planification et l'aménagement dépendent tout autant du droit de l'urbanisme que de la pratique qu'en font les collectivités et cela est directement lié à la gouvernance locale. Le droit de l'urbanisme fournit nombres d'outils, et beaucoup de choses dépendent de la volonté et du savoir-faire de la collectivité pour les utiliser. Réformer la planification ne passe donc pas seulement par une modification du droit de l'urbanisme, même si celle-ci peut paraître plus aisée au législateur qu'une réforme institutionnelle, suscitant de nombreux blocages. Notons que cette gouvernance locale est en perpétuelle évolution au fil des lois précisant ou réorientant les principes de décentralisation, même s'il apparait difficile de mener des réformes significatives. Le projet[179] de loi porté par la Ministre Mme Lebranchu confirme cet état de fait. Son analyse va nous permettre de comprendre les évolutions possibles du système ainsi que de prendre connaissance des blocages institutionnels. Le champ de ce projet est bien sûr bien plus large que la seule question de la planification, nous l'abordons de manière globale avant de retirer les enseignements utiles à notre problématique.

5.5.2 Les enseignements du projet de loi « Acte III » de la décentralisation.

Le besoin qui se fait sentir dans les débats est généralement celui de la clarification du *mille - feuilles territorial* et de la recherche d'une plus grande efficacité de l'action publique. Les quatre échelons de gouvernance du système français ne sont pas hiérarchisés verticalement. L'édifice n'est pas organisé, en raison de l'interdiction de principe de tutelle d'une collectivité sur une autre. Il y a ainsi un morcellement des compétences et une certaine dilution de la responsabilité urbaine : il n'existe pas un interlocuteur pour une politique donnée mais plusieurs, donnant avis et consultations. Par ailleurs,

[179] Les premiers textes provisoires ont été disponibles à l'automne 2012, l'examen du texte définitif par le Sénat s'est fait au début du mois de juin 2013.

l'Etat local apparait affaibli et le pouvoir national manque de relais pour ses politiques. Pour les questions de planification urbaine, comme nous l'avons déjà expliqué, il n'existe pas de chefs de file clairement identifiés (comme cela existe pour le transport urbain par exemple). Dans ce contexte la production urbaine est diffuse et souvent mal coordonnée (Charmes (2012) parle d'émiettement urbain). Cette spécificité française, ajoutée à celle du nombre important de communes (36000), toutes dotées des pouvoirs d'urbanisme de base (autorisations individuelles et planification locale, exercice du droit de préemption), rend délicat le pilotage et implique des articulations faibles et peu lisibles entre les différents niveaux.

Face à cette situation, la philosophie générale du projet de loi était celle du cas par cas, avec l'idée que c'est territoire par territoire que les solutions peuvent et doivent être trouvées. C'est donc l'idée d'une décentralisation « à la carte », prenant acte de l'importante spécificité des territoires. Ainsi c'est aux collectivités elles-mêmes qu'il reviendrait de trouver ces solutions avec l'Etat comme partenaire dans cette démarche. Cela se traduit dans le concept de conférence territoriale, structure permettant de trouver la formule locale de clarification de compétences, qui ensuite se déclinerait dans les pactes de gouvernance, distribuant les responsabilités. Cette idée de conférence repose sur la confiance en la capacité des élus des différents niveaux de collectivités à s'entendre afin d'assurer une plus grande efficacité de l'action publique. Elle vise à institutionnaliser un dialogue existant pour le moment de manière sectorielle et pour certains projets.

Nous pouvons toutefois douter de la capacité de telles conférences à faire émerger de réelles décisions, contraignantes et significatives, sur l'éclaircissement des compétences. Il semble difficile d'imaginer que les collectivités veuillent bien se séparer de certaines compétences lorsque nous voyons le niveau de contestation au niveau national lorsqu'un projet de loi tente de toucher à la clause de compétence générale qui permet implicitement aux départements et à la région d'intervenir sur des champs où la compétence ne leur est pas clairement attribuée. De plus, un véritable produit des conférences ne peut être trouvé que pour les territoires où l'entente est déjà bonne, mais cela n'apporte pas de solution pour les autres, où le statu quo est le plus probable. Enfin, cela constitue un niveau de complexité supplémentaire, en plus des lieux d'échanges existants déjà. Au final le Sénat retirera le concept de pacte de gouvernance, y voyant une possibilité de tutelle entre collectivités et souhaitant une conférence plus souple, vidant ainsi largement de sa substance le texte.

Parallèlement l'axe majeur de la réforme est la reconnaissance du fait métropolitain et de l'inadaptation des structures existantes pour gérer et tirer parti de ce phénomène. Cela intéresse particulièrement la question de la planification territoriale. En effet l'émergence de métropole pose aussi la question de la possible fusion de périmètres de SCOT, afin d'avoir davantage de capacité pour planifier et de reposer sur des périmètres plus pertinents. Plus généralement ces fusions constituent une évolution possible car certaines collectivités se sont bien rendues compte dans leur 1ère démarche de SCOT des limites que leur imposait le périmètre choisit[180]. Dans le cadre de la réforme, il se dessine un couple métropole-région, avec différentes formes de métropoles prévues dans le texte (en particulier celles d'Aix-Marseille-Provence, de Paris, de Lyon, de Strasbourg et de Lille). L'exemple lyonnais où le Grand Lyon assurera les prérogatives du département du Rhône

[180] Entretien J.P.Strebler, 2013

illustre cette idée. Toutefois l'émergence des métropoles, au-delà des différents statuts entrevues, pose la question de la place des communes intégrées dans ces nouveaux systèmes institutionnels, et celles des départements, dont on peut questionner l'utilité sur ces territoires urbains. Le projet de loi n'a pas souhaité aller jusqu'au bout de cette clarification, c'est-à-dire jusqu'au transfert obligatoire des compétences des départements aux métropoles. On affirme les métropoles sans vouloir toutefois toucher aux autres échelons : on ne met donc pas fin au fractionnement des lieux de décision.

Que retenir ? Ce qui ressort clairement de cet acte III, c'est que l'Etat éprouve de grandes difficultés pour trancher au niveau national cette question des compétences, alors que dans notre système institutionnel, ce rôle lui revient. L'Etat ne semble plus capable de faire autre chose que d'organiser des scènes de négociation mais il peine à faire changer les rapports de force (Le Lidec, 2013)[181]. Il apparait extrêmement difficile de réformer le système. Le projet de loi cherche à renforcer les échelons régionaux et intercommunaux, mais le constat d'ensemble est que le mouvement reste relativement modeste, dans une logique de réforme pas à pas. Or ce que semble illustrer les discussions de ce texte, ce sont les limites de la réforme pas à pas, la décentralisation ne semble plus à un stade ou des compromis peuvent être acceptés (l'exemple du Grand Paris est éclairant, au Sénat, le compromis proposé par le texte a été rejeté à la fois par les tenants du changement et ceux de la stabilité).

Ce manque d'une vision d'ensemble forte s'est traduit par le découpage en trois du texte et par son détricotage en règle par le Sénat. Le premier texte portera les questions de métropoles, le second s'intéressera au transfert de compétences aux régions, en particulier celle du développement économique. Le troisième enfin, qui devrait être discuté en fin d'année à partir d'un nouveau travail préparatoire associant étroitement le Sénat, traitera les questions sensibles du PLU intercommunal, de la clarification des compétences et des solidarités territoriales. On peut à ce stade parler d'échec dans l'ambition de porter un véritable acte III de la décentralisation, même si les débats vont continuer avec le passage à l'assemblée et que le texte retrouvera peut-être un peu de la substance perdue lors du passage au Sénat. Une piste pour comprendre cet échec est peut-être celle de l'insuffisant questionnement sur le rôle de l'Etat, ce qui aurait constitué un préalable à la réflexion sur la réorganisation de l'édifice complet.

Au final, on peut penser que ce sont les initiatives locales qui vont faire bouger les lignes, on le voit avec l'exemple lyonnais, qui semble recueillir l'assentiment d'une grande majorité des parlementaires, ou avec la tentative alsacienne[182] saluée par beaucoup. Des territoires moteurs vont innover, mais pourront-ils être suivis par d'autres territoires, en particulier par ceux qui décrochent ? La philosophie d'une décentralisation à la carte soulève une certaine inquiétude vis-à-vis de l'égalité des territoires. Par ailleurs, cela se situe dans un contexte où les évolutions d'autres systèmes de solidarité (péréquation) sont discutées, en particulier dans le débat sur la place des territoires dans la transition énergétique et des nouveaux modes d'organisation. On peut se demander si ce n'est pas par les

[181] Intervention dans le cadre de la Conférence de la Chaire Mutation de l'action publique de SciencePo, La réforme des territoires, les territoires de la réforme, 4 juin 2013,

[182] Référendum pour proposer une fusion entre les deux départements et la région qui s'est soldé par une victoire du non.

finances et les budgets nationaux que l'Etat conserve la principale main sur les collectivités locales. Il est clair que les importantes restrictions budgétaires prévues en 2014 et 2015 pour les collectivités locales vont les obliger à des reconfigurations.

Le paradoxe est probablement que la situation de la fabrique urbaine souffre à la fois de trop et de pas assez de décentralisation. Trop au sens où 36 000 communes ont le pouvoir d'urbanisme ; pas assez au sens où les lois d'urbanisme tentent de contraindre fortement l'activité des collectivités locales et où il n'existe pas la possibilité d'un « droit local » modulé par exemple par région. Il y a comme une hésitation du législateur entre la volonté de laisser les collectivités locales s'organiser, ce qui est le principe de la décentralisation, et la tentation de faire en sorte que l'Etat garde la main afin de porter l'intérêt général. Cela se traduit en particulier par des lois d'urbanisme très précises habitées par une vision administrative.

Au final il apparait que les défis de l'organisation de la fabrique urbaine à relever sont immenses. Dans le système institutionnel actuel et avec les processus de production de la loi, porter une telle réforme semble difficile. Pour la question de la planification qui nous intéresse ici, quelles sont les implications ? Faute d'un acteur fort ou plutôt d'une hiérarchisation des différents niveaux de collectivités locales, on utilise le droit comme coordination et cadre contraignant pour les collectivités locales. On peut citer ce passage de Auby (2006) qui considère qu'il n'y a pas une pleine adéquation entre la décentralisation et le droit de l'urbanisme : «la législation est toujours demeurée dans une sorte d'entre-deux entre une confiance peut-être excessive faite aux autorités locales et un désir rémanent de conserver aux autorités d'Etat des outils divers de pilotage. ». Cela n'est à l'évidence pas favorable à la mise en place d'une planification plus active, davantage soucieuse de générer le développement souhaité que d'interdire le développement non désiré, et avec davantage de contenu économique pour éclairer ses choix.

La région peut-elle jouer un rôle important de partenaire de la planification territoriale et de chef de file de l'aménagement sur son territoire ? En effet il y a besoin d'un chef de file sur les questions d'aménagement : le paragraphe sur les coûts de l'urbanisation a montré le manque d'un pilote territorial, la mise en place d'inter SCOT montre l'insuffisance des territoires couverts par les SCOT. Vilmin (2012) voit par exemple en la région l'acteur capable de renforcer la politique foncière sur les différents marchés de l'étalement. On observe que le projet de loi Lebranchu fait de la région le président de la conférence des territoires, de plus la région doit mettre en place un schéma régional de transport et l'aménagement apparait parmi ses compétences : c'est un ensemble de signaux de la volonté de renforcer cet échelon. Néanmoins, dans le contexte actuel, il semble peu probable qu'un chef de file puisse être imposé, d'ailleurs l'avant-projet de loi Lebranchu ne remet pas en cause la clause de compétence générale[183] bien au contraire. Le département, dont on annonce régulièrement

[183] Clause de compétence générale : Elle consiste à reconnaître aux départements et à la région la capacité à intervenir sur des domaines qui ne sont pas directement de sa compétence, lorsque cela engage son intérêt territorial. L'article 73[183] de la LOI n° 2010-1563 (16 décembre 2010 de réforme des collectivités) ajoute « dans les domaines de compétence que la loi lui attribue » pour restreindre cette possibilité, même s'il ouvre à certaines exceptions en ajoutant « Il peut en outre, par délibération spécialement motivée, se saisir de tout objet d'intérêt régional pour lequel la loi n'a donné compétence à aucune autre personne publique ». Cet article devait rentrer en vigueur en 2015. L'avant projet de loi de décembre 2012 propose de retirer les éléments ajoutés par cet article. On peut donc estimer que cela est un relatif retour en arrière sur la question de la clause de compétence générale.

la disparition prochaine, en particulier du fait de sa difficulté à apparaitre légitime dans les zones urbaines, a montré une fois de plus sa capacité à résister et continue d'être un acteur puissant. Il n'y a donc pas un basculement clair vers la région. Par ailleurs, la région a montré ses réticences face à la proposition du ministère du logement d'un schéma régional d'aménagement opposable aux documents d'urbanisme des collectivités infrarégionales[184]. Ces évolutions vont donc prendre du temps.

Conclusion :

Le SCOT est à la fois une démarche qui vise à faire de la pédagogie autour du développement durable et de la co-construction institutionnelle entre élus et territoires, et un document juridique qui doit s'imposer et se traduire sur le terrain par une réorientation du développement du territoire. Face à l'ensemble de ces défis dans un contexte de renouveau, la dimension économique ne constitue pas la dimension principale de la planification. De manière logique, ce n'est pas la compétence à mobiliser qui apparait prioritaire lorsque l'on met en place un SCOT ou un PLU. Toutefois un certain nombre d'évolutions, apparaissant comme faisables, peuvent permettre de renforcer ce rôle de l'analyse économique. Les évolutions des compétences humaines et des pratiques de planification, tirant profit du savoir-faire des acteurs opérationnels et privés, et favorisant les savoir-faire économiques et juridiques seraient très utiles. Le renforcement progressif d'une logique de justification dans les procédures de SCOT pourrait enclencher une logique où l'analyse économique aurait davantage de place, du fait d'un processus plus exigeant en termes de sélection et de hiérarchisation des problématiques à traiter. Cela correspond à une logique où l'on souhaite renforcer la démarche et l'institution de planification, à contrario d'une logique de surenchère réglementaire qui vise à renforcer le texte. Cette évolution est particulièrement cohérente avec nos propres conclusions sur l'importance de construire un cadre de planification permettant au calcul économique de jouer son rôle dans la co-construction des préférences collectives. Par ailleurs, les Directions Départementales des Territoires ont un rôle à jouer suivant ces deux dimensions, leur rôle devrait être renforcé et leur registre davantage axé vers la construction d'une stratégie active d'aménagement urbaine que vers le respect réglementaire stricte. Enfin, mettre en place des structures permettant la péréquation entre territoires soutient l'idée de réaliser des bilans coût avantage et de mieux estimer les coût d'urbanisation suivant des grands scénarios, et est à ce titre un élément favorisant l'usage de l'analyse économique.

Le dernier point touche à la gouvernance de la planification, qui apparait comme une des limitations les plus importantes. La gouvernance a un impact sur le contenu de la planification à la fois du fait des périmètres et de la capacité à produire une stratégie forte acceptée par tous à un bon niveau, et du fait de son impact sur la nature de la planification (plus ou moins proche de l'urbanisme opérationnel, comme le SCOT de Montpellier, centré sur l'agglomération, et qui apparait comme un bon exemple de planification « active »). Or si le fait que la gouvernance des territoires doit être clarifiée, avec une

[184] « Les Régions constatent que la proposition du ministère d'un schéma régional d'aménagement opposable aux documents d'urbanisme des collectivités infrarégionales, à l'image du Schéma directeur de la Région Ile de France (SDRIF), poserait un certain nombre de problèmes si elle devait être généralisée à l'ensemble des Régions. Outre des temps d'élaboration longs, les moyens d'ingénierie nécessaires risquent de faire défaut pour certaines « petites » Régions. » http://www.arf.asso.fr/2013/02/urbanisme-les-regions-privilegient-une-approche-souple.html

meilleure répartition des compétences et une articulation plus claire entre les différents échelons, fait consensus, les débats autour du projet de loi de décentralisation ont malheureusement montré la grande difficulté pour l'Etat de réaliser cette tâche. Ce risque du statu quo n'est pas favorable au renforcement de la planification. Les deux pistes qui semblent se dessiner pour rationnaliser le millefeuille territorial sont d'une part la contrainte budgétaire fixée aux collectivités locales, les obligeant à réfléchir à une meilleure efficacité de l'action publique et à des mutualisations qui peuvent être à l'avantage de la planification, et d'autre part les initiatives locales de territoires moteurs, comme par exemple le Grand Lyon, avec l'espoir d'effets d'entrainement.

Conclusions générales et perspectives.

Dans ce travail de thèse, nous avons souhaité analyser et interroger les moyens disponibles pour planifier des villes sobres en carbone, avec un intérêt particulier pour les politiques d'urbanisme et de transport. Pour cela nous avons privilégié une vision d'ensemble des processus à l'œuvre, en ayant le souci constant de réintégrer la question climatique dans les mécanismes concrets de fabrique de la ville et en prêtant une attention particulière aux enjeux juridiques et politiques, au delà des questions économiques qui ont motivé ce travail. Notre travail de terrain à Grenoble s'est orienté dans une perspective de recherche – action, avec l'objectif de diffuser et valoriser les travaux de recherche entrepris mais aussi d'apprendre aux contacts des acteurs locaux de la planification et du transport.
Nous nous sommes demandé quel pouvait être l'apport de la planification pour construire une ville durable et bas carbone en France et quel rôle pouvait jouer l'analyse économique pour renforcer cet apport, en particulier dans une optique prospective.

Cela a tout d'abord nécessité de décrire de manière générale la nature de la planification avant de présenter ses apports. Cette description a été faite d'une part à partir d'une illustration, l'émergence du véhicule électrique, et d'autre part d'un point de vue plus historique et théorique. Notre analyse a montré à quel point il est nécessaire de disposer d'outils de prospective et de planification stratégique. La complexité des problématiques à traiter, le caractère multi-acteurs de nos contextes contemporains, l'introduction de nouvelles technologies, les défis imposés par le développement durable et le changement climatique, l'impératif enfin d'assurer des politiques équitables, concourent à rendre précieux un instrument permanent de coordination collective au service de la mise en place d'une stratégie. L'exemple de l'émergence du véhicule électrique a illustré le besoin d'une stratégie partagée permettant de construire un ensemble cohérent d'outils de régulation et de signaux afin de réorienter efficacement le système de mobilité, de décider de l'aménagement urbain et d'articuler les différents types de territoires urbains et périurbains. Ce besoin de cohérence s'exprime aussi entre l'échelon local et l'échelon national, avec une vision parfois différente de la mobilité, et avec les acteurs privés, qui auront un rôle croissant avec l'arrivée de solutions innovantes, qu'elles soient de l'ordre technique ou de service. La nature de la planification est bien de porter une vision d'ensemble, articulée, cohérente, qui puisse s'inscrire dans un territoire et donner une direction. A partir de cette volonté de planifier peut alors se déployer une analyse économique permettant de comprendre les évolutions possibles du modèle économique de la mobilité, d'estimer les solutions les plus efficaces... et ainsi d'instruire le choix des stratégies à mettre en œuvre en contribuant à tester et consolider ces visions cohérentes.
L'analyse de l'histoire et des fondements de la planification confirme ces éléments. Elle met en évidence le fait que la planification est un savoir moderne, qui cherche à modifier le devenir de la ville à partir de la connaissance de son fonctionnement. C'est un processus intentionnel, porté par le pouvoir politique, se donnant des moyens pour atteindre un but. Les moyens doivent permettre d'inscrire la stratégie dans le fonctionnement de la ville, c'est-à-dire se traduire dans des réglements, des outils de régulation, des actions de compensation… dans une situation de cohabitation avec les

marchés et l'action de milliers d'agents construisant la ville. Planification et marché sont **deux systèmes d'allocation des ressources** qui coexistent. La planification doit œuvrer à compenser et réduire les défaillances des marchés, ce qui **nécessite donc une bonne connaissance des logiques et mécanismes économiques et un souci constant pour les questions de « qui paie ? » et « qui bénéficie de l'action publique ?»**. Du fait de cette action dans un contexte de marché, en cherchant à surmonter leurs limites dans une logique d'efficacité, sa méthode doit emprunter aux sciences économiques. Quant au but à atteindre, c'est le fruit d'une réflexion prospective, c'est-à-dire d'une démarche d'invention d'un avenir souhaitable. Prospective et planification partagent l'objectif de vouloir r**éduire les risques et les incertitudes** en cherchant non la prédiction, mais à déterminer un horizon souhaitable et des leviers à actionner pour l'atteindre. Ces instruments doivent inverser la notion de risque, partant du principe que si se projeter à long terme est un exercice périlleux, ne pas le faire le serait beaucoup plus.

A partir de cette lecture théorique, l'histoire de la planification urbaine nous donne à voir plusieurs configurations possibles, avec une plus ou moins grande connexion à la fabrique de la ville, des phases contrastées de développement urbain à organiser et des méthodes différentes à l'œuvre. En particulier plusieurs configurations sont possibles entre les différents champs de l'urbanisme, l'urbanisme opérationnel d'un côté via les opérations d'aménagement et la planification de l'autre, elle-même se divisant entre d'une part, la réglementation du sol, et d'autre part la mise en place d'une stratégie plus large. Ces différents éléments peuvent être fortement reliés ou davantage séparés, ce qui aura une implication sur l'efficacité de la planification dans un contexte donné. L'analyse historique met aussi en évidence une désaffection croissante pour l'exercice de planification, en particulier avec le retrait progressif de l'Etat de l'aménagement du territoire et la décentralisation des pouvoirs d'urbanisme à la fin des années 70 et au début des années 80. On préfère alors la flexibilité des projets, plus vendeurs dans un contexte libéral de compétition entre territoires, à la rigidité de plans, qui ont aussi pu connaître certains déboires. La planification était alors associée au dirigisme étatique et à une production urbanistique contestée (grands ensembles). **Une conséquence de ce rejet sera un poids de plus en plus faible de l'analyse économique dans l'exercice ainsi qu'un manque d'articulation entre les politiques publiques au niveau local.**

La planification est toutefois sortie de son état de veille au début des années 2000 (Loi SRU) par la montée des questions de développement durable et par le diagnostic d'un besoin de cohérence territoriale dans un contexte où la décentralisation a évolué. On ressuscite les anciens outils en les transcendant par le concept de développement durable, qui devient alors l'objectif affiché de l'urbanisme. Cette loi SRU est d'une grande ambition. Elle vise à inciter au renouvellement urbain et à réduire l'étalement urbain ainsi qu'à articuler les différentes composantes des politiques urbaines, qui appartiennent à des juridictions différentes (transport, habitat, environnement, urbanisme). Elle introduit aussi un grand nombre d'objectifs environnementaux. Cette grande ambition se retrouve particulièrement dans les SCOT. Par ailleurs, la nature de la planification évolue, elle est davantage tournée vers le processus, dans un contexte où créer de la cohérence horizontale, entre différents acteurs, devient prépondérant. La planification devient un outil de gouvernance et cela se ressent

d'ailleurs dans la logique de constitution des périmètres. Elle est laissée au choix des collectivités mais le législateur a prévu des incitations pour obtenir une coopération au bon niveau.

L'analyse de la littérature et de l'exemple grenoblois nous a ensuite permis d'estimer, au-delà de l'ambition affichée par la loi SRU, l'intensité de l'exercice de planification, et la nature de ses apports à partir de la façon dont les collectivités locales se sont emparées de ces outils. Il apparait alors que dans le contexte actuel, **la planification est avant tout pensée comme un outil de pédagogie autour du développement durable et de construction d'une coopération entre territoires, aux dépens d'une stratégie bien articulée et inscrite dans le fonctionnement du territoire**. Même s'il manque encore le recul suffisant pour réaliser une réelle analyse de résultats, et qu'il y a une certaine hétérogénéité entre les territoires, la planification via les SCOT ne semble pas être un instrument décisif pour orienter le développement urbain. C'est aussi ce que laisse à penser la réforme précoce de ces dispositif par les lois Grenelle alors même que le processus de mise en place des outils est seulement en cours.

Le manque de contenu économique apparait comme particulièrement dommageable pour l'efficacité de la planification. Ce manque se traduit à la fois par une faible connaissance et prise en compte des marchés et de leur logique ; un manque de hiérarchisation entre les problématiques à traiter ; une faible connaissance des coûts de l'urbanisation et un manque d'intérêt pour les questions de redistribution ; un manque d'articulation des outils fiscaux et financiers aux stratégies de développement urbain, enfin par une démarche davantage portée par une logique réglementaire d'interdiction. Cette faiblesse de l'analyse économique s'explique par tout un ensemble de raisons. En particulier, dans un contexte de renouveau de la planification, l'analyse économique n'apparait pas comme un savoir prioritaire à mobiliser. Par ailleurs, les acteurs de la planification n'ont pas de savoir-faire particuliers en économie, mais plutôt en urbanisme et en géographie. Le poids du droit, ainsi que des éléments historiques spécifiques au contexte français, incitent plutôt à privilégier une logique réglementaire dans la démarche de planification, qui n'est pourtant pas suffisante pour constuire la ville désirée. La complexification croissante du droit en fait un élément dominant dans la pratique, au détriment d'autres dimensions.

Renforcer le contenu économique dans la planification est donc à nos yeux une nécessité. Dans ce travail, nous avons choisi de nous concentrer sur quelques aspects, appliqués à la problématique climatique. Il s'agit de construire des outils permettant de réaliser des bilans socio-économiques en prospective : la planification doit pouvoir s'appuyer sur un examen des coûts relatifs de différentes grandes alternatives. Il est nécessaire de construire des outils permettant de hiérarchiser les leviers à disposition pour atteindre un objectif, afin d'assurer une certaine efficacité de l'action publique. Il s'agit enfin de prêter une attention particulière aux dispositifs fiscaux et financiers, qui ont un impact important sur la fabrique de la ville que la planification doit pouvoir réguler. Ces directions, non exhaustives, des apports possibles de l'analyse économique, ont constitué un cahier des charges pour la suite de notre travail.

Pour ancrer cette analyse économique, nous avons choisi le territoire de la région urbaine grenobloise, d'une part pour son action reconnue sur les questions de planification, de modélisation et

de politiques climatiques et d'autre part pour les problèmatiques qui s'y posent (étalement important, hausse des prix fonciers et immobiliers, pollution, financement des transports urbains). Nous avons décrit ce territoire et nous avons ensuite proposé un diagnostic des dynamiques urbaines plus largement valable pour les agglomérations françaises, avec comme objectif de faire de la compréhension des mécanismes socio-économiques à l'œuvre et des leviers disponibles un support de notre travail de prospective. Nous avons alors construit trois scénarios contrastés de développement urbain qui nous ont servis à réaliser notre simulation prospective.

Le choix d'utiliser un modèle urbanisme-transport pour notre analyse économique des politiques climatiques repose sur différentes raisons. D'une part le débat ville dense - ville étalé nous a conduits vers ce type de modèle afin d'interroger cette question de la forme urbaine en dynamique et de manière empirique sur un territoire donné. Plus qu'une forme urbaine idéale, il s'agit de chercher les orientations possibles et profitables, à partir de la situation présente, en s'appuyant sur des outils d'aide à la décision pertinents. En nous intéressant à la question climatique, avec une entrée par le facteur 4 et les outils à disposition pour imaginer les moyens d'atteindre cet objectif, et en analysant les courbes de coût d'abattement, nous avons compris qu'il était nécessaire de développer une approche permettant de bien représenter la dimension locale avec ses spécificités et ses interactions. Cela nous a conduits à formuler un cahier des charges pour l'outil recherché.

Nous avons identifié les modèles urbanisme-transport du type de TRANUS comme les outils pertinents pour répondre à ces exigences et pour mener notre analyse économique. La démarche de choix du modèle en tant que tel nous a permis de mener une réflexion sur la nature des possibles apports d'une simulation numérique et sur les questions d'opérationnalité et de complexité. Nous avons expliqué que la complexité ne se définit pas uniquement par la structure théorique du modèle mais aussi par les choix faits durant l'application. Elle ne prend tout son sens que lorsqu'elle est confrontée aux capacités du modélisateur et de l'utilisateur final. La notion d'opérationnalité émerge alors. Il nous ait alors apparu que le défi de renforcer l'opérationnalité est probablement plus important que celui de sophistiquer techniquement les modèles. D'une part car il n'est pas prouvé que les modèles plus complexes soient plus précis et robustes, d'autre part car il faut abandonner l'idée que les moyens techniques croissants vont nous permettre de produire des outils de prédiction neutres et objectifs pour informer la planification. Tous les modèles reposent fortement sur des hypothèses et sont susceptibles d'être considérés comme des boites noires par les décideurs. L'enjeu est donc davantage de faciliter l'interface entre la modélisation et la planification, afin de co-construire une compréhension de l'outil, de ses possibilités comme de ses limites. Nous retrouvons une démarche équivalente à celle de la prospective et de la planification. Cela nous à conduit à choisir le modèle TRANUS. Nous avons porté un intérêt particulier aux aspects techniques de la calibration de ces modèles, car cela constitue une contrainte importante dans leur utilisation et donc une limite dans leur apport à la planification territoriale.

Plus généralement, cette analyse des outils de modélisation, venant après notre analyse des outils juridiques du droit de l'urbanisme, nous a confrontés à la question de la complexité

croissante, et de ses possibles rendements décroissants. Il nous semble que cette question mériterait d'être approfondie. Nous pensons en effet que notre paradigme de connaissance scientifique nous oriente dans une voie de sophistication qui pourrait dans les faits surpasser nos capacités et ainsi devenir contreproductive. Il y a une grande logique à introduire l'ensemble des éléments importants de nos fonctionnements urbains dans le droit de l'urbanisme, afin de pouvoir pallier à toutes situations et de prendre en compte l'ensemble des problématiques. Toutefois le mettre en œuvre efficacement dépasse vraisemblablement nos capacités actuelles et le risque est qu'à trop vouloir tout faire, les ressources se dispersent et que rien ne soit fait. Dans la modélisation, la promesse d'une puissance de calcul quasi-illimitée ainsi que des logiques propres de sophistication dans le monde de la recherche, peuvent faire oublier le décalage qui existe entre ceux qui doivent être capables de mobiliser ces outils pour prendre des décisions et élaborer des stratégies, et ceux qui sont réellement capables de les utiliser. L'optimum devrait être recherché dans une confrontation entre la puissance et la sophistication des outils et la capacité, en termes financiers et de savoir-faire, des utilisateurs finaux. C'est bien le sens de la science économique que de veiller à allouer efficacement des ressources limitées à la satisfaction de besoins par nature infinis.

A partir du modèle TRANUS et de ses sorties, nous avons construit une méthodologie d'analyse économique des politiques climatiques locales. Il s'agissait de mieux prendre en compte la dimension urbaine dans les courbes de coût d'abattement des émissions. Notre méthodologie s'est voulue cohérente avec une logique de simulation – et non d'optimisation – ainsi qu'avec la logique de la planification et de la prospective, c'est-à-dire basée sur une exploration des alternatives possibles avec une visée intégratrice des rationalités à l'œuvre. Ainsi nous définissons des séquences de mesures à tester par la simulation à partir d'une pluralité de critères, ce qui nous a conduits à des courbes de coûts au profil atypique.

Nos simulations montrent qu'il est nécessaire d'actionner fortement l'ensemble des leviers disponibles pour espérer atteindre le facteur 4 dans le domaine du transport urbain. Le besoin d'actionner l'ensemble des leviers ne signifie pas qu'il n'y a pas de choix à faire à partir de l'analyse économique et que celle-ci n'offre pas d'enseignements. Il s'agit bien, avec la méthode présentée, de tester et comparer des séquences et des mesures, de mettre en avant des facteurs clés sur lesquels jouer pour maximiser le gain pour la collectivité (ou minimiser le coût), et faciliter au final une certaine « optimisation » des décisions dans le cadre de la planification. Toutefois le fait que les marges de manœuvre soient relativement faibles réduit l'influence du critère économique pour identifier des ordres de préférences. Pour le dire autrement, **l'analyse économique serait aujourd'hui peut être plus fondamentale pour comprendre comment mettre en œuvre les mesures identifiées et surmonter les difficultés qu'elles soient politiques (acceptabilité, faisabilité, équité) ou financières, que pour hiérarchiser des alternatives.**

Nous mettons en évidence le fait que les options de réductions dans le domaine du transport urbain sont couteuses, assez largement plus couteuses que les valeurs du carbone généralement considérés. Par ailleurs l'analyse des coûts d'abattement et des bilans socio-économiques met en évidence le caractère non univoque du calcul économique : nous avons en effet explicité les effets de

périmètres et des choix des différentes hypothèses sur les résultats afin de mettre en avant la richesse et la complexité de la démarche d'analyse économique. C'est bien en analysant l'ensemble des configurations et la sensibilité aux différents choix que se dégagent les différents enseignements utiles à la planification.

Nous montrons également que, dans un système urbain à la croissance relativement faible comme celui de la région urbaine de Grenoble, où l'agglomération porte déjà un certain nombre de grands projets urbains, le potentiel de réduction des émissions via une densification des zones urbaines apparait limité au regard de l'ampleur des changements nécessaires pour une telle réorientation des trajectoires urbaines (ce qui se traduit dans des hypothèses fortement contrastées) et des attentes que l'on a généralement vis-à-vis de ce levier. Cet impact est toutefois significatif, la concentration du développement sur l'agglomération permet à ce scénario d'obtenir la trajectoire la plus d'émission la plus basse, elle améliore aussi fortement les bilans socioéconomiques. De plus notre horizon (2030) peut paraître assez court pour des questions d'aménagements qui évoluent lentement, et un regard à plus long terme (entre 2030 et 2050) serait utile pour prendre la pleine mesure des apports d'un développement plus compact. Notre conclusion est que la nécessité de réduire nos émissions passe par l'utilisation de l'ensemble des leviers disponibles. La compacification des aménagements en est un et il est clair que cette option doit être investiguée, en particulier pour les zones bien desservies des premières couronnes d'agglomérations. Nos résultats montrent toutefois qu'il ne faut pas exagérer son potentiel. Il existe de plus de fortes incertitudes sur les coûts en termes d'urbanisation de telles politiques. Ainsi la densification ne devrait pas, comme trop souvent, constituer la porte d'entrée et le slogan d'un développement urbain durable, mais bien une variable, parmi d'autres, à considérer sérieusement dans la démarche de planification. Cela rejoint l'idée développée par ailleurs qu'il faut dépasser l'opposition ville dense/ ville étalée, et davantage repenser le périurbain comme un lieu d'urbanisme, qu'il s'agit d'organiser au mieux plutôt que de l'ignorer.

Au-delà des résultats globaux en termes de consommations d'énergie du territoire suivant les différentes formes urbaines, il est nécessaire d'examiner de manière complémentaire les impacts pour les ménages suivant leurs choix de localisation. Si les différences macroéconomiques en termes d'émissions peuvent paraître limitées, les différences microéconomiques sur les budgets des ménages, entre ceux qui ont fait construire une maison individuelle dans les franges périurbaines dans un scénario d'étalement et ceux qui ont pu accéder à un logement dans l'agglomération dans un scénario de concentration urbaine, peuvent, elles, apparaître importantes. Dans un contexte de hausse des prix du carburant, elle déterminera l'intensité d'un phénomène de vulnérabilité énergétique liée à la mobilité. Cela nous a conduits à analyser cette problématique ainsi que le dispositif fiscal des frais réels, nous permettant de remplir le dernier élément de notre cahier des charges. **Nous montrons que la vulnérabilité énergétique liée à la mobilité est un enjeu important et qu'il faut replacer cette question dans le cadre du fonctionnement des systèmes urbains. Elle relève donc bien de la planification urbaine.** Cela nous a conduits à analyser un de ces dispositifs fiscaux, qui, comme identifiés dans le chapitre 3, n'est pas articulé à la planification alors qu'il joue un rôle dans la fabrique urbaine. Il s'agit des « frais réels » cette disposition fiscale

permettant de déduire de son revenu imposable ses frais de déplacement, représentant ainsi une forme de subvention. Nous montrons que ce dispositif devrait être réformé car il n'est cohérent ni avec les politiques environnementales nationales ni avec le principe de progressivité de l'impôt. Il n'apporte pas non plus une réponse satisfaisante à la question de la vulnérabilité énergétique. Nous avons donc cherché à dégager des pistes de réforme afin de replacer ce dispositif dans le cadre de la planification. Nous avons expliqué que cela nécessiterait un rôle plus important des collectivités locales et une gouvernance à l'échelle de l'aire urbaine qui pour le moment n'existe pas. Enfin, une telle politique de lutte contre la vulnérabilité nécessiterait une démarche de planification donnant une plus grande importance à l'analyse économique, dont nous avons tenté de montrer l'intérêt dans ce travail.

La réflexion sur la vulnérabilité et les réformes possibles des frais réels nous a conduits au défi de réorienter la fabrique de la ville sans aggraver les vulnérabilités existantes. Cela constitue un défi pour la planification, et plus largement pour la transition écologique. Réformer ce dispositif nécessite de comprendre comment gérer une transition dans le cadre de la planification permettant de réorienter les choix des ménages, afin d'éviter les vulnérabilités futures, tout en réduisant les difficultés présentes des ménages. Cela est absolument nécessaire pour qu'elle apparaisse acceptable et faisable. Il ne faut toutefois pas non plus imaginer des dispositifs complexes, qui seront automatiquement qualifiés « d'usines à gaz ». Comprendre et analyser la faisabilité de telles politiques publiques n'a pu qu'être éffleuré dans le cadre de ce travail, et représente à nos yeux une question fondamentale.

Afin d'aller au bout de notre analyse des apports des outils économiques pour la planification territoriale, et à partir des différents éléments méthodologiques soulevés au cours de ce travail concernant le calcul économique et la modélisation, nous avons interrogé les conditions qui permettraient de renforcer le rôle de l'analyse économique dans la planification. La première étape a été de faire le point sur le calcul économique dans le domaine du transport urbain, nous avons vu ses limites, techniques et théoriques. Si certaines limites techniques peuvent être surmontées, en particulier avec un modèle comme TRANUS, surmonter les limites théoriques nécessite de revenir plus fondamentalement sur les caractéristiques du calcul économique. Nous avons mis en avant son caractère nécessairement incertain ainsi que son ambition de passeur entre sphère économique et sphère politique. Nous avons aussi compris que ces éléments prenaient un sens particulier dans notre contexte contemporain multi-acteurs, en opposition avec une période où les services techniques de l'Etat centralisé étaient plus importants. Plus largement nous avons compris que dans le contexte de pluralité des ordres du développement durable, avec une incertitude croissance sur les préférences collectives, **le calcul économique devait jouer le rôle d'un dispositif de co-construction dans le cadre de la planification.** Ainsi se dessine une voie qui permettrait de surmonter les deux limitations du calcul économique, le caractère incertain et la difficulté de l'interface, sources de sa légitimité contestée. Cette voie est de la construction d'un cadre dans la planification permettant de tirer parti du caractère incertain au profit d'un processus collectif de tâtonnement, où l'interface entre les *producteurs* du calcul économiques et les *utilisateurs* serait fluidifiée par cette contrainte de co-construction, contrainte qui deviendrait en fait la condition de l'opérabilité du dispositif.

L'analyse des dynamiques de modélisation au niveau local, et en particulier sur le territoire grenoblois, nous a permis d'identifier des évolutions contextuelles ainsi que des conditions à satisfaire qui permettraient de faciliter l'émergence des modèles urbanisme-transport dans le paysage français. L'importance des logiques de relocalisation, la montée en puissance des intercommunalités sur les questions d'urbanisme avec des périmètres plus larges pour les PLU et des horizons longs pour les PDU, la maturation de la modélisation transport et l'effort de recherche engagé sur les modèles urbanisme-transport, concourent pour rendre plus probable l'utilisation opérationnelle de ces modèles. Cela est particulièrement vrai à Grenoble où la tradition de modélisation est forte et pour laquelle l'agence d'urbanisme joue un rôle primordial. Toutefois cela nécessite de faciliter et donc bien formaliser la mise en place de ces modèles, donc de fournir un effort important d'interface entre la recherche et les utilisateurs professionnels, dans un travail d'aller-retour entre les besoins de ceux-ci et les développements techniques.

Enfin nous avons analysé les évolutions qui permettraient plus généralement de renforcer le contenu économique dans les démarches de planification du type SCOT. Les questions de compétence humaine sont bien sûr fondamentales et il s'agirait de renforcer des profils à l'aise avec le droit de l'urbanisme et l'économie de l'aménagement autant que de favoriser les échanges entre équipes de planificateurs et équipes plus opérationnelles. Les services déconcentrés de l'Etat ont aussi un rôle à jouer. Les Directions départementales de territoires devraient être renforcées et devraient faire évoluer leur rôle, abandonnant celui de censeur, avec une approche uniquement réglementaire centrée sur le contrôle de légalité, pour aller vers un rôle plus « positif ». Cela consisterait à apporter un savoir-faire, un accompagnement dès l'amont des projets, en favorisant le travail de réflexion et de justification dans les documents de planification. Le renforcement de l'analyse économique peut aussi être favorisé par la mise en place de cadres de péréquation incitant davantage les collectivités à réaliser des calculs globaux plutôt que des calculs marginaux et permettant de mettre en place de vrai choix, c'est-à-dire impliquant perdants et gagnants, dans la planification. Enfin, l'analyse des réformes de la décentralisation nous a permis de prendre la mesure des difficultés existante à clarifier les compétences des différents échelons de pouvoirs locaux, et à organiser la gouvernance dont la planification stratégique aurait besoin. Nous avons aussi mis en évidence la force d'initiative des collectivités locales, et dans le contexte actuel, ce levier, ainsi que celui de la rigueur budgétaire, semblent constituer les principales forces de mises en mouvement de l'organisation des pouvoirs locaux.

En conclusion, il apparait que les apports de la planification territoriale pour construire la ville sobre en carbone sont aujourd'hui relativement limités. Du fait de la structure institutionnelle et de l'histoire de la décentralisation, elle est aujourd'hui centrée sur la reconstruction d'une coopération locale et la diffusion des thématiques du développement durable. De plus, la faiblesse de son contenu économique contribue à une stratégie relativement faible car peu hiérarchisée, peu évaluée et peu connectée à la réalité des mécanismes urbains. Les outils et les analyses développés dans cette thèse peuvent contribuer à renforcer ce contenu économique et ainsi améliorer les stratégies de planification territoriale. Cela nécessite toutefois de construire un cadre adéquat pour le calcul économique et dépend d'un certain nombre d'évolutions dans la gouvernance et la pratique de la planification. Dans tous les cas ces évolutions prendront du temps.

Références

- Abraham, JE, (2000) Parameter Estimation Strategies for Large Scale Urban Models, *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board* 1722:9-16.
- Abraham, C. Préambule in Maurice, J., Crozet, Y. (2007) *Le calcul économique dans le processus de choix collectif des investissements de transport,* Economica, 15/10/2007
- Accardo, J., Bugeja, F. (2009) Le poids des dépenses de logement depuis 20 ans, *Insee Références*, dans Cinquante ans de consommation en France, édition 2009, septembre 2009. http://insee.fr/fr/ffc/docs_ffc/ref/CONSO09d.PDF
- ADCF (2011) *Décentralisation et dépénalisation du stationnement : une réforme impossible ?*, Octobre 2011, Assemblée des communautés de France, http://www.adcf.org/transports-et-mobilites/Decentralisation-et-depenalisation-du-stationnement-une-reforme-impossible--709.html page visitée pour la dernière fois le 23/06/2013
- ADCF et INET (2011) *La mutualisation des services : un enjeu d'intégration intercommunale*, Paris, 18 juin 2011, Assemblée des communautés de France, Institut national d'études territoriales, Etude réalisée par F. Boulanjon, A. Choutet, J. Dezobry, L. Dolique et Fr. Roussel-Devaux Elèves administrateurs territoriaux de l'INET
- Ademe, (2007) *Guide des facteurs d'émissions*, V5, Bilan Carbone Entreprises et Collectivités
- Ademe (2007b) La lutte contre le changement climatique, créatrice d'emplois en Europe et en France, *Ademe Stratégies&Etudes n°1*, 16 Avril 2007
- Ademe (2009a) Les transports électriques en France, un développement nécessaire sous contrainte, *Ademe Stratégies&Etudes* n°21, 21 juillet 2009
- Ademe (2009b) Maîtrise de l'énergie et développement des énergies renouvelables: un marché en croissance continue malgré la crise économique, *Ademe Stratégies&Etudes* n°22 1er décembre 2009
- Ademe, (2010) *Faisabilité des zones d'actions prioritaires pour l'air*
- Ademe (2011) *Véhicules particuliers vendus en France*, Guide officiel, Ademe
- Adeus (2011) *Habiter et se déplacer dans le Bas Rhin : quel coût pour les ménages?*, Les notes de l'ADEUS, n°50, 2011.
- AIE (2008) *World Energy Outlook 2008*, International Energy Agency, OECD Paris
- Albrechts, L., Healey, P., Kunzmann, K.R., (2003): Strategic Spatial Planning and Regional Governance in Europe, *Journal of the American Planning Association*, 69:2, 113-129
- Albrechts L, 2004, Strategic (spatial) planning reexamined, *Environment and Planning B: Planning and Design* 31(5) 743 – 758
- Allcott, H. (2011) Consumers' Perceptions and Misperceptions of Energy Costs, *American Economic Reviews: Papers & proceedings*, May 2011
- Allio, C. Waizman, H. (2013) Les actions locales dans la transition postcarbone. Une simulation des effets macroéconomiques, Dossier Spéciale Ville Post Carbone, *Futuribles*, Janv-Fev 2013, num 392
- Alonso, W.,1964, *Location and Land use*, Harvard University Press
- Alyce, Sofreco and Setec (2010) *Développer une infrastructure de covoiturage ? Opportunités et spécifications d'une organisation fonctionnelle et spatiale en vue d'une expérimentation en Ile-de-France*, Rapport Complet pour le Predit, Juin 2010.
- Amar, M. Baudrey, A. Prost, C. (2011) Les évolutions de l'emploi et des salaires depuis 1990, *Emploi et salaire éditions* 2011 Insee
- American Association of State Highway and Transportation Officials, (2007) *Forecasting Indirect Land Use Effects of Transportation Projects*, December 2007: Aashto
- Arkwright, E., Godefroy, S., Vasquez, M. (2005) *Les Finances publiques et la réforme budgétaire*, La Découverte, 2005

- Arnault, S., Crusson, L. (2012) La part du logement dans le budget des ménages en 2010, *Insee Première* n°1395 Mars 2012, division Logement, Insee
- Artus P., Autume A., Chalmin P., Chevalier, J.-M., (2010), *Les effets d'un prix du pétrole élevé et volatile*, Conseil d'analyse économique, Paris, 2010.
- Ascoparg, Alnaïr, Explicit, (2011) *Prendre en compte la réduction des émissions de GES dans le SCOT de la région grenobloise*, Juillet 2011. Document interne : comité syndical.
- Auby J.B. (2006) Quelques réflexions sur l'état du droit de l'urbanisme, *Etudes foncières* n°120, 2006
- Auby, J.B. (2013) *Droit de la ville. Du fonctionnement juridique des villes au droit à la Ville*, Lexis Nexis, janvier 2013
- Aulagnier, V. (2012) *Smart-charging des flottes captives : le projet Infinidrive*. Présentation lors de la Journée de la Chaire Prospective pour les enjeux Energie-Climat, CMA, Mines de Paris 3 octobre 2012, Mines Paristech
- Automobile Club Association (2010) *Budget de l'automobiliste français 2009*, Juin 2010
- Baccaïni, B., Sémécurbe, F. (2009) La croissance périurbaine depuis 45 ans, *Insee Première* n°1240, juin 2009
- Bailly, A., Bourdeau-Lepage, L. (2011) Concilier désir de nature et préservation de l'environnement : vers une urbanisation durable en France, *Géographie, économie, société*, 2011/1 Vol. 13, p. 27-43.
- Banister, D. 2008, The sustainable mobility paradigm, *Transport policy*, 15 (2008) 73-80;
- Banister, D. 2011, Cities, mobility and climate change, *Journal of Transport Geography* 19 (2011) 1538-1546
- Baraud-Serfaty I., Lefèvre B., Renard V., (2011) *De quelles innovation financière a-t-on besoin ?*, Note de synthèse n°2, Club Ville, Iddri, 2011
- Batty, M. (1979) Progress, success and failure in urban modeling. *Environment & Planning A* 11(8): 863-878.
- Beaucire, F., Rosales-Montano S., Duflos E., Turchetti I. (1999) *Les outils de la planification urbaine au service de la relation urbanisme/transport Approche dans la perspective du développement durable* - PREDIT– FNAU - MAI 1999
- Ben-Akiva, M. (1974) Structure of passenger travel demand models. *Transportation Research Record* 526.
- Berger, G. (1955) L'homme et ses problèmes dans le monde de demain. Essai d'anthropologie prospective, 1955. *Les Études philosophiques*, nouvelle série, 11ème année, 1, pp. 150-151
- Berger, G. (1956) L'avenir des sciences de l'homme, *La Nef*, 13ème année, nouvelle série, 13 : Condition de l'homme, Paris, Julliard, pp. 215-224
- Berger, G. (1959) *L'attitude prospective*, in Berger, G. (dir.), L'Encyclopédie française, tome 2 : Le monde en devenir (histoire, évolution, prospective), Paris : Société nouvelle de l'Encyclopédie française, pp. 20/54/12-14
- Berger, G., Massé, P., De Bourbon Busset, J. (2007) *Texte fondamentaux de la prospective française : De La Prospective*, L'harmattan, 2007
- Bertaud, A., 2001, *Metropolis: A Mesure of the Spatial Organization of 7 Large Cities*, http://alainbertaud.com
- Bessy-Pietri, P. (2000) Les formes récentes de la croissance urbaine, *Economie et Statistiques*, Insee, n°336
- Bigot, R. (2009) *Les classes moyennes sous pression,* Credoc, Consommation et Modes de vie n°219, 2009
- Birch, E.L., Silver, C., (2009) One Hundred Years of City Planning's Enduring and Evolving Connections, *Journal of the American Planning Association*, Vol. 75, No. 2, Spring 2009

- Blais, J. Maur, A.N. (2009) Les contrats d'axe, un outil d'articulation urbanisme-transport, *TEC* n°203, juillet-septembre 2009
- Blanc, M. (2010) Métiers et professions de l'urbanisme : l'ingénieur, l'architecte et les autres, *Espaces et sociétés* 2/2010 (n° 142), p. 131-150.
- Boiteux, M., (2001) *Transport : choix des investissements et coût des nuisances*, Commissariat Général du Plan.
- Boltanski, L., Thevenot, L. (1991) *De la justification, les économies de la grandeur,* Gallimard Essais
- Bonnafous, P A. Boucq, E. Glachant, M. Hivert, L. Kaufmann, V. Goyon, M. Madre, J.L. Ortar, N. Vincent, S. Wingert, J.L (2010) *Pétrole, mobilité, CO_2 : Les politiques publiques et l'automobilité face à la variation des prix du pétrole,* Rapport Final pour le PREDIT, mai 2010
- Bonnel, P. Caubel, D. Mignot, D. (2005) *Lyon 21 : Etude de faisabilité d'un système de transport radicalement pour la zone dense lyonnaise*. Lyon : LET. 2005. 220 p. (Etudes et Recherches, n°17). ISSN 0769-6434
- Booth, P. (2009) Planning and the Culture of Governance: Local Institutions and Reform in France, *European Planning Studies*, 17:5, 677-695
- Bouteille A. (2008) Le règlement d'urbanisme ne fait pas la ville. Les déterminants économiques de la densité parcellaire, *Etudes Foncières* n°135, 2008
- Bouvier , M. (2013) Repenser la solidarité financière entre collectivités locales : les nouveaux enjeux de la péréquation en France, *Revue française d'administration publique* pp. 75-78
- Bowman, J.L., (2006) *A Review of the Literature on the Application and Development of Land Use Models*, June 7, 2006 Prepared for Atlanta Regional Commission, Transportation Systems and Decision Sciences, http://www.ampo.org/assets/616_arclandusemodellitreview.pdf
- Briant, P. (2010) L'accession à la propriété dans les années 2000, *Insee Première* n°1291, Mai 2010, division logement, Insee
- Brinke, L., Faber, J. (2011) *Examen de l'analyse économique globale de l'aéroport du Grand Ouest Comparaison avec des améliorations sur Nantes Atlantique*, Delft, CE Delft, Octobre 2011
- Bureau, B., Glachant, M., (2004) *Economie des effets distributifs de la tarification de la circulation en zone urbaine*, CERNA
- Burgeap, ICE, EIFER, Tracés Urbains, Mulhouse Agglomération, AURM, ALME, (2012), *Projet de recherche « Repenser les villes dans une société Post-Carbone » Application au Pays de la région Mulhousienne*, pour Meddtl et Ademe.
- Callonnec, G. (2009) Fiscalité comparée de l'énergie et du CO_2, en Europe et en France, *Insee Stratégie&Etudes* n°20, Ademe
- Camagni, R., Gibelli, M. C., Rigamonti, P. (2002) Forme urbaine et mobilité : les coûts collectifs des différents types d'extensions urbaine dans l'agglomération milanaise. *Revue d'Économie Régionale et Urbaine*, 2002- 1, pp. 105-139.
- Castel, J.C., (2002) *La SRU Nouvel ordre urbain ou ultime avatar des années soixante ?*, Contribution au séminaire planification urbaine METL-ENPC 2001-2002
- Castel, J.C., (2004) *L'étalement urbain*, Editions Certu
- Castel J.C, (2005b) *Le marché favorise t-il la densification ? Peut-il produire de l'habitat alternatif à la maison individuelle ?*, Colloque Etudes foncières, 14/10/2005
- Castel, J.C. (2006) Les coûts de la ville dense ou étalée, *Etudes Foncières* n°119, 2006
- Castel J.C., (2006b) *Les liens entre l'organisation urbaine et les déplacements*, Certu, Groupe Observation Urbaine, Programme IUD
- Castel, J.C. (2007) De l'étalement urbain à l'émiettement urbain, *Les Annales de la recherche urbaine* n°102, 0180-930-X, 2007, pp.89- 96© MEDAD, PUCA
- Castel J.C. (2010) Les deux faces de l'urbanisation, Ville dense, Ville diffuse, *Etudes Foncière* n°147, 2010

- Castel J.C., Bouteille, A. (2011) L'impact de la densité sur les coûts de production, *Technicités*, 204, 2011
- Castel J.C., Jardinier, L. (2011) La densité au pluriel, Un apport à la recherche sur les coûts de l'urbanisation, *Etudes Foncières* n°152, 2011
- Castel, J.C. (2012) *Economie de la densité et de l'étalement urbain*, UCI FFB
- Certu (2002) *Recommandation pour l'évaluation économique des projets de TCSP*
- Certu (2003) *Mise en conformité des PDU avec la loi SRU*, http://www.certu.fr/fr/_Mobilit%C3%A9_et_d%C3%A9placements-n25/D%C3%A9placements_et_planification-n46/PDU-n47/IMG/pdf/17.pdf visitée la dernière fois le 23/06/2013
- Certu (2007) *Le covoiturage en France et en Europe*, Rapport d'étude, Octobre 2007
- Certu (2008) Distances de déplacements et effet de serre - Où sont les enjeux en milieu urbain ?, *Mobilité faits et chiffres*, n°4, Novembre 2008
- Certu (2008b) *Péages urbains : permettre leur expérimentation en France*, Note de synthèse n°3, 2008
- Certu, (2009) *Contraintes de stationnement et pratiques modales*, ISSN 1263-2570 Certu/RE--09-04
- Certu (2009b) *Tramway et Bus à Haut Niveau de Service (BHNS) en France : domaines de pertinence en zone urbaine*, Mobilités et transports, Fiche n° 12 Tramway et BHNS en France - Novembre 2009
- Certu (2010a) *Panorama des transports collectifs urbains dans les agglomérations de plus de 250 000 habitants,* Situation 2008 et évolutions - Hors Île de France, Novembre 2010
- Certu (2010b) *Nouveaux modes de financement du transport*, Décryptage Grenelle Transport, Fiche n° 3, Octobre 2010
- Certu, (2010c) *Articuler transport et urbanisme, chartes, contrats d'axe, Retour d'expérience*, Juin 2010
- Certu, (2010d) *Stationnement- Eléments juridiques* Fiche n°2, 2010
- Certu (2011) *Quel potentiel pour les nouveaux services à la mobilité ?*, Mémoire de Master de Marie Arbouet, 2011
- Certu et Ademe, (2011) *Etablir un compte déplacement à l'échelle locale.*
- Certu, Cete Nord Picardie (2007) *Distinctions entre les notions de compatibilité et de conformité, Plans de déplacements urbains,* Eléments juridiques, Fiche n°1, 2007
- Cete(2005) *Importance et conséquence du vieillissement de la population en périurbain*, Février 2005
- CGDD (2009) *Dépenses de carburant automobile des ménages, Commissariat général au développement durable*, Études& Documents n°8, 2009.
- CGDD, (2010) *La mobilité des Français, Panorama issu de l'Enquête nationale transports et déplacements 2008*, Service de l'observation et des statistiques, La revue du CGDD, Mars 2010
- CGDD (2010b) *Coûts et avantages des différentes formes urbaines, Synthèse de la littérature économique* Etudes & documents n°18, Service de l'économie, de l'évaluation et de l'intégration du développement durable, Commissariat général au développement durable, mars 2010
- CGDD, (2011a) *Consommation de carburant : effets des prix à court et long termes par type de population*, Etudes et documents n°40
- CGDD (2011b) *Les véhicules électriques en perspectives, analyse coûts-avantages et demande potentielle*, Etudes&Documents n°41 Mai 2011
- CGDD, (2011c), *Le prix des terrains en France : la localisation, encore la localisation, toujours la localisation,* Observation et Statistiques, Le point sur n°74, Février 2011

- CGDD (2012) *Les comptes du transport en 2011*, Références, Service de l'observation et des statistiques, Commissariat général au développement durable, Juillet 2012
- Chancel, L (2013) Quel bouclier social-énergétique ? Working Paper n°10, Iddri
- Chancel, L. Saujot, M. (2012) Les « frais réels » : une niche fiscale inéquitable et anti-écologique ? Working Paper n°19, Iddri
- Chancel, L. Saujot, M. (2013) Inégalités, vulnérabilités et transition énergétique, Policy Brief n°02 Iddri
- Charmes, E. (2002) Densifier les banlieues, *Etudes foncières,* n°99, septembre octobre 2002
- Charmes, E. (2008) La sécession d'une commune, *Etudes Foncières* n°135, 2008
- Charmes, E. (2009) L'explosion périurbaine, *Etudes Foncières* n°138, 2009
- Charmes, E. (2011) *La ville émiettée, La ville en débat,* Presses Universitaires de France, 2011
- Charmes, E. (2012) La vie périurbaine favorise-t-elle le vote Front national ?, *Etudes foncières*, n°156
- Château, B., Bagard, V., Crozet, Y., Lopez-Ruiz, H. (2008), *Comment satisfaire les objectifs internationaux de la France en termes d'émissions de gaz à effet de serre et de pollution transfrontière ?*, PREDIT 3, Groupe 11, Politique de Transport
- Chevasson, G. (2007) *Le calcul économique à l'épreuve des contraintes du secteur des transports routiers*, Thèse pour le doctorat de sciences économiques, Université Lumière 2
- Clément-Werny, C. (2010) L*es défis urbains et la mobilité urbaine durable*, Certu, 2010
- Colavitti, A.M., Usai, N., Bonfiglioli, S. (2013) Urban Planning in Italy: The Future of Urban General Plan and Governance, *European Planning Studies*, 21:2, 167-186
- Comber, F. van Nes, R. (2012) *Conception de réseaux multimodaux hiérarchisés*, Journée spécialisée Chaire Stif - Ecole des Ponts ParisTech, 29/03/2012
- Combet, E., Ghersi, F., Hourcade, J.C., Thurbin, C. (2010) *La fiscalité carbone au risque des enjeux d'équité*, CIRED.
- Comby, J. (1988) Faut-il enterrer les schémas directeurs?, *Etudes Foncières*, juin 1998, n° 39, p. 38.
- Comby, J., Renard, V. (1996) *Les politiques foncières*, Presses Universitaires de France, collection "que sais-je?", Paris, 1996
- Comby, J. (1989) *L'impossible propriété absolue*, dans Un droit inviolable et sacré, La propriété, ADEF, 1989, 238p
- Comby, J. (2013a) *Qui doit payer l'urbanisation*, Disponible en ligne sur http://www.comby-foncier.com/
- Comby, J. (2013b) *Les logiques contradictoires du portage foncier*, Disponible en ligne sur http://www.comby-foncier.com/
- Communes de Bordeaux, Bruges et Blanquefort (2011) *3ème phase du Tramway de l'agglomération bordelaise Construction de la ligne Tram-train du Médoc, Dossier d'enquête préalable à la déclaration d'utilité publique et de mise en compatibilité du Plan Local d'Urbanisme de la Communauté Urbaine de Bordeaux Pièce n°7 Evaluation socioéconomique* ; en ligne http://www.lacub.fr/tramway/tram-train-du-medoc-0)
- Confédération Européenne des Syndicats, Instituto sindical de trabajo, Ambiente y salud, Social Development Agency, Syndex Wuppertal Institute (2007) *Changement climatique et emploi, Impact sur l'emploi du changement climatique et des mesures de réduction des émissions de CO_2 dans l'Union européenne à 25 à l'horizon 2030*
- Consales, G., Fesseau, M., Passeron, V. (2009) *La consommation des ménages depuis cinquante ans*, Insee
- Conseil d'analyse économique (2007) *Vieillissement, Activités et territoires à l'horizon 2030*, Conseil d'analyse économique

- Conseil d'Analyse Stratégique (2009) *Analyse : La captation de la plus-value foncière et immobilière : une nouvelle source de financement des infrastructures de transport collectif ?* Note de Veille n°129 (mars 2009)
- Conseil d'Analyse Stratégique (2010) *Les nouvelles mobilités*, Novembre 2010, p20-23
- Conseil d'Analyse Stratégique (2011) *La voiture de demain : carburant et électricité,* Rapport de la mission présidée par Jean Syrota, Rapports&Documents Juin 2011
- Conseil Emploi Revenu Cohésion Sociale (CERC) (2005) *La sécurité de l'Emploi*, Rapport n°5, 2005.
- Conseil des Prélèvements Obligatoires (2011) *Prélèvements obligatoires sur les ménages : progressivité et effets redistributifs*, mai 2011.
- Conseil d'Orientation pour l'Emploi (2010) *Croissance Verte et Emploi*, Conseil d'Orientation pour l'Emploi 2010 : COE
- Cour des Comptes (2005) *Les transports publics urbains*, Rapport de la cours des comptes, La documentation française, 261p, Avril 2005
- Cour des Comptes (2013) *Synthèses Tome I Les observations Le rapport public annuel*
- Crane, R. Landis, J. (2010) Introduction to the Special Issue, *Journal of the American Planning Association*, 76:4, 389-401
- Crassous, R. (2009) *Trajectoires de prix du carbone calculées avec le modèle IMACLIM-R*, dans Quinet, A., La valeur tutélaire du carbone, Centre d'analyse stratégique, La documentation française, Avril 2009
- Criqui, P., Mima, S., Viguier, L., (1999) Marginal abatement costs of CO_2 emission reductions, geographical flexibility and concrete ceilings: an assessment using the POLES model, *Energy Policy*, Volume 27, Issue 10, 1 October 1999, Pages 585-601,
- Criqui, P. Menanteau, P. Saujot, M. Bougnoux, B. Fournier, J. (2013) Rapport de synthèse, projet AETIC, Lepii-Edden, Iddri, Cstb, Veolia, Enerdata, Pacte, ANR Ville Durable
- Crozet, Y., Marlot, G. (2001) Péage urbain et ville « soutenable » : figures de la tarification et avatars de la raison économique, *Les Cahiers Scientifiques du Transport***,** N° 40/2001 - Pages 79-113
- Crozet Y. (2004) *Calcul économique et démocratie : des certitudes technocratiques au tâtonnement politique* in Cahiers d'Economie Politique, no 47, 2004, p. 155-172
- Crozet.Y, Glachant. M (2007) Le péage urbain, peut-être mais comment ?, *Infrastructures et Mobilités*, 2007, n°64, pp8-10.
- Crozet, Y., (2008), Transport, mobilité et climat, l'impératif du « Facteur 4 » !, *Pouvoirs Locaux* n°77 II/2008
- Crozet, Y., Ovtracht, N., Thiebaut, V. (2009) *L'accessibilité : du concept à l'outil d'évaluation des politiques de mobilité urbaine durable*, Papier présenté au colloque Théoquant 2009
- Crozet Y., Mercier A., Ovtracht N. (2010), *Assessing past and future urban policies for accessibility: "Mosart" a GIS-T tool applied to Lyon's urban area*, North American Regional Science Conference (NARSC), Denver, 12 novembre 2010
- Crozet, Y. (2012) Infrastructures comment décider ? Grand Entretien pour *Millénaire* 3 n°2, Société urbaine et action publique, Grand Lyon, Printemps-été 2012
- Crozet, Y. (2013) *Tout ne viendra pas des gares, dans Le logement en Ile de France, une « bombe à retardement »*. Equipe Seura, Paris – Mars 2013.
- Cohen, M.J. (2012) The future of automobile society: a socio-technical transitions perspective, *Technology Analysis & Strategic Management*, 24:4, 377-390
- Dauphiné Libéré (2010) *Spécial SCOT*, 20 Mai 2010
- De Quero, A., Lapostolet, B. (2009) *Rapport du Groupe de travail Précarité énergétique*, présenté par P. Pelletier, Plan Bâtiment Grenelle, 2009
- Deloitte (2011) *Will Chinese consumer ride the electric vehicle wave – China results*

- Delpech, C. (2012) Réforme de la TP. Une fiscalité plus locale ?, *Etudes foncières* n°156, Mars-avril 2012
- De la Barra, T. (1989) *Integrated Land Use and Transport Modelling-Decision Chains and Hierarchies*. Cambridge Urban and Architectural Studies. Cambridge University Press, Great Britain, 1989
- De la Barra, T. (2012) *Proposed procedure to calibrate the land use model in TRANUS*, Note pour le googlegroup TRANUS.
- De Palma, A., Fontan, C. (2001), Choix modal et valeurs du temps en Ile-de-France, *Recherche Transports Sécurité*, 71, 24-48.
- De Palma, A., Ngueyn-Luong, D., Motamedi, K., Picard, N., Moyano, J., Waddel, P., Chauchard-lefevre, F., Ouaras, H., (2005) *Modèle dynamique de SIMulation de l'interaction Urbanisation-transports en Région Ile-de-France, Application à la Tangentielle nord,* rapport pour le PREDIT 2002-2006 Groupe 1 Mobilité, territoires et développement durable, Octobre 2005
- Debizet, G. (2011) L'évolution de la modélisation des déplacements urbains en France 1960-2005, Le poids de l'organisation institutionnelle des transports, *Flux*, 2011/3 n° 85-86, p. 8-21.
- Demongeot, B. (2008) *Le cas du tramway : appropriations locales et construction d'un objet standard d'action publique*, dans le cadre de la Journée d'étude du laboratoire junior MOSAP Les savoirs, de leur production à leur mobilisation Enquêtes sur les politiques de transport ENS-Lettres et Sciences Humaines, Lyon, 22 avril 2008, 10h-16h30
- Demouveaux J.P. (2000) La planification urbaine entre la police et le contrat, *Etudes Foncières* n°86, 2000
- Demouveaux J.P., Lebreton J.P., Noury A. (2011) *Planification et règles d'urbanisme*, Gridauh, Droit de l'aménagement, de l'urbanisme, de l'habitat, p181, 2011
- Denizot, D. Vanier, M. (2006) Les représentations à l'épreuve du temps : Grenoble en images prospectives (1938-2004), dans Territoires 2030 n°3, *Revue scientifique de la Diact consacrée aux territoires et à la prospective*
- Departe, A., (2010) Etude prospective sur la seconde génération de biocarburants, *Cahiers du Trésor*, Numéro 2010/03 – Septembre 2010, Direction générale du Trésor.
- Département de la Manche (2010) *Schéma départemental des aires de covoiturage*, 2010
- Département du Rhône (2008) Observatoire Foncier du Rhône
- Desjardins, X. (2007) *Gouverner la ville diffuse La planification territoriale à l'épreuve,* Thèse pour le doctorat de géographie de l'Université Paris I Panthéon-Sorbonne
- Desjardins X., Leroux B. (2007) Les schémas de cohérence territoriale : des recettes du développement durable au bricolage territorial, *Flux* n°69, 2007
- Dijkstra E. W. (1959) A note on two problems in connexion with graphs, *Numerische Mathematik* 1959, Volume 1, Issue 1, pp 269-271
- Direction Générale de l'Energie et des Matières Premières (2006) *Consommation de carburant des véhicules particulières en France 1988-2005*, Direction Générale de l'Energie et des Matières Premières,
- Donzelot, J., Mongin, O. (2013) Tous périurbains, Tous urbains, *Esprit*, Mars/Avril, 2013/3-4, 240 pages
- Dreal Franche Comté (2011) *L'émergence d'un SCOT*, Fiches pratiques SCOT
- Driscoll, P.A., Theodórsdóttir, A.H., Richardson, T., Mguni, P. (2012) Is the Future of Mobility Electric? Learning from Contested Storylines of Sustainable Mobility in Iceland, *European Planning Studies*, 20:4, 627-639
- Du Crest T. (1999) Modelisation interactive usage du sol - transport, Presentation d'une application sur Lyon a l'aide du logiciel TRANUS, *Actes INRETS*, Vol.83, pp. 103-110
- Duleep, G., van Essen, H., Kampman, B., Grünig M. (2011) *Impacts of electric vehicles, Deliverable 2, Assessment of electric vehicle and battery technology*, Report 2011 for the European Commission, ICF, CE Delft, Ecologic.

- Duméry, H. (2013), Berger Gaston - (1896-1960), *Encyclopædia Universalis* [en ligne], consulté le 23/06/2013 URL : https://acces-distant.sciences-po.fr:443/http/www.universalis-edu.com/encyclopedie/gaston-berger/).
- Echenique, M.H. Hargreaves, A.J. Mitchell, G. Namdeo, A. (2012): Growing Cities Sustainably, *Journal of the American Planning Association,* 78:2, 121-137
- Ekins, E., Kesicki, F., Smith, A.Z.P. (2011) *Marginal abatement cost curves: a call for caution*, UCL Energy Institute, April 2011
- EPA (2000) *Projecting Land-Use Change: a summary of models for assessing the effects of community growth and change on land-use patterns.* EPA/600/R-00/ 098, 2000.
- Etablissement Public du SCOT, (2012a) *Rapport de présentation*, http://www.region-grenoble.org/index.php?option=com_content&view=article&id=53&Itemid=253
- Etablissement Public du SCOT, (2012b) *Plan d'Aménagement et de Développement Durable* http://www.region-grenoble.org/index.php?option=com_content&view=article&id=53&Itemid=253
- Etablissement Public du SCOT, (2012c) *Etude SCOT & CO_2*, 2012
- Etablissement Public du SCOT, (2012d) *Document d'orientation et d'objectifs*.
- EWING R. (1997) Is Los Angeles-style sprawl desirable ? Journal of the American Planning Association, 63 (1), pp. 107-126
- Ewing, R. Bartholomew, K. (2009) Comparing Land Use Forecasting Methods Journal of the American Planning Association, Vol. 75, No. 3, Summer 2009 DOI 10.1080/01944360902956296
- Ewing, R. Cervero, R. (2010) Travel and the Built Environment, *Journal of the American Planning Association*, 76:3, 265-294
- Ewing, R., Bartholomew, K., Winkelman, S., Walters, J, Chen, D., (2008) *Growing Cooler. Evidence on Urban Development and Climate Change. Urban Land Institute*, Washington.
- Faivre d'Arcier, B. (2008) *Prospective pour un financement durable des transports publics urbains*, Rapport final pour le Predit, Lyon : LET, CNRS, ENTPE, septembre 2008.- 164 p
- Faure, M-E, Soual, H., Kerdrain, C. (2012) *La consommation des ménages dans la crise*, Insee
- Fédération nationale des SCOT (2012) *Annuaire des SCOT 2012/2013*, 17 novembre 2012
- Fitch (2007) *Fiche de notation du SMTC*
- Floch, J.M., Levy, D. (2011) *Le nouveau zonage en aires urbaines de 2010 Poursuite de la périurbanisation et croissance des grandes aires urbaines,* Insee N° 1375 - Octobre 2011
- Fol, S., Gallez, C. (2013) Mobilité, accessibilité et équité : pour un renouvellement de l'analyse des inégalités sociales d'accès à la ville, Colloque international du Labex Futurs Urbains *Enjeux interdisciplinaires émergents pour comprendre, projeter et fabriquer la ville de demain* Marne-la-Vallée, 16-18 janvier 2013
- Fouchier V., Les coûts des densités, problèmes de méthode, *Etudes foncières* n°92, 2001
- Frébault, J., Pouyet, B. (2006) *Renforcer les formations à l'Urbanisme et à l'Aménagement,* Rapport au Ministère de la jeunesse, de l'éducation nationale et de la recherche et au Ministère de l'équipement, des transports, du logement, du tourisme et de la mer
- Fristch, B. (2007) Infrastructures de transport, densification et étalement urbains : quelques enseignements de l'expérience nantaise, *Cahiers Scientifiques du Transport*, n° 51, pp. 37-60.
- Gallez, C., Menerault, P. (2005) *Recomposition intercommunale et enjeux des transports publics en milieux urbains*, Rapport sous convention ADEME-Inrets Juillet 2005
- Gallez C., Hanja-Niriana M. (2007) « À quoi sert la planification urbaine ? » Regards croisés sur la planification, urbanisme-transport à Strasbourg et à Genève, *Flux*, 2007/3 n° 69, p. 49-62.
- Gart, *Le financement des transports collectifs urbains en Europe*, Actes du Colloque de juin 2009
- Gart, 2010, *Pour en faire un outil efficace en faveur de la mobilité durable*, Octobre 2010, http://www.gart.org/Les-dossiers/Stationnement-Voirie/Pour-en-faire-un-efficace-outil-en-faveur-

de-la-mobilite-durable-le-GART-rappelle-que-la-depenalisation-du-stationnement-doit-s-accompagner-de-sa-decentralisation, page visitée la dernière fois le 23/06/2013

> Gart (2012) *Journée d'échanges sur les péages urbains et les Zones d'Actions prioritaires pour l'Air (ZAPA)* Compte-rendu, 13 septembre 2012

> Geels, F. (2002) Technological transitions as evolutionary reconfiguration processes: a multi-level perspective and a case-study, *Research Policy* 31, 2002,

> Geels, F. (2004) From sectoral systems of innovation to socio-technical systems: Insights about dynamics and change from sociology and institutional theory. *Research Policy* 33: 897–920.

> Giuliano, G. (1991) Is jobs housing balance a transportation issue ?, *Transportation Research record*, 1305, pp305-312

> Giget, M., (2010) *Dynamiques historiques de l'innovation : de la Renaissance à la sortie de crise, dans Créativité et innovation dans les territoires*, Conseil d'Analyse Economique, 31 Aout 2010

> Giraud, P.N., (2012) *La Mondialisation. Emergences et Fragmentations*, Sciences Humaines Editions, Seconde édition 2012

> Giraud, P.N., Weil, T. (2013) *L'industrie française décroche-t-elle ?* Collection Doc en poche, place au débat, La documentation française, Février 2013

> Gitz, V. (2004) *Changement d'usage des terres et politiques climatiques globales.* Thèse de doctorat sous la direction de J.C. Hourcade, Cired, Engref, soutenue le 26 mars 2004.

> Glachant, M., Bureau, B. (2004) *Economie des effets distributifs de la tarificatino de la circulation en zone urbaine*, Rapport final pour la Mission interministérielle de l'effet de serre (MIES) dans le cadre du programme Gestion et Impacts du Chgt Climatique.

> Glachant, M. Thibault, M.L. Faucheux, L. (2011) *Le déploiement des infrastructures de charge de véhicules électriques et hybrides rechargeables : une approche économique,* Projet de recherche pour le PREDIT, GO6, financé par l'ADEME Rapport final Décembre 2011

> Godard O. (2004) De la pluralité des ordres - Les problèmes d'environnement et de développement durable à la lumière de la théorie de la justification, *Géographie, économie, société*, 2004/3 Vol. 6, p. 303-330.

> Godard O. (2007) *Les instruments de politiques entre efficacité économique et logiques d'insertion institutionnelle : le cas des permis transférables*, Cours « L'environnement et le développement durable comme problèmes pour l'action collective », Master EDDEE 2007-2008

> Godfrin G. (2011) *Le nouveau schéma de cohérence territoriale*, dans Droit de l'Aménagement, de l'urbanisme, de l'habitat, cahiers du GRIDAUH, 2011

> Gomez-Ibanez, Jose A. (1991) A Global View of Automobile Dependence. *Journal of the American Planning Association* 57,3: 376-9.

> Goodwin, P. Dargay J. Hanly M. (2004): Elasticities of Road traffic and Fuel Consumption with Respect to Price and Income: A Review, *Transport Reviews: A Transnational Transdisciplinary Journal*, 24:3, 275-292

> Gordon, P., Richardson, H.W. (1989): Gasoline Consumption and Cities: A Reply, *Journal of the American Planning Association*, 55:3, 342-346;

> Gordon, P., Richardson, H.W., (1997): Are Compact Cities a Desirable Planning Goal?, *Journal of the American Planning Association*, 63:1, 95-106

> Government Accountability Office (2009) *Options Exist to Enhance Transportation Planning Capacity and Federal Oversight*, Metropolitan planning organization, Report to the Ranking Member, Committee on Environment and Public Works, U.S. Senate, Septembre 2009

> Graham D.J. Glaister S. (2004) Road Traffic Demand Elasticity Estimates: A Review, *Transport Reviews: A Transnational Transdisciplinary Journal*, 24:3, 261-274

> Gregor, B. (2003) Land Use Scenario DevelopR, 2007, *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, No. 2003, Transportation Research Board of the National Academies, Washington, D.C., 2007, pp. 93–102. DOI: 10.3141/2003-12

- Guelton, S. et Navarre, F. (2010) Les coûts de l'étalement urbain : urbanisation et comptes publics locaux, *Flux*, 2010/1 n° 79-80, p. 34-53.
- Guengant, A. (1989) *Les coûts d'aménagement des lotissements communaux, l'exemple de la banlieue rennaise*, Villes en parallèle, n°14, pp. 130-151.
- Guengant, A., Josselin, J.-M., Rocaboy, Y. (1995) Densités et finances locales, densités et espacements, *Les Annales de la Recherche Urbaine*, n°67, juin, pp. 65-71
- Guillaume, H., Ohier, M. (2011) *Rapport du Comité d'évaluation des dépenses fiscales et des niches sociales, Ministère du budget, des comptes publics et de la réforme de l'état,* La Documentation française, juin 2011.
- Haddad, A. (2011) *L'utilisation de l'évaluation économique pour la décision des bailleurs de fonds de l'aide publique au développement, dans le domaine de l'environnement et de la biodiversité,* Mémoire de Master 2 recherche Spécialité, Économie du Développement Durable, de l'Environnement et de l'Énergie
- Hardy, M (2011) *Simplified integrated transportation and land use modeling to support metropolitan planning decisions: an application and assessment*, Thèse de doctorat, George Mason University
- Hardy, M (2012) *Using open source data to populate, calibrate and validate a simplified integrated transportation and land use model*, Transport Research Board 2012 Annual Meeting
- Harouel, J.L. (1981) *Histoire de l'urbanisme*, Presses Universitaires de France, Que sais-je ?
- Harzo, S., Perret, C., Bernède, J. (2010) *Observatoire Social de Lyon, Dépenses énergétiques et choix résidentiels dans le périurbain*, Atelier de l'Orhl, 2010
- Healey, P., Khakee, A., Motte, A., Needham, B. (1999) European developments in strategic spatial planning, *European Planning Studies*, 7:3, 339-355
- Helluin, J.J. (2006) Les effets de la règle des 15 km sur la maitrise de l'étalement urbain. *Etudes foncières* n°120, 2006
- Helms, H., Pehnt, M., Lambrecht, U., Liebich, A., (2010) *Electric vehicle and plug-in hybrid energy efficiency and life cycle emissions*, in 18th International Symposium Transport and Air Pollution, Session 3: Electro and Hybrid Vehicles page 113 from 274, Ifeu – Institut fur Energie- und Umweltforschung, Wilckensstr. 3, D-69120 Heidelberg
- Henry, C. (1984) La microéconomie comme langage et enjeu de négociations, *Revue économique*, vol35, N°1, Janv 1984, pp177- 197
- Henry, C. (1989) Investment projects and natural resources : economic rationality in Janus' role, *Ecological Economics* 1 (1989) 117-135
- Hickman R. Ashiru O. Banister D. (2010)Transport and climate change: Simulating the options for carbon reduction in London, 2010, *Transport Policy* 17 (110-125)
- Hostiou, R. (1989) *Deux siècles d'évolution de la notion d'utilité publique*, dans Un droit inviolable et sacré, La propriété, Adef, 19989, 238
- Hoyt, H., (1954) Homer Hoyt on development of economic base concept, *Land Economics*, vol 30, pp 182-191
- Hunt, J.D., Johnston, R.A., Abraham, JE., Rodier, C.J., Garry, G., Putman, S.H., de la Barra, T. (2001) Comparisons from the Sacramento Model Testbed, *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, Volume 1780 / 2001, pp 53-63
- Hunt, J. D. , Kriger, D. S. and Miller, E. J.(2005) Current operational urban land-use-transport modelling frameworks: A review, *Transport Reviews*, 25: 3, 329 — 376
- Iacono M., Levinson D., El-Geneidy A., (2008) Models of Transportation and Land Use Change: A Guide to the Territory, *Journal of Planning Literature* May 2008 vol. 22 no. 4 323-340,
- IAU, Insee (2010) *Note sur les données chiffrées relatives au projet de loi Grand Paris et sur les effets prévisibles du projet*, 2010, non publiée
- IEA (2009) *Technology RoadMap, Electric and plug-in hybrid vehicles*, International Energy Agency, 2009

- IER, 2006, *Projet HEATCO, Developing Harmonised European Approaches for Transport Costing and Project Assessment* ; Deliverable 5 pour la Commission Européenne
- Jackson, T. (2005) *Motivating Sustainable Consumption*, a report to the Sustainable Development Research Network, January 2005
- Jacquot, A. (2006) Des ménages toujours plus petits Projection de ménages pour la France métropolitaine à l'horizon 2030, *Insee Première* N° 1106 - OCTOBRE 2006
- Jacquot H. (2009) *Evaluation juridique des premiers schémas de cohérence territoriale*, Cahier du Gridauh n°19, La documentation française 2009, p 250-251.
- Jaglin, S. May, N. (2010), Étalement urbain, faibles densités et « coûts » de développement » Introduction, *Flux*, 2010/1 n° 79-80, p. 6-15.
- Jegouzo Y. (2010) L'ambitieuse loi portant engagement national pour l'environnement, *Actualité Juridique Droit Administratif,* AJDA, p1681, 2010,
- Jegouzo Y. (2011) sous la direction de, *Bilan de synthèse « Pour un urbanisme de projet »*, Groupe de travail « Fiscalité et financement », 2011
- Jegouzo Y. (2012) *Le droit de la ville saisi par le développement durable*, Séminaire Iddri du 07/02/2012, http://www.iddri.org/Projets/Seminaire-Developpement-durable-et-economie-de-l-environnement/Le-droit-de-la-ville-saisi-par-le-developpement-durable page visité la dernière fois le 23/06/2013
- Joumard, R. André, J.M. Rapone, M. Zallinger, M., Kljun, N. Andre, M. Samaras, Z. Roujol, S., Laurikko, J. Weilenmann, M. Markewitz, K. Geivanidis, S. Ajtay, D. Paturel, L. (2007) *Emission Factor modelling and database for light Vehicles,* Artemis deliverable 3, Report n°LTE 0523 June 2007
- Jourdan, G. (2010) *Le contrat d'axe et la mise en cohérence des politiques publiques et des choix de localisation*, à partir conférence GIR Maralpin, 2010
- Kahn Ribeiro S, K.S., G.J. Beuthe M,, L.D.S. Greene D,, N.P.J. Muromachi Y,, S.D. Plotkin S,, and Z.P.J. Wit R,. (2007). *Transport and its infrastructure.* In: Climate Change 2007: Mitigation. Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, USA).
- Kesicki, F. Ekins, E. (2012) Marginal abatement cost curves: a call for caution, *Climate Policy,* Vol. 12, Iss. 2, 2012
- Klosterman, R.E. (1985) Arguments For and Against Planning, *Town Planning Review*. Vol. 56, No 1, pp. 5-20, 1985.
- Klosterman, R.E. (2012) Commentary: Simple and complex model, *Environment and Planning B*: *Planning and Design* 2012, volume 39, pages 1 ^ 6
- Kok, R., Annema, J.A., Wee, B.V. (2011) Cost-effectiveness of greenhouse gas mitigation in transport: A review of methodological approaches and their impact, *Energy Policy* 39 (2011) 7776–7793
- Korsu, E., Massot, M.-H. Orfeuil, JP. (2008), *Ville cohérente : débat entre ville compacte et étalée*, Rapport intermédiaire, pour le PREDIT GO1 / ADEME, Avril
- La Métro (2004) *Communauté d'agglomération Grenoble Alpes Métropole Le Programme Local de l'Habitat 2004-2009*, 17 décembre 2004
- La Métro, (2007) *Observatoire du Plan Climat*, Données 2003-2004
- La Métro (2009) *Suivi de la demande et analyse des besoins en logements*, Cahier de l'observatoire de l'habitat 2008-2009
- La Métro (2010b) *Suivi de la production nouvelle de logements*, Cahier de l'observatoire de l'habitat 2009-2010
- La Métro (2009b) *Lettre d'information du plan climat*, Communauté d'agglomération Grenoble Alpes Métropole n°7, 2009
- La Métro (2010a) *Lettre d'information du plan climat*, Communauté d'agglomération Grenoble Alpes Métropole n°9, 2010

- La Métro (2010c) *Le Programme Local de l'Habitat 2010-2015*, Communauté d'agglomération Grenoble Alpes Métropole, 2 décembre 2010
- La Métro (2011) *Faisabilité des Zones d'Actions Prioritaires pour l'Air* (ZAPA) Réponse à l'appel à projets, Propositino de l'agglomération grenobloise
- Lambert, A., Boulard, J.C. (2013) *Rapport de la mission de lutte contre l'inflation normative*, Premier Ministre, Mars 2013
- Lascaud, S., 2010, *Technologies des batteries pour les transports électriques*, Présentation EDF R&D
- Laurans, Y., Rankovic, A., Billé, R., Pirard, R., Mermet, L.(2013) Use of ecosystem services economic valuation for decision making: Questioning a literature blindspot, *Journal of Environmental Management* 119 (2013) 208-219
- Lautso, K., Spiekermann, K., Wegener, M., Sheppard, I., Steadman, P., Martino, A., Domingo, R., Gayda, S. (2004) *Propolis: Planning and Research of Policies for Land Use and Transport for Increasing Urban Sustainability*, Rapport final, Project Funded by the European Commission under the Energy, Environment and Sustainable Development Thematic Programme, Février 2004
- Lebègue, D. (2005) *Révision du taux d'actualisation des investissements publics*, Commissariat Général du Plan, Rapport d'experts présidé D. Lebègue, 21 Janvier 2005
- Lebreton, J.P.et Jacquot, H. (2010) La réforme du plan local d'urbanisme, *Actualité Juridique Droit Administratif, AJDA* 2010 p. 1697
- Lechtenböhmer, S. Seifried, D. Kristof, K. Böhler, S. Schneider, C. Rudolph, F. Hofmann, R. Schüwer, D. Barthel, C. Merten, F. (2009) *Sustainable Urban Infrastructure : Munich edition ; paths toward a carbon-free future*, 2009, Siemens AG, München http://epub.wupperinst.org/frontdoor/index/index/docId/3331,
- Lefèvre, B. (2007) *La Soutenabilité Environnementale des Transports Urbains dans les Villes du Sud Le couple « transport – usage des sols » au coeur des dynamiques urbaines*, Thèse de Doctorat des MinesParistech, Décembre 2007
- Lefèvre, B. (2008) Long-term energy consumptions of urban transportation: A prospective simulation of ''transport–land uses'' policies, *Energy Policy*, 10.1016, 2008
- Lefèvre, B. (2011) *Soutenabilité Environnementale des Transports Urbains au Sud*, Editions Européennes Universitaires, 2011
- Lefort Claude (1986) *Essais sur le politique*. *XIXe-XXe siècles*, Seuil, 1986 cité dans Justice Sociale et Politiques Publiques Feriel Kandil, *Document de travail du Cerc,* Version préliminaire, Août 2007
- Legrelle, J., Douce, N. (2013) *Les centres commerciaux, « locomotives » ou frein du renouvellement urbain*, dans Habiter le Grand Paris/ AIGP2/ Saison 1, Le logement en Ile de France, une « bombe à retardement », Mars 2013
- Leontief, W., 1941, *The structure of the American Economy* 1919-1939, 2nd ed. 1951, New York, Oxford University Press.
- Leroux, B. (2010) *La planification spatiale au prise avec le droit : le travail d'élaboration des schémas de cohérence territoriale,* Thèse de doctorat Université Paris-Est « Villes, transports et territoires »http://urbamet.documentation.developpement-durable.gouv.fr/documents/Urbamet/0301/Urbamet-0301329/Cote17280.pdf page visitée la dernière fois le 24/06/2013
- Levasseur, S. (2013) Éléments de réflexion sur le foncier et sa contribution au prix de l'immobilier, Revue de l'OFCE / Débats et politiques – 128 (2013)
- Lévy, J., Lussault, M. (2003) *Dictionnaire de la géographie et de l'espace des sociétés*, sous la direction de Jacques Lévy et Michel Lussault, Belin, 2003
- Longuar, Z., Nicolas, J.P. (2010) *Chaque Français émet en moyenne deux tonnes de CO_2 par an pour effectuer ses déplacements*, dans CGDD, (2010) *La mobilité des Français, Panorama issu de l'Enquête nationale transports et déplacements 2008*, Service de l'observation et des statistiques, La revue du CGDD, Mars 2010

- Loorbach, D. (2009) *Urban transition and urban transition management, The case of Rotterdam,* Workshop on urban transition, Manchester, 2009
- Lowry, I. (1964) *A model of a metropolis*, RM-4035-RC, Rand Corporation, Santa Monica, 1964
- McFadden, D. (1973) *Conditional Logit Analysis of Qualitative Choice Behavior*, in Zarembka, P.(ed.), Frontiers in Econometrics, Academic Press.
- Malfilatre, Y., Arnould, B., Gadbin, F., Puech, P. (2012) *Audit thématique national relatif à la prise en compte des objectifs du Grenelle de l'environnement dans l'élaboration des schémas de cohérence territoriale (SCOT)*, Conseil général de l'environnement et du développement durable, Avril 2012
- March, J.G. (1994) *A Primer on Decision Making: How Decisions Happen*. New York: Free Press.
- Marcus, V. (2011) *Présentation Mobilités, vulnérabilités*, Chaire Développement Durable, Iddri-ScPo Fracture de mobilité 30 novembre 2011, Ministère de l'écologie, du développement durable des transports et du logement, Commissariat général au développement durable
- Massé, P. (1959) *Prévision et prospective*, Paris : Presses universitaires de France, 4 novembre 1959, pp 91-120
- Massé, P. (1965) *Le Plan ou l'anti-hasard*, Paris, Gallimard, 1965
- Maurice, J., Crozet, Y. (2007) *Le calcul économique dans le processus de choix collectif des investissements de transport*, Economica, 454 p, 15/10/2007
- Maurice, J. (2008) *Le calcul économique et les infrastructures de transport*, Présentation au Collège de France, 17 Décembre 2008
- McKinsey (2008) *Sustainable Urban Infrastructure, London Edition – a view to 2025*, 2008, Siemens AG,
- McKinsey (2010) *Electric Vehicles in Megacities – Shanghai Charges Up*, Janvier 2010
- Ménard, R. (2011 *Dense cities in 2050: the energy option ?*, ECEE 2011 Summer Study, Energy Efficiency first: the foundation of low carbon society.
- Merceron, S., Theulière, M. (2010) *Les dépenses d'énergie des ménages depuis 20 ans*. Insee Première n°1315 Octobre 2010.
- Mercier, A (2008) *Accessibilité et évaluation des politiques de transport en milieu urbain : le cas du tramway strasbourgeois*, Thèse pour le doctorat de sciences économiques, Université lumière 2
- Merlin, P. (1990) *Propositions pour l'Ile de France*, Temps&Espace, Janvier, 1990, ISBN : 2-903981-68-X
- Mettetal, S. (2009) *Les pratiques énergétiques des ménages périurbains*, Note Rapide n°492, IAU-Idf, CSTB, Puca, 2009
- Metz, D. (2008) The Myth of Travel Time Saving, *Transport Reviews: A Transnational Transdisciplinary Journal*, 28:3, 321-336
- Michaud, F. (2010) *Monographies des plans nationaux d'action en faveur de l'électro-mobilité*, Confrontation Europe, 2010
- Micheau, M. (2009) *Quarante ans d'histoires mouvementées, les politiques d'urbanisme en France*, dans Quarante ans d'urbanisme, Clés pour le présent, sous la direction de Julien Damon et Michel Micheau, SciencePo Urbanisme, Editions de L'aube, 2009
- Miller, E.J. and Savini, P. (1998) *The Integrated Land Use, Transportation, Environment (ILUTE) Modelling System: A Framework,* Proceedings 77th Annual Meeting of the Transportation Research Board, Washington, D.C.
- Ministère de l'écologie de l'énergie, du développement durable, de l'aménagement du territoire (2009) *Service de l'observation et des statistiques*, Ministère de l'écologie, de l'énergie, du développement durable et de l'aménagement du territoire, base Sit@del2
- Ministère de l'écologie et du développement durable, Caisse des dépôts et consignations (2012) C*hiffres clés du climat France et Monde, Editions 2012,* Repères

- Ministère de l'équipement, des transports, de l'équipement, du tourisme et de la mer (2005) *Instruction Cadre relative aux méthodes d'évaluation économique des grands projets d'infrastructures de transport*, Mis à jour le 27 mai 2005
- Ministère de l'équipement, des transports, de l'équipement, du tourisme et de la mer (2005) *Projet de loi de finances initiale pour 2006*, Assemblée Nationale Commission des finances, de l'économie générale et du plan Mission Politique des Territoires Programme Aménagement, Urbanisme et Ingénierie publique, Question N° U 20
- Ministère du redressement productif et Ministère du travail, de l'emploi, de la formation professionnel et du dialogue social (2012) *Plan Automobile*, 25 juillet http://www.redressement-productif.gouv.fr/files/files/rapports-salle-presse/plan-automobile-25072012.pdf, visité la dernière fois le 22/06/2013
- Miquel, P. (2012) *Le SCOT et le projet d'aménagement durable (projet urbain, écocité, écoquartier, ZAC...)* Note de problématique, MEDDTL / DGALN / DHUP / QV3, 28 mars 2012
- Miroux F. Lefèvre B. (2012) *Mobilité urbaine et technologies de l'information et de la communication (TIC) : enjeux et perspectives pour le climat*, Collection Iddri Study, N°05/12 Septembre 2012 | fabrique urbaine
- Mitchell, G., Hargreaves A., Namdeo A., Echenique M., (2011) Land use, transport, and carbon futures: the impact of spatial form strategies in three UK urban regions, *Environment and Planning A* 2011, volume 43, pages 2143 ^ 2163
- Moore, T. (1978) Why Allow Planners to Do What They Do? A Justification from Economic Theory, *Journal of the American Institute of Planners*, 44:4, 387-398
- Moreau, Y. Aghion, P. Guillou, M. Rosanvallon, P. Rouilleault, H. Schweitzer, L. (2012) *Pour un commissariat général à la stratégie et à la prospective*, Rapport au Premier Ministre, La documentation française, Décembre 2012
- Morlet O. (2001) Habitats individuels et coûts collectifs, *Etudes foncières* n°92, 2001
- Mostashari, A. Sussman, J. (2005) Stakeholder-Assisted Modeling and Policy Design Process for Environmental Decision-Making, *Journal of Environmental Assessment Policy & Management* 7(3): 355-386.
- Motte, A. (2006) *La notion de Planification stratégique spatialisée*. La Défense : Ministère de l'Équipement (PUCA). 90 p.
- Mouillart, M. (2012) *L'accession à la propriété des ménages pauvres et modestes*, Lettre de l'observatoire national de la pauvreté et de l'exclusion sociale, N°3 Mai 2012
- Naucler, T., Enkvist, P.A. (2009) *Pathways to a low carbon economy, Version 2 of the global greenhouse Gas Abatment cost curve*, McKinsey&Company
- Nicolas, J.P., Bonnel, P., Cabrera, J., Godinot, C., Homocianu, M., Routhier, J.L., Toilier, F., Zuccarello, P. (2009) *SImuler les MoBilités pour une Agglomération Durable*, Rapport final du projet Simbad, Rapport de recherche du Laboratoire d'Économie des Transports Pour le compte de la DRI (MEEDDAT) et de l'ADEME dans le cadre du groupe 11 du PREDIT 3, Juillet 2009
- Nègre L. (2011) *Livre Vert sur les infrastructures de recharge ouvertes au public pour les véhicules « décarbonés »*, Monsieur L. Nègre Sénateur des Alpes-Maritimes, Maitrise d'ouvrage par J-L Legrand, Coordinateur interministériel véhicules « décarbonés »Avril 2011
- Nessi, H. (2012) *Influences du contexte urbain et du rapport au cadre de vie sur la mobilité de loisir en Ile de France et à Rome,* Thèse de doctorat d'Université Paris-Est sous la direction d'O. Coutard soutenue le 30 novembre 2012
- Neuman, M. (1998) Does Planning Need the Plan?, *Journal of the American Planning Association*, 64:2, 208-220
- Newman, P.W.G. Kenworthy J.R. (1989) Gasoline consumption and cities: a comparison of U.S. cities with a global survey. *Journal of the American Planning Association*, 55(1), pp. 24-37
- Newman, W.G., Kenworthy, J.R., Vintila, P. (1995) Can we overcome automobile dependence? *Cities*, 12 (1), pp. 53-65.

- Newman, P.W.G., Kenworthy, J.R. (1998) *Sustainability and cities - Overcoming automobile dependence*. Washington D.C., Island Press.
- Nguyen-Luong, D. (2008) *Projet SIMAURIF (SIMulation de l'interAction Urbanisation transports en Région Ile de France.*): Perfectionnement et valorisation, Rapport pour le PREDIT, Juillet 2008
- Nguyen-Luong, D., Boucq, E. (2011) *Evaluation de l'impact du T3 sur les prix de l'immobilier résidentie*l Rapport final pour le PREDIT, mars 2011
- Nguyen-Luong, D. (2012) Les modèles transport-urbanisme : de la théorie à la pratique, *Transports* n° 474 - juillet-août 2012
- Nicolas J.P., Deymier G. (2005) *Modèles d'interaction entre transport et urbanisme: état de l'art et choix du modèle pour le projet Simbad*, Rapport pour le Predit
- Nilsson, M., Jordan, A., Turnpenny, J., Hertin, J., Nykvist, B., Russel, D. (2008) The use and non-use of policy appraisal tools in public policy making: an analysis of three European countries and the European Union, *Policy Sciences* Volume 41, Issue 4 , pp 335-355, 2008-12-01
- Novarina, G. (2001) De la gestion des grandes voiries à la planification des déplacements urbains, *Flux*, 4/2001 (n° 46), p. 47-60.
- Novarina, G. (2010,) *Ville et innovation scientifique, le cas de l'aire métropolitaine de Grenoble*, Contribution au Rapporto di Artiminio sullo sviluppo locale 2010
- Nykvist, B., Whitmarsh, L. (2008) A multi-level analysis of sustainable mobility transitions: Niche development in the UK and Sweden, *Technological Forecasting & Social Change* 75 (2008) 1373–1387
- OCDE (2012) *L'industrie automobile avant et pendant la crise*, http://www.oecd.org/dataoecd/57/63/44090017.pdf, Page visitée la dernière fois le 23/06/2013
- OEEC (2011) *Etude prospective de l'évolution de la mobilité urbaine en Chine* (travaux non publiés)
- Offner, J.M., 1993, Les « effets structurants » du transport : mythe politique, mystification scientifique. *Espace géographique*, Vol 22 pp233-242
- Offner, J.M. (2003) *L'élaboration des plans de déplacements urbains de la loi sur l'air de 1996, Le nécessaire renouveau des politiques locales de transport*, rapport pour le Prédit, février 2003
- Offner, J.M. (2007) « Introduction », *Flux*, 2007/3 n° 69, p. 5-5.
- ONERC (2010) *Villes et adaptation au changement climatique, Rapport au premier ministre et au parlement*, Observatoire national sur les effets du réchauffement climatique, La documentation française, Décembre 2010.
- Orfeuil, J.P., (1996) *L'emploi et l'énergie mobilisés par le transport de voyageurs*, INRETS, Bron, France, 1996
- Orfeuil J.P. Solleyret, D. (2002) Quelles interactions entre les marches de la mobilité à courte et longue distance ? *Recherche Transport Sécurité* n°76 pp208-221, Inrets
- Orfeuil, J.P., Massot, M.H., (2007) La contrainte énergétique doit-elle réguler la ville ou les véhicules, *Annales de la recherche urbaine* n°103 2007
- Orfeuil, J-P. (2010) La mobilité, nouvelle question sociale ?, *SociologieS,* décembre 2010.
- Oxley, M.J., (1975) Economic theory and urban planning, *Environment and Planning A* 7(5) 497 – 508
- Owens, S., Rayner, T., Bina, O. (2004) New agendas for appraisal: reflections on theory, practice, and research, *Environment and Planning A*, volume 36, pages 1943-1959
- Peiffer-Smadja, O. Renard, V. Saujot, M. (2013) *Montages d'opérations et partenariats : comparaison avec les pratiques néerlandaises*, Note du Club Ville, Iddri
- Pérignon, S. (2004) *Le nouvel ordre urbanistique. Urbanisme, propriété, libertés*, Editions du Cridon et Defrénois. 2004

- Perret B. (2006) De l'échec de la rationalisation des choix budgétaires (RCB) à la loi organique relative aux lois de finances (LOLF), *Revue française d'administration publique*, 2006/1 no117, p. 31-41. DOI : 10.3917/rfap.117.0031
- Perroux, F. (1962) *Le IVème Plan français,* Presses Universitaires de France, Paris
- Pfaffenbchler, P., Emberger, G., Shepherd, S. (2008) The integrated dynamic land use and transport model MARS. *Networks and Spatial Economics.* Online First January 2008
- Pflieger, G., Kaufmann, V., Pattaroni, L., Jemelin, C., (2009) Present Transport and Urban Planning Policies How Does Urban Public Transport Change Cities? Correlations between Past and Present transport and planning policies, *Urban Studies* 2009 46: 1421
- Phémolant, B. (2002) Déclaration d'utilité publique, projets d'intérêt général et documents d'urbanisme, *Actualité Juridique Droit Adminsitratif AJDA* 2002, p.1101
- Piketty, T., Saez, E., Landais, C. (2011) *Pour une révolution fiscale, un impôt sur le revenu pour le xxie siècle*, Le Seuil, 2011.
- Pisier, E. (2013) « Jouvenel Bertrand de - (1903-1987) », *Encyclopædia Universalis* [en ligne], consulté le 23/06/2013. URL : https://acces-distant.sciences-po.fr:443/http/www.universalis-edu.com/encyclopedie/bertrand-de-jouvenel/
- Polacchini, A., Orfeuil, J.P. (1998) Les dépenses pour le logement et pour les transports des ménages franciliens, *Recherche Transport Sécurité* n°63, 1998
- Pouyanne , G., 2004, Des avantages comparatifs de la ville compacte à l'interaction forme urbaine mobilité. Méthodologie, premiers résultats, *les Cahiers Scientifiques du Transport* N° 45/2004 - Pages 49-82
- Predit, (2007) *Calcul de facteurs d'émission des modes de transports en commun urbains*
- Prévot, M., Bentayou, G., Chatelan, O., Desage, F., Gardon, S., Linossier, R., Meillerand, M.C, Verdeil, E. (2008) Les agences d'urbanisme en France, *Métropoles*, 3 | 2008, mis en ligne le 17 septembre 2008, consulté le 17 août 2012. URL : http://metropoles.revues.org/2322
- Prud'homme, R., Koning, M., Kopp, P. (2011) Substituting a tramway to a bus line in Paris: Costs and benefits, *Transport Policy* 18 (2011) 563–572
- Prud'homme, R. Koning, M. (2012) Electric vehicles: A tentative economic and environmental evaluation, *Transport Policy*, 23 (2012) 60–69
- Quiquet, E (2012) *Le plan montebourg pour produire plus de voitures est dépassé*, Le Monde 22/08/2012, http://www.lemonde.fr/idees/article/2012/08/22/le-plan-montebourg-pour-produire-plus-de-voitures-est-depasse_1748499_3232.html, visité la dernière fois le 22/06/2013
- Quinet, A., (2009) *La valeur tutélaire du carbone*, Centre d'analyse stratégique, La documentation française, Avril 2009
- Quirion, P., Demailly, D., (2008) *-30% de CO_2= 664000 emplois*, Etude pour le WWF, CIRED 2008
- Quirion, P. (2002) *Sortie du Nucléaire : y'a du travail*, Ecorev, Revue d'écologie politique, n° 10, dans le cadre du dossier "Scénarios pour une France sans nucléaire", automne 2002
- RAC (2010) *Grenelle de l'environnement, le bilan climat énergie,* Novembre 2010
- Raux, C. (2011) *Intervention lors de l'Université du PDU, Embouteillage, Stress, Pollution : le péage urbain une solution ?*, SMTC, Grenoble.
- Raux, C., Souche, S., Mercier, A. (2007) *De la modélisation des comportements au calcul économique : l'équité des politiques de transport*, Chapitre 10 in Maurice, J., Crozet, Y. (2007) *Le calcul économique dans le processus de choix collectif des investissements de transport*, Economica, 454 p, 15/10/2007
- Raux, C. Souche, S. Pons, D. (2009) *Trois expériences, de péage urbain en Europe : évaluation et bilan socio-économique.* Rapport final pour le DRI Prédit. Laboratoire d'Economie des Transports, Lyon.
- Région Rhône-Alpes (2011) *Rapport d'activité 2011*

- Renard, V. (1980) *Plan d'urbanisme et justice foncière*, Paris, Presses Universitaires de France, 199p, 2-13-036625-2, 1980
- Renard V. (2003) *Les enjeux urbains des prix fonciers et immobiliers*, chapitre 3 du livre « Villes et économie », sous la direction de Jean Claude Prager, La documentation française, Paris, 2003, pp 95-108
- Renard V. (2006a) Finances locales et formes du développement urbain, *Revue d'économie financière* n°86, 2006
- Renard V. (2006b) *La pertinence économique du droit de l'urbanisme*, Chapitre paru dans l'ouvrage « Mélanges en l'honneur de Henry Jacquot » Paru aux Presses Universitaires d'Orléans, janvier 2006
- Renard V. (2009) Coût du logement: la question du foncier, *Informations sociales* n°155, 2009
- Renard V. (2010) *Le tabou du droit de propriété*, propos recueillis par Jean Frébault, dans En finir avec le mal-logement, une urgence et une espérance, sous la direction de Roger Fauroux et Bernard Devert, Editions du Cerf, L'histoire à vif, mars 2010
- Renard V. (2013) Du mitage à l'étalement urbain. Pourquoi tant de haine ?, *Tous urbains !* Presses Universitaires de France, N°2
- Rennes G., Orfeuil, J.P (1997) Les pratiques de stationnement au domicile, au travail et dans la journée, *Recherche Transport Sécurité*, n°57, 1997
- Richardson, H.W., Gordon, P. (1993) Market Planning Oxymoron or Common Sense?, *Journal of the American Planning Association*, 59:3, 347-352
- Rickwood, P., Glazebrook, G., Searle, G. (2008) Urban structure and energy a review, *Urban Policy and Research* 26 57 ^ 81
- Riveline C. (2005) *Évaluation des coûts. Eléments d'une théorie de la gestion*, Mines Paris, Les Presses, 2005, 145 p
- Robert-Bobée, I. (2006) Projection de la population pour la France métropolitaine à l'horizon 2050, *Insee Première* n°1089, juillet 2006.
- Rodriguez D A, Targa F, Aytur S A, (2006) Transport implications of urban containment policies: a study of the largest twenty-five US metropolitan areas, *Urban Studies* 43 1879 ^ 1897
- Rosenzweig, C., Solecki, W., Hammer, S.A., Mehrotra, S. (2010) Cities lead the way in climate-change action, *Nature,* 467, 909-911, 10.1038
- Sager , T., Ravlum, I.A. (2005) The Political Relevance of Planners' Analysis: The Case of a Parliamentary Standing Committee, *Planning Theory* 2005 4: 33
- Saujot, M. Criqui, P. Lefèvre, B. Menanteau, P. (2012) La modélisation urbaine au service de l'analyse économique des politiques climatiques locales, dans La Revue du CGDD, Références, Modélisation urbaine : de la représentation au projet, Septembre 2012
- Saujot, M (2012) La mobilité, l'autre vulnérabilité énergétique, Policy Brief n°5, Iddri
- Scherrer F., Bonneville M., Novarina G., Paulhiac F., Verhage R., Zepf M. (2008) *La planification spatiale entre stratégies territoriales et politiques urbaines : quelles évolutions pour la planification urbaine en Europe ?*, CNRS Rhône-Alpes, Institut d'Urbanisme de Lyon, IUG, février 2008, 141 p., PUCA
- Schipper, L., Marie-Lilliu, C., Gorham, R., (2000) *Flexing the link between transport and greenhouse gas emissions: A path for the World Bank.* 2000, International Energy Agency.
- Schmidt, S. (2009) Land Use Planning Tools and Institutional Change in Germany: Recent Developments in Local and Regional Planning, *European Planning Studies,* 17:12, 1907-1921
- Service d'étude sur les transports, les routes et leurs aménagements (2010) Monétarisation des externalités environnementales, Mai 2010, Setra
- Shulock, N. (1999) The Paradox of Policy Analysis: If It Is Not Used, Why Do We Produce So Much of It?, *Journal of Policy Analysis and Management*, Vol. 18, No. 2, 226–244 (1999)
- Smoker, R. Buck, A. Valkengoed, M. (2009) *Marginal abatement costs for greenhouse gas emission reduction in transport compared with other sectors*, Delft, CE Delft, 2009

- Spohr, C., Loinger, G. (2007) *Prospective urbaine et politique de la ville*, Territoire 2030 n°4, La documentation française
- Stambouli, J. (2005) Les territoires du tramway moderne : de la ligne à la ville durable », *Développement durable et territoires* [En ligne], Dossier 4 | 2005, mis en ligne le 11 juin 2007, consulté le 03 mai 2013.
- Sterman, J.D (2000) *Business Dynamics –Systems Thinking and modeling of a complex world*, McGraw-Hill Higher Education
- Stern, N. (2007) *The economics of climate change: the stern review* Cambridge, UK, Cambridge University Press.
- Sterner, T., Pearsson, U.M. (2008) An Even Sterner Review: Introducing Relative Prices into the Discounting Debate, *Review of Environmental Economics and Policy*, volume 2, issue 1, winter 2008, pp. 61–76
- Stif (2012) *Prolongement de la ligne 7 du tramway, Dossier d'Enquête Préalable à la Déclaration d'Utilité Publique Pièce H : Evaluation socioéconomique*, Ile de France, Conseil Général de l'Essonne, Stif
- Still, B.G. May, A.D. Bristow, A.L. (1999) The assessment of transport impacts on land use: practical uses in strategic planning, *Transport Policy* 6 (1999) 83–98
- Syndicat mixte des transports en commun (2002) *Enquête Ménages Déplacements 2002*, Grenoble, SMTC
- Syndicat mixte des transports en commun (2008) *Plan Déplacement Urbain 2007-2012,* Grenoble, SMTC
- Syndicat mixte des transports en commun (2010a) *Enquête ménages déplacements sur la grande région grenobloise*, Grenoble, SMTC
- Syndicat mixte des transports en commun (2010b) *Enquête ménages déplacements sur la grande région grenobloise, Lettre d'information n°2*, Grenoble, SMTC
- Syndicat mixte des transports en commun (2011) *Comité syndical*, séance du 14 février 2011, Grenoble, SMTC
- Tabb, W.K. (1972) Alternatives futures and distributional planning, *Journal of the American Institute of Planners Volume* 38, Issue 1, pp25-32, 1972
- Theys, J. (2009a), *Vers une prospective territoriale post grenelle de l'environnement*. CGDD n°12, 2009, Etudes et Documents
- Theys, J. (2009b) Scénarios pour une ville post-carbone, 2009, *Constructif* n°23
- Theys, J. Vidalenc, E. (2011), *Le territoire, un levier complémentaire pour l'atteinte du facteur 4*, Développement durable et territoires [En ligne], Vol. 2, n° 1 | Mars 2011
- Timmermans, H. (2003) *The Saga of Integrated Land Use-Transport Modeling: How Many More Dreams Before We Wake Up?*, Conference keynote speaker, 10th International Conference on Travel Behaviour Research Lucerne, 10-15. August 2003
- Timmermans, H.J.P., Arentze, T.A. (2011). Transport models and urban planning practice: experiences with Albatross. *Transport Reviews* 31(2), 199-207.
- Trannoy, A., Wasmer, E. (2013) *Comment modérer les prix de l'immobilier ?*, Les notes du conseil d'analyse économique, n° 2, février 2013
- Transportation Research Board 2009, *Driving and the Built Environment The Effects of Compact Development on Motorized Travel, Energy Use, and CO_2 Emissions*, SPECIAL REPORT 298 Transportation Research Board Washington, D.C.2009
- Trapitizine, R. (2001) Le PADD, un outil qui doit faire ses preuves, *Etudes foncières* n°90
- Tribillon J. (2001) Sur quelques innovations de la loi SRU, *Etudes foncières* n°90, 2001
- Tuominen, A., Ahlqvist, T. (2010) Is the transport system becoming ubiquitous? Socio-technical roadmapping as a tool for integrating the development of transport policies and intelligent transport systems and services in Finland, *Technological Forecasting & Social Change* 77 (2010) 120–134

- UTP, (2009) *De l'Idées reçue à l'idée vraie : 8 argumentaires en faveur des transports en commun*, Union des transports publics et ferroviaires
- van Vliet, O. Brouwer, A.S. Kuramochi, T. van den Broek, M. Faaij, A. (2011) Energy use, cost and CO_2 emissions of electric cars, *Journal of Power Sources* 196 (2011) 2298–2310
- Vecchione, E. (2012) Deliberating beyond evidence: lessons from Integrated Assessment Modelling April 2012, *Paper prepared for the ISEE Conference, Rio de Janeiro, Brazil, 16-19 June 2012.*
- Verry, D., Vanco, F. (2009) La vulnérabilité des ménages face à l'augmentation du prix des carburants : une comparaison française, *Colloque Eurocities*, janvier 2009.
- Vigouroux, C. (1983) Le droit, l'urbanisme et la décentralisation, *Etudes foncières*, n°19, printemps 1983
- Vigouroux, C. (1992) La loi et l'urbanisme, *Etudes foncières* n°57, Décembre 1992
- Vilmin, T. (2012) Les trois marchés de l'étalement urbain, *Etudes foncières* n°157 Mai-Juin 2012
- Vogt-Schilb, A. Hallegatte, S. (2011) When starting with the most expensive option makes sense: Use and misuse of marginal abatement cost curves. *Policy Research Working Paper* 5803, World Bank, Washington DC, USA, 2011
- Wachs, M. (2001) Forecasting vs envisioning, *Journal of the American Planning Association*, Automne 2001, vol 67, n°4, p367
- Waddell, P. (2002) UrbanSim, modeling urban development for land use, transportation, and environmental planning, *Journal of the American Planning Association*, 68, 297-314.
- Waddell, P. (2011) Integrated land use and transportation planning and modelling: addressing challenges in research and practice. *Transport Reviews*, 31(2):209–229, 2011.
- Wahl, T. (2013) *Rapport de la Commission pour la création d'un commissariat général à l'égalité des territoires*, Commission sous la présidence de T.Wahl, La documentation française, Février 2013, 95 pages.
- Webber, M. (1968) Planning in an Environment of Change: Part I: Beyond the Industrial Age, The *Town Planning Review* Vol. 39, No. 3 (Oct., 1968), pp. 179-195
- Webber, M. (1969) Planning in an environment in change, Part Two: Permissive Planning, *Town Planning Review* Vol 39, No. 4 (Jan., 1969), pp277-295
- Wee van, B., Maat, K., De Bont, C., (2012) Improving Sustainability in Urban Areas: Discussing the Potential for Transforming Conventional Car-based Travel into Electric Mobility, *European Planning Studies*, 20:1, 95-110
- Wegener, M. (1994) Operational urban models: State of the art. *Journal of the American Planning Association* 60 (1), 17–29 Winter 1994.
- Wegener W., Fürst F. (1999) *Land use transport interaction: state of the art,* TRANSLAND, IRPUD, 119p.
- Wegener, M. (2004) *Overview of land use transport models*, Chapter 9 in David A. Hensher and Kenneth Button (Eds.): Transport Geography and Spatial Systems. Handbook 5 of the Handbook in Transport. Pergamon/Elsevier Science, Kidlington, UK, 2004, 127-146.
- Wegener M., Wagner P. (2007) *Urban Land Use, Transport and Environment Models, Experiences with an Integrated Microscopic Approach*, Disp Volume: 170, Issue: 3, Pages: 46-56
- Wenban-Smith, A., Van Vuren, T., MacDonald, M., (2009) Using Transport Models in Spatial Planning: Issues from a review of the London Land Use/Transport Interaction Model, *Association for European Transport and contributors*, 2009
- Wiel, M. (1999) *La transition urbaine ou le passage de la ville pédestre à la ville motorisée* Editeur Mardaga à Liège, collection Architectures + recherches. 1999
- Wiel, M. (2000) Loi SRU, une rupture conceptuelle, *Etudes foncières* n°86, 2000
- Wiel M., (2006) Contenir la crise du logement, *Etudes Foncières*, n°122
- Wiel, M. (2007) *Pour planifier les villes autrement*, Éditeur l'Harmattan. 2007

> Wiel, M. (2009) *Transports et intercommunalité : une histoire de cohérences territoriales dans Mobilités durables*, Etude ADCF Septembre 2009

> Yalcin, M., Lefèvre, B. (2012) Local Climate Action Plans in France: Emergence, Limitations and Conditions for Success, *Environmental Policy and Governance* Volume 22, Issue 2, pages 104–115, March/April 2012

Annexes

1. La structure théorique de TRANUS.

Cinq éléments de base forment le principe général de modélisation utilisé dans TRANUS, nous les explicitons brièvement.

La structure sous-jacente de TRANUS est une matrice entrée-sortie (dite de Léontieff) à laquelle a été ajoutée une dimension spatiale. Ainsi cette matrice permet de représenter les interactions économiques (flux entre les zones de production et les zones de consommation) entre les différentes activités prises en compte dans le modèle, et puisqu'elle est spatialisée, d'en déduire une demande de transport. Le passage entre les modules usage des sols et transport conserve cette forme de matrice et ce dans les deux sens, préservant ainsi le niveau d'information contenu tout au long de la boucle.

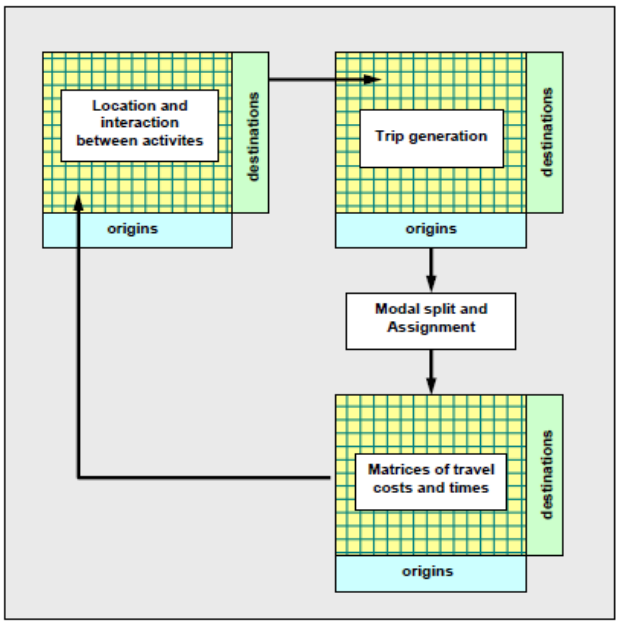


Figure 97 : les matrices au cœur de TRANUS, Modelistica.

TRANUS repose également sur le modèle de la base (Hoyt, 1954). Cette théorie distingue les secteurs d'emplois basiques des emplois non basiques ou induits. Les premiers sont les secteurs qui sont tournés vers la satisfaction de besoins extérieurs ou ceux dont la localisation n'est pas dépendante de la localisation de la population vue comme marché local, les seconds sont tournés vers la satisfaction de besoins internes et leur localisation dépend de ceux qui les consomment. Les emplois basiques sont le moteur économique du territoire, ils sont au début de la chaîne de consommation et ils induisent les ménages qui, par leur consommation, induisent ensuite les autres emplois (commerces, services) par le biais de coefficients de demande. Les coefficients multiplicateurs entre emplois basiques et emplois induits (par l'intermédiaire des populations), s'ils sont fixes, peuvent poser problème, d'autant plus que les critiques de la théorie de la base arguent que les activités basiques ne sont pas le seul moteur économique des territoires et que des politiques

économiques locales peuvent agir sur d'autres leviers. Mais dans TRANUS, il s'avère que ces coefficients sont modifiables à chaque période de simulation, permettant une certaine flexibilité à la modélisation sur le long terme.

TRANUS intègre la logique des enchères développée par Alonso pour la distribution de l'espace, c'est-à-dire qu'il y a une compétition entre les acteurs pour l'offre de localisation, chacun faisant un arbitrage entre dépense de logement et dépense de transport, le sol étant finalement attribué au plus offrant.

TRANUS repose sur les techniques de maximisation de l'utilité (utilité aléatoire de choix discret) pour les choix de localisation, et de déplacement (mode et itinéraire) (voir équation 5 et 10).

Enfin le modèle recherche des équilibres entre offre et demande par les prix (pour le module de localisation), par les coûts généralisés (pour le module transport). Néanmoins il n'y a pas d'équilibre global, car comme nous le verrons plus loin, les résultats du modèle transport impacte le système d'usage des sols de manière retardée.

Les trois modules :

Le module « usage des sols » détermine les localisations des activités et des individus selon une logique de marché qui repose sur des éléments quantitatifs et qualitatifs du tissu urbain. Les agents considérés par le modèle sont généralement : les ***ménages***, pouvant être distingués par niveau de revenu, par composition familiale ou par statut (bi-actif, retraité, chômeur..), les ***secteurs basiques*** fournissant des emplois mais dont la production n'est pas consommée localement, les ***commerces et services***, qui sont à la fois générateurs d'emplois et de déplacements (consommation de biens et de services), enfin les ***sols***, qui sont consommés par tous les acteurs devant se localiser sur le territoire.

Chaque secteur consomme d'autres secteurs, par exemple l'industrie consomme du terrain et des ménages sous forme d'emplois, les ménages consomment du logement et des commerces, les commerces consomment des locaux et des ménages. Cette demande de consommation ***a*** dépend de la désutilité ***U*** qu'a le secteur m à consommer n dans la zone i. ***U*** apparait ici comme une moyenne sur toutes les zones où l'on produit n, il représente la somme des coûts de production et des coûts de déplacement généralisés entre la zone de production et la zone de consommation. Min et max représentent la demande minimale et maximale et ***δ*** l'élasticité de demande.

Equation (1)

$$a_i^{mn} = \min^{mn} + \left(\max^{mn} - \min^{mn}\right) \cdot \exp\left(-\delta^{mn} U_i^n\right),$$

Au cours de la recherche de l'équilibre du marché foncier, les prix du terrain vont évoluer en fonction de l'offre et de la demande des différents secteurs, ainsi ***U*** va être modifié car le coût de production du secteur considéré (comprenant la consommation de sol) va augmenter ou baisser et les demandes ***a*** vont progressivement s'ajuster en diminuant ou augmentant. C'est l'un des mécanismes de convergence vers un équilibre.

Cette demande par unité de production est ensuite multipliée par ***X***, la production dans la zone i, afin d'obtenir la demande agrégée ***D***. ***S*** est un facteur de substitution permettant de simuler les choix entre différents secteurs, par exemple entre deux types de logement différents. ***S*** est calculé à partir d'un

logit calculant les probabilités de consommation entre les différents substituts. TRANUS permet donc à la fois de prendre en compte l'élasticité et la substituabilité de la demande.

Equation (2)

$$D_i^{mn} = \left(X_i^{*m} + X_i^m \right) a_i^{mn} S_i^{mn}$$

Les variables de choix de localisation sont les suivantes :

- Accessibilité de la zone en termes de temps et de coûts de transport
- Prix du foncier dans la zone

Ces deux dimensions sont réunies dans la variable de désutilité ***U*** du secteur n, entre la zone i de consommation et la zone j de production :

Equation (3)

$$U_{ij}^n = \lambda^n \left(p_j^n + h_j^n \right) + t_{ij}^n ,$$

Cela représente par exemple la désutilité pour un ménage à se localiser en j alors qu'il doit travailler en i. ***λ*** représente le facteur pondérant l'importance relative de ***p,*** le coût pour se localiser en j, et de ***t*** la désutilité à se déplacer entre i et j, prenant en compte les coûts monétaires comme les coûts temporels. ***h*** est le *shadow price,* une variable utilisée par l'algorithme du modèle durant la phase de calibration, elle permet de faciliter la convergence du module et de renseigner le modélisateur sur la ou les zones où la calibration est la plus délicate. Cette fonction de désutilité est le lieu de l'arbitrage entre dépense de logement et dépense de transport, on peut par exemple avoir un niveau de préférence équivalent entre un logement central onéreux mais très accessible et un logement en périphérie moins cher mais moins accessible. Mais des modifications de la mobilité pourront modifier cet arbitrage sur le moyen ou le long terme.

- Facteurs d'attractivité endogènes et exogènes :

Equation (4)

$$A_i^{n,t} = \left(\sum_k b_k^n \left(\tilde{X}_i^{k,t-1} \right) \right) W_i^{n,t}$$

X représente la production d'un secteur dans la zone i, et permet de représenter les attractivités générés par certains secteurs sur les autres. Par exemple cela permet de simuler la préférence pour des acteurs identiques à se regrouper (les ménages riches préfèrent avoir un voisinage de ménage riche, les industries comme les commerces ont aussi tendance à se regrouper), où l'attirance des ménages pour les zones fournies en commerce. La production est soit celle de l'équilibre précédent du modèle (quand le modèle fonctionne en prospective) soit celle issue des données décrivant l'état initial (pour la calibration). Le fait de reposer sur la production du pas précédent implique un certain niveau d'inertie du modèle, cela permet de représenter la rigidité du système urbain et permet ainsi de représenter une temporalité de moyen et long terme. ***W*** représente l'attraction initiale de la zone sur le territoire issue de caractéristiques non modélisées. ***b*** permet de pondérer ces attractions. C'est avec

les données initiales que l'on peut estimer ces attracteurs et ainsi améliorer le processus de localisation du modèle.

L'équation (5) calcule, à partir des variables de localisation, la probabilité d'un secteur n consommé en i à être produit en j, suivant un principe de maximisation de l'utilité. La localisation se fait donc d'une certaine façon « par » la consommation, ainsi de manière cohérente avec la théorie de la base, les activités basiques débutent la chaîne de localisation par leur demande en actifs.
Le paramètre ***α*** pondère l'importance relative de l'attractivité et de la désutilité dans le calcul de la probabilité. Le paramètre ***β*** ajuste la dispersion, plus il sera grand plus les différences entre deux options seront amplifiées dans le calcul de la probabilité du modèle logit. Il faut noter que le modèle de choix logit assigne une probabilité non nulle aux options autres que la meilleure option, ainsi le modèle localise les activités selon un fonctionnement de marché avec une composante aléatoire apportée par les probabilités (modèle de choix discret).

Equation (5)

$$\Pr_{ij}^{n} = \frac{(A_j^n)^{\alpha^n} \cdot \exp\left(-\beta^n \widetilde{U}_{ij}^n\right)}{\sum_j (A_j^n)^{\alpha^n} \cdot \exp\left(-\beta^n \widetilde{U}_{ij}^n\right)},$$

Equation (6)

$$X_{ij}^n = D_i^n \Pr_{ij}^n$$

Ainsi l'équation (5) localise les secteurs en prenant en compte l'attractivité des territoires, la désutilité à y être « produit » en fonction du prix foncier et du coût généralisé à se déplacer. Si on prend le secteur n comme un secteur de ménages, le modèle va calculer la probabilité qu'il se localise en j sachant que son employeur se situe en i.
Afin d'obtenir l'équilibre sur le marché foncier, l'algorithme fait interagir l'équation de calcul de probabilité (5) avec l'équation de demande (1). En effet une demande agrégée surpassant l'offre dans une zone aura pour conséquence de faire augmenter le prix du sol, et ainsi de baisser à la fois la probabilité de s'y localiser et la quantité ***a*** de demande par unité. Cela aura pour effet de faire baisser la demande agrégée qui s'exerce sur cette zone jusqu'à ce que l'offre soit égale à la demande.

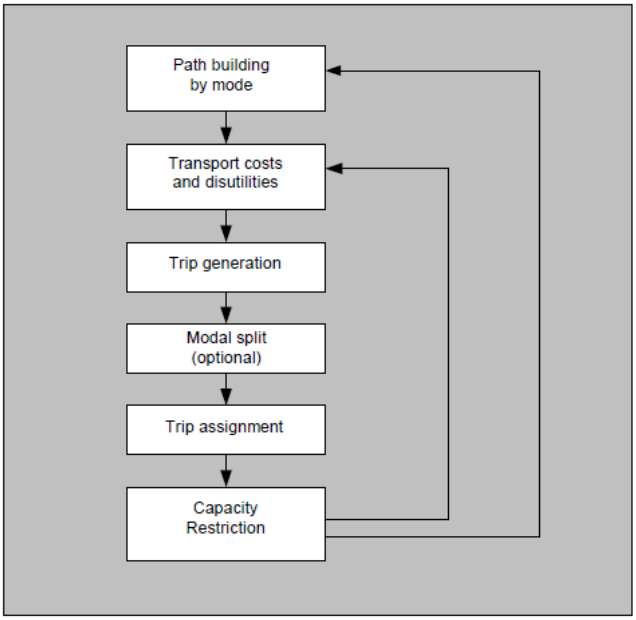
Le modèle atteint un premier équilibre sur le marché foncier lorsque les productions dans toutes les zones convergent, cela signifie que le modèle a trouvé une solution stable. Cet équilibre se caractérise – entre autres – par une demande d'interaction, et donc de mobilité.
Une interface transforme les matrices origine-destination en matrice de demande de déplacements par l'intermédiaire de *l'équation (7)* :

$$F_{ij}^s = \sum_n \left(X_{ij}^n \frac{vol^{ns} pc^{ns}}{tiem^{ns}} + X_{ji}^n \frac{vol^{ns} cp^{ns}}{tiem^{ns}} \right),$$

X a été calculé précédemment et représente la consommation en i, d'un secteur n produit en j, ce flux économique est transformé en un flux physique par l'intermédiaire de ***vol,*** coefficient de passage

permettant d'obtenir une parfaite adéquation entre les flux générés et les données issues de l'enquête ménage déplacement**.** Les paramètres ***cp*** et ***pc*** permettent de définir le ratio aller et retour, et ***tiem*** ajuste les volumes d'échange à la durée de modélisation. Par exemple dans notre cas, nous modélisons les échanges sur le territoire entre 7h et 10h du matin. Cela signifie que nous ne prenons en compte que les motifs s'exprimant à ce moment de la journée. Dans la littérature d'économie urbaine, l'hypothèse est faite que cette période de forte congestion est la période la plus structurante sur la localisation des activités sur le territoire, c'est-à-dire que les arbitrages localisation-déplacement se font suivant l'état du système à ce moment de la journée fortement contraint par la nécessité de se rendre à son emploi. Puisque nous nous intéressons aux interactions entre transport et usage des sols, notre objectif est de modéliser cet effet structurant du transport sur la localisation et nous choisissons donc de simuler cette période du pic du matin (le pic du soir est aussi une période structurante mais il peut être plus complexe à modéliser du fait de la plus grande diversité des motifs).
On comprend à partir de l'équation 7 que le modèle transport de TRANUS simule uniquement des déplacements ayant le domicile comme origine et un seul motif de destination. Le modèle ne peut pas simuler de boucles de déplacement ayant plusieurs motifs du fait de sa structure matricielle entrée-sortie. Ceci représente une limitation assez importante car les boucles de déplacements imposent des contraintes importantes sur le potentiel de changement modal par exemple et leur modélisation améliore la prédiction d'évolution des choix de mobilité.

Figure 98 : les différentes étapes du module de transport, Modelistica



Le module « transports » commence par définir pour chaque demande de déplacement entre une origine et une destination, un ensemble d'itinéraires vraisemblables et contrastés, composés des modes choisis et d'une succession d'arcs empruntés sur le réseau modélisé (étape 1). Durant cette recherche d'itinéraires et à partir des caractéristiques du réseau, un coût généralisé ***c*** est assigné à chacun de ces itinéraires (étape 2).
Equation (8):

$$c_{ijp}^{ks} = \sum_{m=1}^{z} RT_m^s + RD_m^s + TR_{m-1,m}^s \quad ,$$

RT représente le coût correspondant à la monétarisation du temps passé à se déplacer, mais aussi aux facteurs subjectifs qui pénalisent ou non certains modes (on peut par exemple considérer que le temps passé en voiture ne représente la même perte que le temps passé en bus), **RD** représente les coûts relatifs à la distance parcourue, par exemple pour l'utilisation d'une voiture particulière, **TR** représente les coûts de type ticket pour les transports en commun, et la monétarisation des temps d'attente. Leur somme sur tous les arcs de l'itinéraire donne le coût généralisé ***c*** à se déplacer entre ***i*** et j pour la catégorie ***s*** par l'itinéraire ***p*** et le mode ***k***.

Par la suite, (étape 3) les déplacements sont générés en fonction de la désutilité globale à se déplacer et de l'élasticité propre à chaque catégorie. On peut par exemple modéliser le fait qu'en cas de hausse du prix de pétrole, la mobilité soit contrainte et que des déplacements ne soient pas faits.

Equation 9 :

$$T_{ij}^s = F_{ij}^s \left[v_{\min}^s + \left(v_{\max}^s - v_{\max-\min}^s \right) \exp\left(- \eta^s \tilde{c}_{ij}^s \right) \right] \quad ,$$

Durant l'étape 5, les déplacements sont assignés aux itinéraires multimodaux à partir du modèle logit. La probabilité que la catégorie s choisisse l'itinéraire p et le mode k pour aller de i à j dépend du coût généralisé calculé par l'équation 8 et de ***γ*** le paramètre de dispersion du modèle logit.

Equation 10 :

$$P_{ijp}^{ks} = \frac{\exp\left(- \gamma^s \tilde{c}_{ijp}^{ks} \right)}{\sum_p \exp\left(- \gamma^s \tilde{c}_{ijp}^{ks} \right)}$$

Equation 11 :

$$T_{ijp}^{ks} = T_{ij}^{ks} * P_{ijp}^{ks}$$

L'équation 11 assigne les itinéraires sur le réseau à partir des résultats du logit. A partir de là, le modèle calcule les vitesses en charges des différents véhicules sur les arcs du réseau et les temps d'attente pour les bus. La simulation de la congestion repose sur des courbes classiques de comportement en charge, et dans le modèle mis en place dans ce projet, des courbes Inrets correspondant à la typologie de notre réseau ont été utilisées[185].

Comme représenté sur la **figure 97**, le module reboucle et réintroduit ces résultats sur l'état du réseau dans les étapes 1 et 2 et recalcule les étapes suivantes. Ce bouclage s'effectue jusqu'à la convergence du module.

Une fois cet équilibre atteint, la matrice des coûts généralisés de déplacement est injectée dans le module « utilisation des sols », ces coûts sont représentés par les ***t*** de l'équation 3. Cela implique une modification des arbitrages faits par les ménages pour se localiser sur le territoire.

[185] Ce travail a été effectué avec le SMTC (autorité des transports de l'agglomération grenobloise) et particulièrement A.Saillet.

Durant la calibration, le processus est itératif jusqu'à atteindre un équilibre sur les deux marchés, fonciers et transport. Mais durant la phase de simulation en prospective, le système de transport affecte le système d'urbanisation par le biais de coûts généralisés d'une façon temporellement retardée.

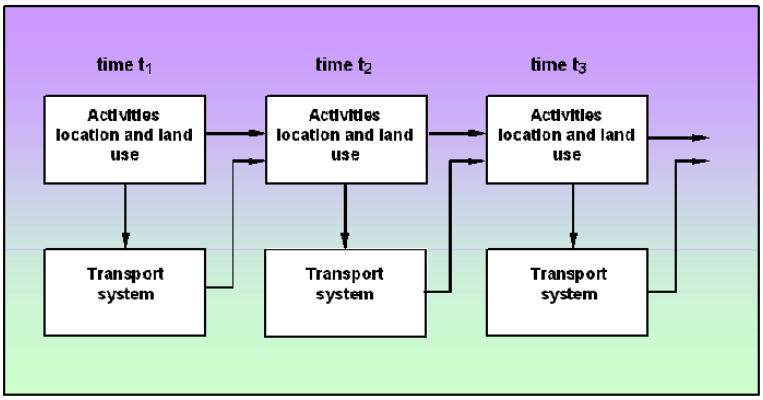


Figure 99 : modélisation dynamique et interaction transport - usage des sols

Les accessibilités de la période 1 affectent les localisations des activités et des individus dans la période 2. Ainsi si un réseau de tramway est mis en place en période 1, l'effet d'accessibilité sur les zones traversées ne se fera sentir qu'à partir de la période 2. En effet les différentes interactions des systèmes urbains se font à des temporalités différentes, les déplacements s'adaptent immédiatement à des changements que ce soit de localisation ou de réseau, la localisation des ménages et des emplois change relativement rapidement (sur le territoire du Grand Lyon, 4% des établissements et 11% des ménages déménagent tous les ans), par contre l'évolution des bâtiments et de leur fonction est plus lente. Dans les exercices de modélisation conduits avec TRANUS, il est ainsi fait l'hypothèse qu'un changement sur les conditions de mobilité impliquera un changement avec un délai de 5 ans sur le système d'usage des sols et les localisations des différents acteurs. C'est aussi avec cet intervalle que nous déploierons les politiques d'urbanisme. Le modèle est qualifié de pseudo-dynamique : il est capable de modéliser les évolutions dans le temps par ce jeu des interactions croisées entre les deux modules, par pas de 5 ans.

2. Calcul du coût des véhicules thermiques et électriques.

Hypothèse Prix batterie	2015, € ttc	2020, €ttc	2025, €ttc	2030, €ttc	2015, € ttc	2020, €ttc	2025, €ttc	2030, €ttc
Scénario central	759	500	400	350	759	500	400	350
	Taux actua ménage		1.20		Taux actua ménage		1.04	
	Taux actua Entreprise		1.06		Taux actua Entreprise		1.06	
	VE sans location	VE avec loca	VHR sans loca	VTh test	VE sans location	VE avec loca	VHR sans loca	VTh test
Durée de détention	5	5	5	5	5	5	5	5
Tx actualisation ménage	0.83	0.83	0.83	0.83	0.96	0.96	0.96	0.96
Bonus 2015	5000	5000	5000		5000	5000	5000	
Bonus 2020								
Bonus 2025, 2030					0	0		
Coût véhicule, bonus déduit	18000	18000	32000	10000	18000	18000	32000	10000
Coût véhicule, bonus déduit	19000	19000	29000		19000	19000	31000	
Coût véhicule, 2025	17000	17000	26000		17000	17000	26000	
Coût véhicule, 2030	15000	15000	24000		15000	15000	24000	
Valeur revente (20%/an)	8194	5898	10486	3277	8194	5898	10486	3277
Annuité invesmt act 2015	3915	4223	7508	2346	2375	2799	4976	1555
Annuité invesmt actualisé 2020	4303	4581	6813		2742	3124	4953	
Annuité invesmt actualisé 2025	3856	4103	6118		2461	2801	4067	
Annuité invesmt actualisé 2030	3409	3625	5701		2181	2478	3829	
Durée utilisation	5				5			
Coût /kWh, 2015	759				759			
Coût /kWh, 2020	500				500			
Coût /kWh, 2025	400				400			
Coût /kWh, 2030	350				350			
Capacité kWh 2015	18	18	5		18	18	5	
Capacité kWh 2020	19				19			
Capacité kWh 2020	20				20			
Capacité kWh 2020	21				21			
coût total 2015	13662				13662			
coût total 2020	9500				9500			
coût total 2025	8000				8000			
coût total 2030	7350				7350			
Annuité € actualisé 2015	3807				2951			
Annuité € actualisé 2020	2647				2052			
Annuité € actualisé 2025	2229				1728			
Annuité € actualisé 2030	2048				1588			
location batterie 2015	0	1152			0	1152		
location batterie 2020		759				759		
location batterie 2025		607				607		
location batterie 2030		531				531		
Ratio utilisation élec VHR			0.50				0.50	
Nb km /an	12360	12360	6180	12360	12360	12360	6180	12360
Prix élec recharge €/kWh	0.13	0.13	0.13		0.13	0.13	0.13	
Prix élec recharge €/kWh	0.15	0.15	0.15		0.15	0.15	0.15	
Prix élec recharge €/kWh	0.16	0.16	0.16		0.16	0.16	0.16	
Prix élec recharge €/kWh	0.18	0.18	0.18		0.18	0.18	0.18	

Conso traction kWh	18	18	18		18	18	18	
Conso chauffage kWH	4	4	4		4	4	4	
conso/100 km	22	22	22		22	22	22	
perte à la charge des batteries	10%	10%	10%		10%	10%	10%	
Conso à la prise	24.2	24.2	24.2		24.2	24.2	24.2	
Coût élec /an	392	392	196		392	392	196	
Coût élec/km 2015	0.032	0.032	0.032		0.032	0.032	0.032	
Coût élec/km 2020	0.035	0.035	0.035		0.035	0.035	0.035	
Coût élec/km 2025	0.039	0.039	0.039		0.039	0.039	0.039	
Coût élec/km 2030	0.043	0.043	0.043		0.043	0.043	0.043	
Maintenance+ assurance+parking	1000	1000	1000	1300	1000	1000	1000	1300
Prix carb moyenne dies-essenc			1.25	1.25			1.25	1.25
Prix carb moyenne dies-essenc			1.44	1.44			1.44	1.44
Prix carb moyenne dies-essenc		31	1.67	1.67			1.67	1.67
Prix carb moyenne dies-essenc			1.94	1.94			1.94	1.94
Prix carb moyenne dies-essenc	0.40		2.25	2.25			2.25	2.25
Coût Carburant th			308	1000			308	1000
Coût Carburant th 2015	0.58		357				357	
Coût Carburant th 2020			414				414	
Coût Carburant th 2025			479				479	
Coût Carburant th 2030			556				556	
Dépense annuelle totale	9113	6767	9060	4646	6718	5343	6528	3855
Coût au km 2015	0.74	0.55	0.73	0.38	0.54	0.43	0.53	0.312
Coût au km 2020	0.68	0.55	0.68	0.39	0.50	0.43	0.53	0.33
Coût au km 2025	0.61	0.50	0.63	0.40	0.46	0.40	0.47	0.34
Coût au km 2030	0.57	0.46	0.61	0.41	0.43	0.37	0.46	0.35
scénario 2015		0.67		0.38		0.50		0.312
scénario 2020		0.63		0.39		0.49		0.33
scénario 2025		0.58		0.40		0.44		0.34
scénario 2030		0.55		0.41		0.42		0.35

Tableau 43 : calcul des coûts kilométriques des véhicules individuels

3. Calage du Transport.

Nous présentons les résultats du calage sur l'année de base.

Le graphique ci-dessous, montre le partage des fréquentations entre les différentes formes de transport en commun disponibles et confronte les résultats de TRANUS aux données du SMTC (Rapport de calage, 2008 ; Enquête 0D 2008).

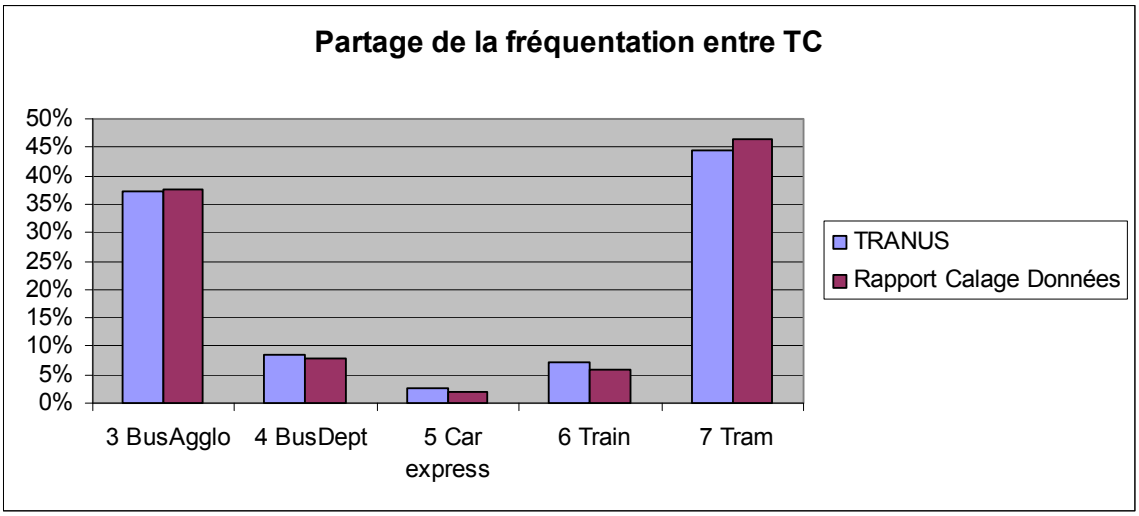


Figure 100 : Calage du modèle : partage de la fréquentation entre TC

Dans la graphique ci-dessous, nous comparons le nombre de déplacement entre les différents modes disponibles. Etant donné que les déplacements qui restent dans une zone ne sont pas simulés par le modèle, nous avons retiré ces déplacements des données de l'EMD afin d'avoir quelque chose de comparable. Cette non simulation des déplacements intrazonaux explique aussi la sous-utilisation de la marche comme moyen de déplacement par rapport à l'EMD.

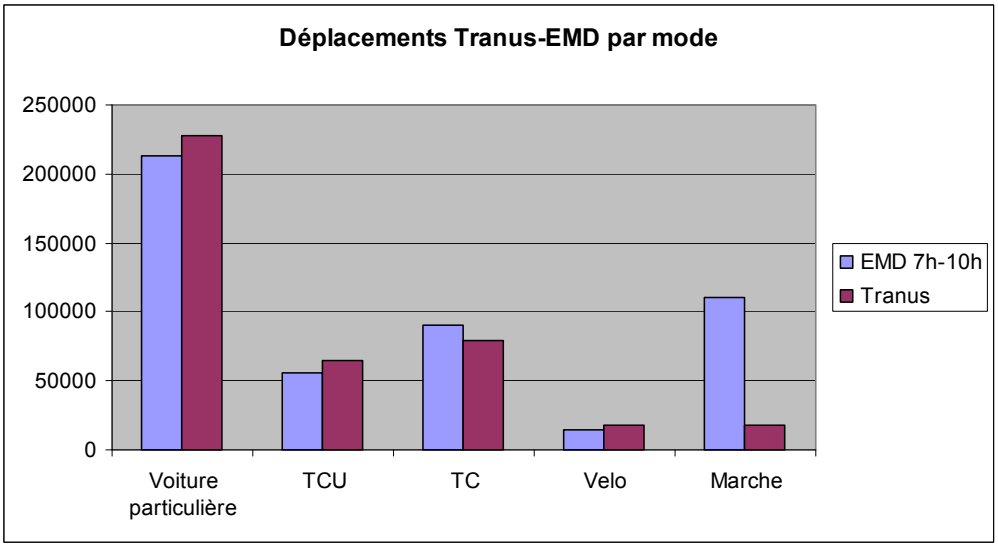


Figure 101 : Calage du modèle : comparaison du nombre de déplacements par mode avec l'EMD

Dans les graphiques suivants nous comparons la fréquentation et la vitesse des principales lignes de transport en commun issu du modèle sur l'année de base et les données issues du rapport de calage du SMTC et de données issues de Tag (l'opérateur des transports en commun).

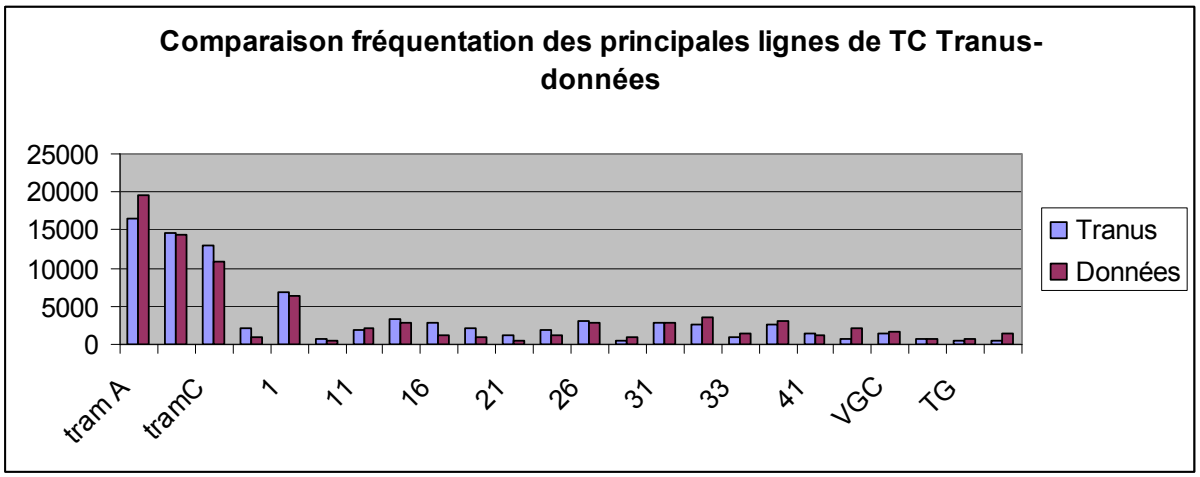


Figure 102 : Calage du modèle : comparaison de la fréquentation des principales lignes de TC

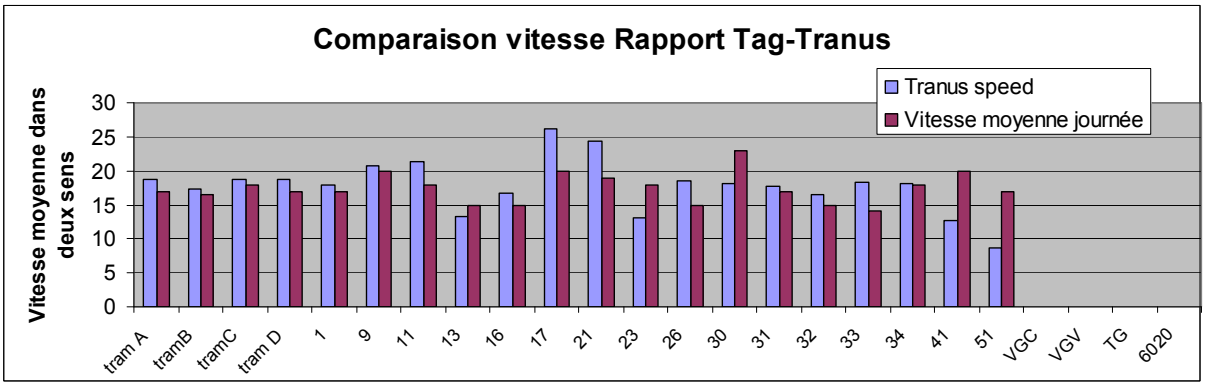


Figure 103 : Calage du modèle : comparaison des résultats de vitesse des TC

Dans ce graphique, nous comparons les données de comptage disponibles (SMTC) avec les trafics du modèle sur l'année de base durant les 3 heures de pointe du matin. Dans le graphique suivant, nous faisons la même chose mais avec les vitesses. Le calage général nous paraît suffisamment robuste. Il faut toutefois remarquer que les routes identifiées ici sont majoritairement dans l'agglomération ou à ses abords. Cela s'explique par le manque de données disponibles. Néanmoins, l'agglomération concentrant la majorité des déplacements et étant la zone la plus congestionnée, cela nous parait acceptable.

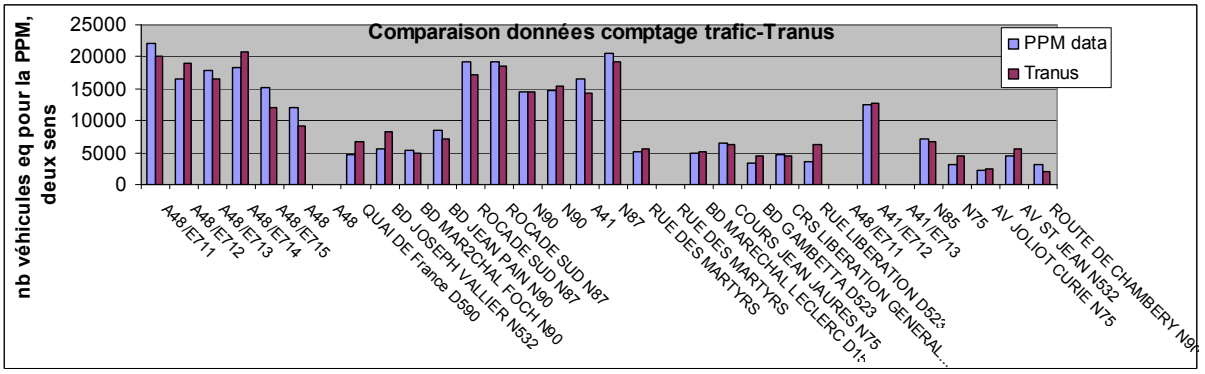


Figure 104 : Calage du modèle : comparaison des résultats de trafic

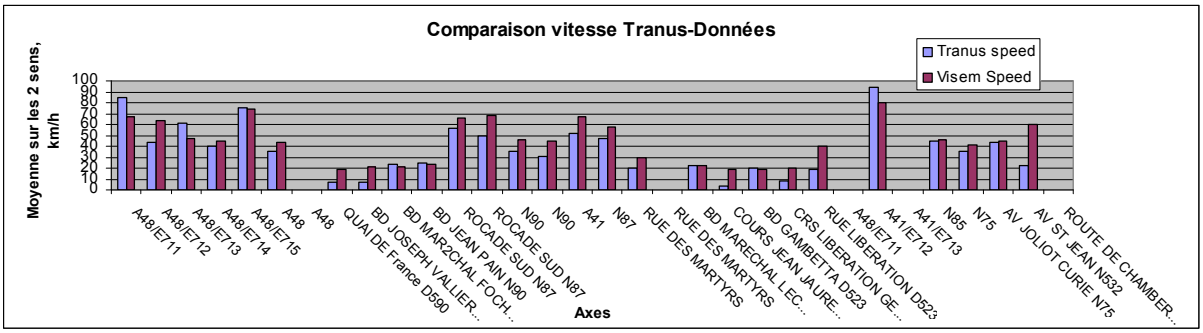


Figure 105 : Calage du modèle : comparaison des vitesses routières

Matrice origine-destination.

Le réglage de ces matrices dépend à la fois des paramètres du module d'usage des sols et des caractéristiques de la mobilité (congestion) : il est donc extrêmement délicat. Les résultats obtenus ne sont pas parfaits, en particulier du fait de la tendance du modèle à la dispersion, comme expliqué précédemment, mais ils nous paraissent toutefois acceptables.

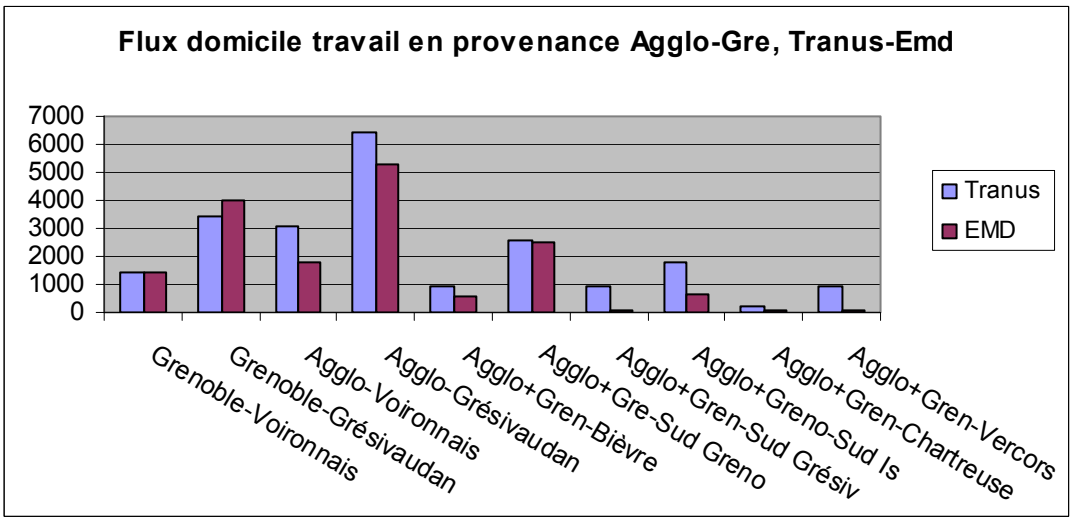


Figure 106 : Calage du modèle : comparaison des matrices origines destination pour les flux en provenance de l'agglomération

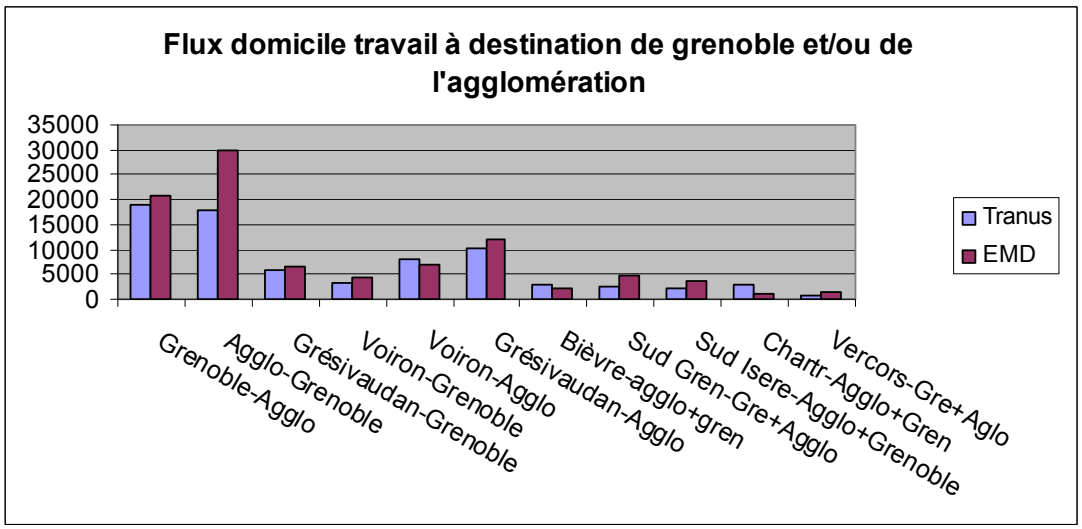


Figure 107 : Calage du modèle : comparaison des matrices origines, destination de l'agglomération

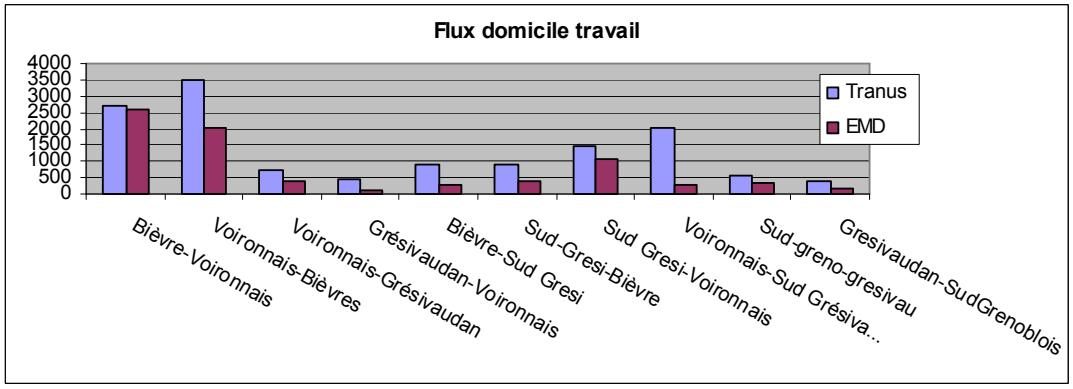


Figure 108 : Calage du modèle : comparaison des matrices origine-destination entre secteurs hors agglomération

4. Données utilisées pour la modélisation et Traitement des données.

4.1 Logement.

Besoin : Obtenir des surfaces de logement pour l'année de base pour les types suivants : logement individuel, logement collectif, logement social

Sources utilisées : Insee, données issues du recensement, logement construit avant 2006.

http://www.recensement.insee.fr/basesTableauxDetaillesTheme.action?idTheme=17

Plan local de l'habitat, PLH 2011-2015 de l'agglomération grenobloise, utilisé pour vérifier les nombres de logements sociaux

Maillage correspondant : Iris pour les communes dotées d'iris (agglomération + Voiron), niveau commune sinon.

Traitement : On transforme le nombre de logements en m2 habitables, à partir des données de nombre de pièces et de surface.

Difficultés : La structure générale de TRANUS laisse la possibilité d'utiliser soit du foncier soit des surfaces de logement. La grande difficulté d'obtenir une carte d'usage des sols à l'échelle de notre territoire (les recollements de PLU nécessaires représentent un travail énorme de traitement de données) avec les COS associés (coefficient d'occupation des sols) nous a conduit à privilégier cette approche par les surfaces de logement. Le fait de raisonner directement avec du foncier facilite la description des scénarios et des politiques d'urbanisme, il suffit de coller à ce que propose les PLU. Néanmoins l'utilisation de l'unité logement ne pose pas de problème particulier.

Entrée dans TRANUS : Surface par zone de logement individuel, collectif et social. Ces distinctions permettent de simuler de manière plus précise les politiques d'usage des sols et les choix des populations en termes de logement.

4.2 Population.

Besoin : Localiser pour l'année de base les ménages par niveau de revenu, les personnes de plus de 65 ans, les étudiants.

Sources utilisées: Revenus fiscaux localisés des ménages, Direction générale des impôts, traitement Insee, utilisation de la donnée revenu par unité de consommation 2007 pour les iris et 2008 pour les communes.

http://www.insee.fr/fr/ppp/bases-de-donnees/donnees-detaillees/duicq/telechargement.asp

Enquête ménage déplacement de la région grenobloise 2010, effectif des plus de 65 ans et des étudiants par secteur de tirage.

Etude AURG : Débat sur la fragmentation socio-spatiale des ménages, E.Boulanger, 2010

Insee-DGFiP Revenus fiscaux localisés des ménages, utilisation de la donnée revenu par âge du référent fiscal en unité de consommation, par commune

Maillage correspondant : Niveau Iris et commune

Traitement: Les données en revenus fiscaux par unité de consommation ne permettent pas de tirer de conclusion en termes de niveau de vie car elles ne représentent pas les redistributions (impôts,

minima sociaux, minimum vieillesse, prestations familiales..). Néanmoins elles représentent mieux les différences de niveau de vie des ménages que les autres formats qui ne prennent pas en compte la taille du ménage. Notre traitement a consisté à reconstruire des effectifs suivant nos 4 quartiles pour chaque zone pour les ménages. En effet dans les données disponibles, les quartiles sont calculés pour chaque commune ou iris, et il n'y a pas de valeurs communes, il nous a donc fallu définir des quartiles communes à partir des données départementales et assigner des effectifs à ces quartiles dans chaque zone. A partir de données équivalentes par âge pour quelques communes de l'agglomération, de recoupement avec des chiffres nationaux, on déduit des effectifs pour les plus de 65 ans suivant deux niveaux de revenu : inférieur à la médiane et supérieur. A partir des données EMD, on déduit des effectifs étudiants pour nos zones.

4.3 Réseau Transport.

Besoin : Représenter le réseau de transport de la région urbaine grenobloise

Sources utilisées : Le réseau de route (sig) a été déduit directement du réseau utilisé par le SMTC dans le cadre de sa pratique de modélisation

Les lignes de bus, tramway, train ont été ajouté à la main à partir de carte du réseau.

Maillage correspondant: Le réseau final dans TRANUS est une simplification du réseau réel, les routes de très petite capacité ayant été enlevées.

Traitement : Le réseau a été filtré afin de le simplifier et ce pour deux raisons : le maillage du réseau devait correspondre avec notre maillage iris + commune et ne pouvait donc être trop fin, la simplification limitait le nombre d'erreur et les temps de calcul. Nous avons donc filtré par niveau de capacité les fichiers contenant tous les arcs et nous avons choisit de conserver tous les liens ayant une capacité supérieure ou égale à 600 véhicules/heure.

Un long travail de nettoyage des arcs et nœuds superflus qui ralentissaient les calculs dans TRANUS a été nécessaire en complément.

Difficultés : La difficulté a consisté à réduire intelligemment le réseau sans perdre de sens et de bien accorder notre maillage iris au maillage du transport afin de correctement modéliser les accessibilités.

Entrée dans TRANUS : Ensemble d'arcs et de points géoréférencés représentant le réseau de la RUG

4.4 Prix foncier.

Besoin : fournir un proxy du prix du logement afin d'initialiser la simulation du marché dans le module usage des sols

Sources utilisées : Observatoire du foncier de l'Isère, Tableau de suivi des marchés immobiliers et foncier (traitement des données Perval 2006-2008), Différentes notes de l'AURG, les cahiers de l'observatoire de l'habitat, Données Immoprix (http://www.immoprix.com/), issues des bases Perval

Maillage : Grande hétérogénéité des maillages : communes regroupées par secteurs, communes, quartiers de Grenoble.

Traitement : Recoupement des différentes sources pour évaluer le prix au m2 des logements collectifs et individuels.

Difficultés : l'achat des bases Perval (Base des notaires) s'est avéré trop onéreux et un partenariat d'échange avec l'AURG contractuellement impossible, nous n'avons donc pas eu accès aux données de base. De plus le faible niveau de transaction dans certaines zones (d'autant plus que Perval ne comprend que 30% des constructions neuves en diffus) rend incertain les chiffres Perval. L'appréciation elle-même du prix significatif du logement pour une année de base est complexe pour plusieurs raisons : les fluctuations d'une année sur l'autre peuvent être importantes, et ce d'autant plus avec la crise ; la hausse des taux d'intérêt et des prix immobilier a créé un écart entre paiement des mensualité pour un primo-accédant et paiement d'un loyer ; la hausse continue des prix dans certaines zones implique une grande différence entre les résidents anciens et les nouveaux acquéreurs : il n'existe pas UN prix du logement. Le choix a été fait de prendre le prix de vente (année 2008) comme proxy, les éléments du modèle autre que le prix (attractivité, logit) permettant de surmonter cette difficulté et de correctement localiser les populations à partir de ces prix de base.

Entrée dans TRANUS : Prix mensuel au m2 par zone. Il faut noter qu'afin d'avoir un arbitrage pertinent entre désutilité à se déplacer et coût du logement, (équation 3), il est nécessaire de rendre comparable ces deux valeurs. Nous avons donc un prix mensuel par m2 pour le logement qui sera multiplié par la surface demandée, et pour le transport, on calcule à partir d'un coefficient de passage et du coût pour la période de pointe, le coût mensuel de la mobilité. Pour estimer ce coefficient de passage on s'appuie sur les données de l'EMD et de l'ENTD, afin d'évaluer ce que les motifs et distances modélisés ici représentent par rapport à l'ensemble des déplacements effectués.

4.5 Emissions du transport.

Besoin : Estimer les émissions de CO_2 mais aussi de NOX et de PM des véhicules roulants, en distinguant par niveau de norme Euro

Sources utilisées : Projet Artemis, Inrets, http://www.inrets.fr/ur/lte/publi-autresactions/fichesresultats/ficheartemis/artemis.html

SMTC : composition du parc de bus et consommation.

Traitement : Les coefficients fournis par cette étude permettent de calculer les émissions à partir des vitesses sur chaque arc, et ce pour un parc représentatif français ou européen.

Entrée dans TRANUS : Le calcul des émissions se fera à partir des sorties de TRANUS donnant les vitesses congestionnées et les veh.km parcourus par opérateur. Le module de calcul se fera sur excel à partir de ces sorties.

Détails du calcul d'extrapolation :

ENTD : le motif travail représente 40% des kilomètres de la mobilité locale. 71% des salariés font un seul aller retour, donc on considère que la période 7h-10h représente 15-18% des kilomètres mensuel de la mobilité locale. Le motif Autre+achat sur la période 7h-10h (EMD) représente 6% des déplacements totaux de la journée, leurs distances moyennes selon l'ENTD est de 7.3 kilomètres contre 8 kilomètres pour un déplacement moyen. Nous estimons donc à 5.5% des kilomètres quotidiens d'un jour de semaine.

Sachant qu'il y a environ 3.15 déplacements par jour ouvrable, contre 2.5 le samedi et 1.7 le dimanche, nous considérons que le week end représente moins de 20% de la mobilité locale en km. Ainsi 5.5% d'un jour de semaine devient 4.5% de la mobilité locale. Le motif Etude sur la période 7-10h représente 4% des déplacements totaux, avec une distance de 5.6 km, ce qui donne environ 3% des kilomètres parcourus en mobilité locale. Au final nous arrivons à environ 25% *de la distance parcourue localement*, d'où le facteur 4*22 (22 étant le nombre de jours ouvrables) pour redresser les résultats obtenus durant les périodes de pointe du matin pour obtenir un résultat mensuel.

4.6 Emploi.

Besoin : Estimation du nombre d'emploi par catégorie pour nos zones.

Sources utilisées : Base de données Unedic pour le département de l'Isère, 2009, http://unistatis.orsid.com/

Insee, recensement : Emplois au lieu de travail par sexe, catégorie socioprofessionnelle et secteur d'activité économique et Emplois au lieu de travail par sexe, statut et secteur d'activité économique, maillage commune, données 2006

Base de données : AURG emplois publics et privés à la zone du modèle VisemDavisum utilisé par les acteurs grenoblois.

Maillage correspondant : Unedic et Insee sont à la commune, les données AURG sont très fines (maillage inférieur à l'iris).

Traitement : Nous avons d'une part les activités basique que sont Industrie et R&D-tertiaire. Nous choisissons de les distinguer entre elles car elles ont des modes de consommations de l'espace différents, le tertiaire et les activités de R&D sont davantage mixte que les industries lourdes.

Nous avons les emplois publics, les emplois générés par les écoles et les universités : ces emplois génèrent des déplacements autres que domicile travail, car ils offrent des services. Enfin nous distinguons Commerce-Service-Quotidien, Commerce-Service-Occasionnel et Grandes surfaces, car ils ont des modes de consommation de l'espace différents, et que des politiques différenciées sont mis en place pour leur rééquilibrage sur le territoire.

Difficultés : La difficulté réside dans le recoupement de ces différentes sources, chacune étant insuffisante, l'Unedic ne comprenant pas les emplois publics et restant au niveau communal, les données Insee ne distinguant pas suffisamment les différents secteurs et restant au niveau communal, les données Aurg ne distinguant pas suffisamment de secteurs d'emploi.

Entrée dans TRANUS : Nombre d'emplois par type et par zone.

4.7 Surface des activités économiques.

Besoin : renseigner l'offre de surface consommée par les activités économiques

Sources utilisées : Rapport projet Simbad, Les surfaces d'activité économique au sein de l'Aire Urbaine de Lyon, 2008, Données AURG, surfaces commerciales

Maillage correspondant : Maillage des emplois

Traitement : A partir des chiffres de Shon/emploi/ type d'activité produit par l'étude simbad, et des chiffres de surfaces commerciales sur le territoire grenoblois, nous avons déduit des surfaces consommées totales par zone.

Difficultés : La structure générale de TRANUS laisse le choix entre utiliser directement du foncier ou des surfaces (Shon). La difficulté

Entrée dans TRANUS : Surface en m2 pour l'industrie, le tertaire+R&D, les commerce-service-quotidien et occasionnel et pour les grandes surfaces.

4.8 Coûts des déplacements.

Besoin : avoir des coûts par déplacement pour les transports en commun et des coûts au kilomètre pour les véhicules particuliers.

Sources utilisées : Tarification SNCF pour les TER. Document Certu, Panorama des transports collectifs urbains dans les agglomérations de plus de 250 000 habitants, 2008.

Guide Officiel Ademe, Consommations conventionnelles de carburant et émissions de CO_2, 2011

Budget de l'automobiliste français, Automobile Club, 2010,

Insee, http://www.insee.fr/fr/themes/tableau.asp?reg_id=0&ref_id=NATTEF13629

La Revue du CGDD, La mobilité des Français, Panorama issu de l'enquête nationale transports et déplacements 2008

Rapport d'activité du conseil général de l'Isère, 2009.

Traitement : Pour le train, un prix au kilomètre a été calculé à partir des coûts des abonnements pour le travail. En effet puisque nous modélisons la pointe du matin, nous pouvons faire l'hypothèse que la majorité des utilisateurs sont abonnés et ne paie pas un simple ticket. Les calculs sont spécifiés dans le tableur Calcul coût au km.

Pour les transports de l'agglomération, nous avons divisé la recette totale par le nombre total de déplacements. On obtient donc directement le prix moyen réellement payé par les utilisateurs, sans avoir à faire d'hypothèses sur le taux d'abonnement ou le taux de correspondance. Il suffit de mettre un coût de transfert nul entre deux opérateurs de l'agglomération, l'utilisateur ne paiera que le premier « boarding tarif » et aucun coût de transfert. C'est une manière robuste de représenter le coût de voyager en transport en commun.

Pour les bus du département de l'Isère, nous avons utilisée la même méthode en divisant la recette totale par le nombre total de voyages. Les correspondances avec le réseau sont considérés comme gratuites car l'abonnement aux transports de l'agglomération permet d'utiliser les bus du département dans la zone A (agglomération) et vice versa.

Pour le coût kilométrique des véhicules particuliers, l'objectif a été d'obtenir un coût complet de l'usage de la voiture et non pas seulement le coût du carburant.

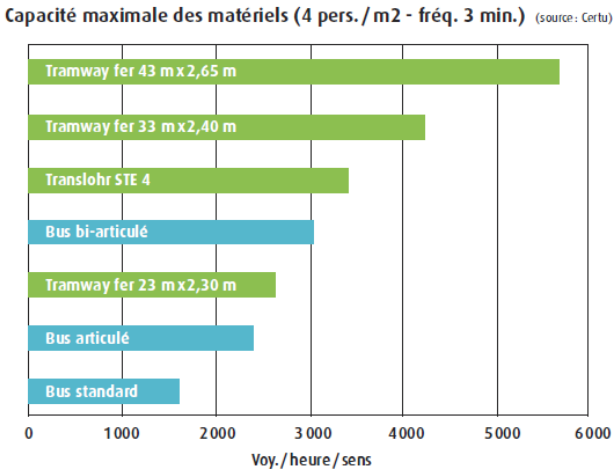
5. Discussion et description détaillée des mesures testées.

5.1 Description détaillée des solutions techniques.

5.1.1 Les Bus à Haut Niveau de Service.

Description : le Certu (2009) donne cette définition du TCSP : « On entend par « transport collectif en site propre » (TCSP), un système de transport public utilisant majoritairement des emprises affectées à son exploitation. » et ajoute qu'un TCSP est avant tout un système, articulant infrastructure (plate-forme, stations, etc.), matériel roulant et conditions d'exploitation (modalités de circulation, systèmes d'aide à l'exploitation, information voyageurs…). Avec le métro et le tramway, le Bus à haut niveau de service, est le 3ème type de TCSP, il peut-être guidé ou non, utiliser une motorisation électrique ou thermique. Du fait de vitesses et de fréquences possiblement identiques à celles du tram, mais d'une capacité du matériel roulant limitée, la capacité maximale du BHNS se rapproche de celle du tram sans toutefois l'égaler. Par exemple, la ligne de BHNS de Montbonnot[186] à Grenoble en passant par Meylan (Innovallée) que nous testons permet de quasiment rivaliser avec le tram en termes de niveau de service (selon le Certu, le BHNS peut atteindre jusqu'à 3000 voy/heure/sens, sachant que dans notre modèle les trams A et C atteignent jusqu'à 4000voy/heure/sens.) et d'éviter une fourche du tram C permet de conserver la fréquence sur tout le parcours, tout en coûtant moins cher que le tramway.

Figure 109*: Capacité maximale des matériels roulants*



Source : (CERTU 2009)

Le BHNS, dans une forme maximaliste parfois appelé Full BRT (Certu, 2009) a fait ses preuves dans un grand nombre de pays en voie de développement (Lefèvre, 2008) et reposait de la même manière sur une articulation réussie entre les trois composantes décrites précédemment.

186 Même si Montbonnot n'est pas dans l'agglomération, le volume d'emploi existant justifie cela, autant du point de vue de l'intérêt territorial que de l'intérêt de l'opérateur qui augmente ainsi sa fréquentation.

Exemple de Grenoble : au début des années 2000, le SMTC a décidé de dynamiser sa ligne la plus fréquentée (ligne 1) en augmentant les sites propres (70% du tracé contre 20 auparavant), en organisant un nouveau phasage des feux et de nouvelles priorités, en optimisant les arrêts (par rapport aux feux et en termes de configuration (ligne contre encoche)), et enfin en améliorant les correspondances. Cela a permis de diminuer le temps de parcours de 20%, et donc d'augmenter la productivité. Cela a permis d'augmenter la fréquence à coût constant, et au final la fréquentation a augmenté de 58%, pour un coût de 5MF(1998) au km.

Faisabilité technique : la mise en place des BHNS ne pose pas de problème particulier et la création des infrastructures de site propre est plus rapide que pour un tram et elle peut être progressive. Ces infrastructures présentent l'avantage d'être plus réversible, si l'on souhaite de nouveau retrouver tout l'usage de la voirie.

Faisabilité politique : la mise en place de BHNS implique de restreindre la place accordée à la voiture sur la voirie. Puisque notre paquet de mesure inclus aussi la création de pistes cyclables en compléments, les capacités de stationnement seront aussi réduites. Cette réduction de la place dédiée à la voiture représente la principale difficulté politique. Néanmoins si cette mesure s'inscrit dans une vision de la mobilité à moyen et long terme comprise par la population, cette mesure paraît plutôt acceptable.

Faisabilité économique, dont description des coûts : la faisabilité économique des BHNS dans notre cas d'étude dépend de plusieurs éléments :

- du niveau de fréquentation futur de l'infra
- du niveau d'investissement dans le site propre,
- du niveau d'investissement dans le matériel roulant (par exemple dans des bus hybride plus onéreux)
- du niveau d'investissement sur l'aménagement urbain qui dépasse l'infrastructure de transport proprement dite (« de façade à façade »)
- de la tarification des transports en commun

Le niveau de fréquentation sera donné par le modèle. Nous allons donc nous intéressé plus en détails aux autres points. Il y a en effet plusieurs niveau « d'intensité » du site propre : on peut aller jusqu'au tram en terme de voie et de station, on peut garder quelque chose de très proche d'une ligne de bus normal, mais simplement avec un marquage au sol pour le site propre, ou bien une forme intermédiaire. Dans notre cas, nos BHNS seront utilisées pour les lignes de bus les plus fréquentées, mais ce ne sont pas des axes d'importances aussi grandes que ceux desservis par les tramways. Nous ne faisons pas l'hypothèse d'un BHNS qui irait vers le niveau de service d'un tramway, car nous ne sommes pas dans le cas d'une ville qui, n'ayant pas de tram et souhaitant une ligne structurante investira dans un BHNS pour en faire le quasi égal d'un tram. Nous ne faisons pas non plus l'hypothèse d'une BHNS à minima, car le changement devra être fortement perçu par les possibles usagers, afin de stimuler la fréquentation souhaitée. En effet le principal obstacle identifié par le SMTC est l'image du bus, semble-t-il plus que ses performances intrinsèques. La symbolique de changement sera donc importante et la volonté affichée de renouveler fortement le réseau de bus doit

s'accompagner d'investissements repérables pour les usagers. Nous nous plaçons donc dans une situation intermédiaire d'investissement. Par ailleurs les investissements de façade à façade, qui peuvent représenter une part importante du coût d'un tram, car il est perçu comme un projet urbain qui régénère les quartiers traversés, seront minimisés. Cela s'explique par le fait que ces investissements sont aujourd'hui difficiles à faire, du fait de la dette importante du SMTC (600M€ en 2011) et que les tramways ont déjà réalisé une partie importante de ce travail de revalorisation du centre urbain. Ainsi, dans la fourchette 2-10M€/km donnée par le Certu (comprenant uniquement le site propre), et celle de 5-15 M€ du SMTC, nous retenons un coût au kilomètre de 5M€/km, permettant de renforcer les sites propres et de réaliser les aménagements nécessaires pour fluidifier le passage du bus. Le matériel roulant sera renouvelé, afin d'être plus moderne et parfaire la dynamisation de l'offre, une vingtaine de nouveaux bus seront achetés (environ 300 000€ par bus, Citadis, à partir du Budget 2008 du SMTC). Il n'y aura pas de guidage car les guidages matériels, qui permettent d'optimiser l'emprise du véhicule, peuvent impliquer des dysfonctionnements et surcoûts et les guidages immatériels ne permettent pas forcément d'améliorer l'emprise du bus (Certu), enfin l'avantage du guidage en termes d'accostage aux stations ne nous parait pas décisif.

Impact sur l'espace urbain : le fait de ne pas investir dans l'aménagement hors transport limite l'impact sur le cadre urbain par rapport aux investissements dans les lignes de tramway grenobloises. Néanmoins le fait de réduire la place dédiée à la voiture et de libérer de la place pour les vélos et les piétons a tout de même un effet positif sur les quartiers traversés.

5.1.2 Les Transports par câble.

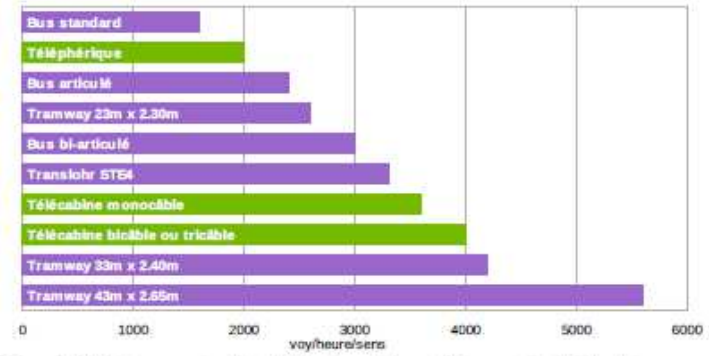
Cette solution technique est régulièrement discutée à Grenoble, du fait de sa culture alpine et de son savoir-faire dans cette technologie, d'autant qu'un certain nombre de villes européennes et sud-américaines utilisent déjà cette solution. Il est donc utile de faire un point sur ce type de solution. Le transport par câble urbain est de même nature que celui qui équipe nos stations de ski. Il peut-être monocable (traction et sustentation avec le même câble comme sur la figure ci-dessous avec de petites cabines) ou bi- voir tri-câble (les cabines pouvant alors être plus grosses et les portées entre deux pylones plus grandes).

Télécabine monocâble de Saragosse - Espagne (photo Leitner)

Figure 110 : Transports par câbles aériens en milieu urbain et périurbain : quel domaine de pertinence en France ?

Source : (Meddtl et al, 2011)

Les capacités permises par ces systèmes peuvent être très importantes et rivaliser avec les tramways. L'avantage du câble étant sa capacité à gérer les forts dénivelés, à gérer les obstacles de types fleuves, autoroutes, et à ne pas avoir d'emprises sur la voirie. Cette capacité de franchissement est particulièrement intéressante dans notre cas : entre Crolles et Brignoud, il y a l'Isère et l'autoroute à traverser (2.2 km), avec des ponts déjà très encombrés.



Capacité théorique maximale de différents systèmes de transport collectif urbains – Fréquence 3 min., 4 pers./m² pour les bus et tramway (source Certu, constructeurs)

Figure 111 : Transports par câbles aériens en milieu urbain et périurbain : quel domaine de pertinence en France ?

Source : (Meddtl et al, 2011)

Faisabilité technique : dans le cas du projet de câble entre Crolles et Brignoud, la difficulté d'implantation des stations en zones urbaines denses ne se pose pas, par ailleurs le savoir-faire alpin des télécabines devrait permettre de garantir le fonctionnement de l'infrastructure sans les pépins classiques des premiers pas.

Faisabilité politique : pour le Grésivaudan, qui n'a pas encore investit dans un TCSP, c'est la hauteur de l'investissement qui semble difficile. Les derniers éléments laissent à penser que le câble ne sera pas retenu[187]. Par ailleurs les projets innovants de ce type doivent convaincre qu'ils ne sont pas fantaisistes, ce qui représente une difficulté supplémentaire.

Faisabilité économique :

L'étude mené par le Grésivaudan (Se déplacer entre Crolles et Brignoud, Quel scénario pour demain ? Communauté de Communes du Grésivaudan, dec 2011) présente les différents scénarios possibles et chiffre les coûts. Nous retenons dans le scénario Renforcement Multipolaire que la croissance de Crolles et des transports en commun interurbain justifient la mise en place du câble entre la gare de Brignoud et Crolles, pour un coût de 42M€ sur 20 ans. La mise en place d'un partenariat avec la Sncf permettra de financer le câble à hauteur de 1€ par trajet. Nous misons sur une fréquentation suffisante pour amortir les coûts d'exploitation. Pour les autres scénarios, la solution double pont sera mise en place pour un coût de 22M€ sur 20 ans (environ 20M€ d'investissement, peu de coûts d'exploitation).

187 http://adtc-grenoble.org/spip.php?article130, http://www.lecrollois.fr/archive/2011/12/16/liaison-crolles-brignoud-reunion-du-15-decembre-2011.html

5.1.3 Covoiturage.

Références :

Certu, Rapport d'étude, Le covoiturage en France et en Europe, Octobre 2007

Alyce, Sofreco, Setec, Rapport Complet pour le Predit, Développer une infrastructure de covoiturage ? Opportunités et spécifications d'une organisation fonctionnelle et spatiale en vue d'une expérimentation en Ile-de-France, Juin 2010.

Département de la Manche, Schéma départemental des aires de covoiturage, 2010

Certu, Marie Arbouet, Quel potentiel pour les nouveaux services à la mobilité ?, Mémoire de Master, 2011

L'isère met en place un site de covoiturage et débute des expérimentations sur deux lignes : http://www.ecovoiturage.itinisere.fr/core/article/grilletarifaire

Dans la région urbaine de Grenoble, il y a en moyenne 1.3 personnes par voiture pour les déplacements quotidiens (EMD, 2010). Si on s'intéresse aux déplacements domicile travail, ce chiffre tombe à 1.05 (EMD, 2010). La voiture s'avère bien être un mode de transport individuel. La grande majorité des véhicules disposant d'au moins 4 places, le potentiel d'augmenter cette occupation parait extrêmement intéressant. Avec cette seule évolution, on imagine bien qu'on pourrait réduire significativement les niveaux de pollutions, la congestion urbaine, les besoins en stationnement, et les coûts pour les ménages. Et contrairement aux transports en commun, qui connaissent des limites en termes de rentabilité dans les zones peu denses, cette solution apparait possible dans toute une diversité de type de territoires.

C'est bien dans cette optique que la loi incite les PDU à encourager les entreprises à mettre en place des Plan de déplacements favorisant transport en commun et covoiturage. Par ailleurs un certain nombre de signaux faibles montrent que le potentiel du covoiturage existe : on observe du covoiturage spontané en particulier à proximité de voies rapides (Idf, Var), un site comme Covoiturage.fr recense jusqu'à 350 000 déplacements par mois et voit les inscriptions fortement augmenter[188], de nombreux sites sont mis en place, et en 2007, 72 étaient recensés par l'Ademe, (Certu, 2007). Des départements comme le Finistère mettent en place conjointement un site internet pour faciliter la mise en relation des covoitureurs et aménagent des aires de covoiturages (33 aires à l'échelle du département). De même l'Isère[189] met en place un site de covoiturage et débute des expérimentations sur deux lignes. La perception du covoiturage est bonne de la part des ménages (Alyce et al, 2010) mais il y a un grand décalage entre cette perception, entre le désir déclaré et la pratique. Cela est bien vérifié par les enquêtes, (Alyce et al, 2010) et bien traduit par la tentative de simuler ces comportements avec une modélisation via un logit qui se solde par un niveau de part modal très élevé du covoiturage, entre 20 et 45% bien au-delà de la réalité constatée (Alyce et al, 2010).

Par ailleurs les connaissances sur ce nouveau mode de déplacement restent éparses : le manque de données rend difficile la compréhension du phénomène, l'évaluation de l'efficacité de ce mode et la

188 http://www.lefigaro.fr/conjoncture/2012/04/20/20002-20120420ARTFIG00562-le-covoiturage-se-developpe-de-plus-en-plus.php

189 http://www.ecovoiturage.itinisere.fr/core/article/grilletarifaire

définition de politiques publiques permettant son déploiement (Certu, 2011d). Cela s'explique d'une part par la difficulté statistique d'analyser un phénomène de faible ampleur (EMD) et d'autre part car il n'y a pas d'opérateur dédié qui gérerait un flux d'information. Les travaux du Predit, tel que celui mené sur l'Idf, cherchent à combler une partie de ces manques, en tentant de spécifier les infrastructures et l'organisation nécessaires à une expérimentation sur ce territoire.

Le besoin d'infrastructures dédiées, apparait fondamental, la station permettant de renforcer la visibilité de ce mode et de favoriser les appariements, de plus elle peut permettre la réalisation « d'un événement inaugural de la station qui permettrait aux covoitureurs potentiels de se rencontrer, de faire connaissance », (Alyce et al, 2010)
Il est nécessaire de mettre en place une action publique permettant de sécuriser le paiement, d'apporter de la confiance sur ce mode de déplacement. La mise en place d'un site par l'Isère qui permette le paiement par porte-monnaie électronique participe à la sécurisation du dispositif. La subvention de 10€ proposée par le conseil général tente d'inciter les personnes à expérimenter le covoiturage et ainsi combler le fossé entre perception et pratique.

Plusieurs types de stations existent (Alyce et al, 2010) :

- Station de correspondance en entrée/sortie d'autoroute : améliorer la sécurité et favoriser la prise en charge rapide du covoitureur, mais la station peut être chère jusque 8000€.
- Station de service : par exemple un parking de supermarché, l'objectif étant de favoriser la gestion des chaînes d'activités et de profiter de places existantes et bien desservies, cela peut nécessiter un aménagement supplémentaire pour favoriser la visibilité et une entente avec le gestionnaire du parking
- Station de rabattement : utilisation des parcs relais des nœuds de transports en commun, l'idée est de favoriser le covoiturage pour venir à la gare ou pour aller de la gare à son travail. Cela peut nécessiter l'extension des parc relais.
- Station urbaine : le besoin de stationnement peut-être moins important mais il est nécessaire d'assurer la visibilité de la station, sa bonne connexion avec les autres modes et la sécurité des covoitureurs. L'étude du Predit imagine une expérimentation avec 25 stations (hors stations urbaines) pour le département de l'Essonne, ce qui peut sembler très peu. L'idée qui sous-tend est que le réseau de station ne doit probablement pas être pensé comme l'infrastructure dimensionnante du phénomène à moyen et long terme, « Il est en effet conçu comme un facilitateur du passage à l'acte vers le covoiturage, plus qu'un système permettant de répondre aux attentes de tous les covoitureurs lorsque cet usage se sera développé », nombre d'entre eux pourront s'organiser autrement et n'auront plus besoin de la station.

Notre objectif n'est pas de tester ou de simuler un potentiel pour le covoiturage, si l'on raisonne avec les outils économiques de simulation disponibles, l'avantage en termes de coût impliquera un niveau de part modal élevé, (comme dans Alyce et al, 2010), et la perte de temps due au covoiturage, qui pourrait compenser cela, est très difficile à estimer. Par ailleurs la représentation des stations pose des problèmes de représentation dans TRANUS (transfert piéton-voiture, voiture-voiture).

Notre objectif est de formuler une hypothèse à la fois ambitieuse et réaliste d'augmentation du taux d'occupation (+15% entre 2010 et 2030, on passerait de 1.3 à 1.5 en moyenne, en 2030 cela représenterait environ 18 000 covoitureurs) et de calculer les coûts et les bénéfices pour la collectivité, en termes de réduction des pollutions, de congestion et d'économie pour les ménages. L'idée est donc avant tout de visualiser ce que pourrait apporter la pratique à une plus grande échelle du covoiturage et non d'analyser les moyens de son développement.

Afin d'avoir une vision la plus précise possible du bilan global pour la collectivité, il est nécessaire d'estimer un coût pour les politiques favorisant le déploiement simulé (+15% progressif entre 2010 et 2030). Le site de l'Isère facilitant l'appariement, la gestion des trajets et le paiement existe déjà et seule sa montée en puissance sera être nécessaire en cas de nombre croissant d'utilisateur.

Trois points nous paraissent importants à développer.

Les aires de covoiturage : nous considérons 50 aires pour le territoire dans un premier temps (2015), représentant 1000 places, avec un coût moyen de 2000€ par place (investissement plus maintenance, places non gardées, selon le Schéma aire covoiturage de la manche et le travail réalisé en Ile de France) sachant qu'il y a une différence importante entre les types de stations et suivant les contraintes spécifiques de l'aménagement. Cela représenterait donc 2M€ en 2015. Puis dans un deuxième temps, des enseignements ayant été reçus de la première phase, 50 nouvelles stations seraient créées pour le même coût. Des études spécifiques sur cette question afin de savoir où placer les stations et quel services développer en complément (0.5M€). Un renforcement conséquent de la subvention aux premiers covoitureurs afin de faire en sorte que le plus de personnes possibles testent le site afin de générer une base de données facilitant l'identification d'appariements faisables et l'expérimentation par les ménages : avec 20€ par mois durant une période limitée pour les 10000 premiers covoitureurs (avec une contrainte d'un nombre de déplacements à effectuer) allié à une campagne de communication. Cela doit favoriser l'expérimentation par les ménages.

Au final l'investissement parait bien faible par rapport aux autres mesures testées avec un total de 3.5M€. Il y a bien sûr une grande incertitude sur le caractère suffisant de cet investissement pour atteindre l'objectif simulé dans notre travail.

5.1.4 Péage urbain.

Description : Rendu possible pour la loi Grenelle II pour les agglomérations de plus de 300 000 habitants (c'est l'AOTU qui peut fixer le montant du péage, qui touche les recettes et les affecte aux actions du PDU)[190], les péages urbains sont des dispositifs de tarification de l'usage des véhicules particuliers. Le péage vise à rationner l'usage de la voiture afin de réduire les externalités générées. Si la loi à travers l'article 65 ouvre la possibilité du péage, le décret est encore en discussion et n'est pas encore publié (Gart, 2012).

Les objectifs poursuivis sont les suivants :

- ☐ **diminuer les pollutions locales et globales (**CO_2) ; l'appel à projet de l'Ademe Zapa (Ademe, 2010) envisage la mise en place de péages (dans une forme qu'il reste à préciser, en particulier

190 Ici une réaction de l'ADCF sur ces différents points : http://www.adcf.org/files/Note-AdCF-clarification-competences-transports-audition-senat-30-11-2010-v2.pdf

une possible indexation sur le niveau Euro des voitures) afin que les villes qui dépassent actuellement les normes européennes de pollution pour le dioxyde d'azote et les particules puissent réduire ces émissions d'ici à 2015 (cela justifie le timing de notre mesure dans notre simulation). Grenoble a répondu à cet appel à projet et a lancé une démarche Zapa, la « cuvette » grenobloise est en effet sujette à des niveaux élevés de pollution.

- ☐ **diminuer le trafic automobile** : cela permet de réduire les nuisances sonores ainsi que la place de la voiture dans la ville au détriment des autres formes d'utilisation de l'espace public et ainsi améliorer le cadre de vie urbain (Crozet et Glachant, 2007, Certu, 2008b). Il en cela complémentaire des mesures d'aménagement qui diminue la place réservée à la voiture.
- ☐ **réduire la congestion** : le péage permet de réduire la congestion de manière plus efficace économiquement que les autres types d'instruments (rationnement circulation de type réglementaire, taxe carburant, tarif stationnement) car il permet de sélectionner les usagers qui valorisent le plus leur déplacement, qui en retirent la plus grande utilité. (Glachant et Bureau, 2004) En allouant de manière optimale la voirie, le péage dégage des surplus par rapport à une situation de gratuité (Crozet et Marlot, 2001). Il faut noter que l'étalement urbain des emplois et des habitants est aussi une réponse à la congestion des centres urbains, réduire la congestion peut permettre de rééquilibrer cette situation en limitant les inefficacités (Raux et al, 2009).
- ☐ **financer et améliorer les transports** : A Oslo, le péage vise à générer des recettes afin d'améliorer les infrastructures routières et les transports publics. A Londres les recettes sont utilisées pour améliorer le réseau de bus.

Ces objectifs ne sont pas toujours réalisables ensemble :

- ☐ Générer beaucoup de recettes implique que beaucoup d'automobilistes restent sur la route et paient le péage, l'effet environnemental et la diminution de la congestion seront donc plutôt faibles.
- ☐ Vice versa si le péage dissuade beaucoup d'automobilistes, les recettes seront faibles. (Crozet et Marlot, 2001)
- ☐ Par contre réduire le nombre de veh.km permet à la fois de réduire la congestion et les pollutions.

Ainsi Stockholm vise principalement les 3 premiers objectifs et Londres à réduire la congestion et améliorer le service de bus.

Grenoble : objectif prioritaire : réduire les émissions de polluants car Grenoble dépasse les normes européennes (réduire de 35% en moyenne pour les NO2, La Metro, 2011), réduire les émissions de CO_2 et diminuer le trafic automobile pour améliorer le cadre de vie urbain (dans le cas du scénario de concentration urbaine, ce point est particulièrement important). Cela implique de toucher un territoire assez grand pour réduire de manière significative ces émissions et d'avoir un tarif suffisamment élevé pour dissuader un certain nombre d'automobilistes.

Nous voyons que certaines zones de l'agglomération, proche de trafics importants, dépassent largement en valeur moyenne. Notre modélisation des émissions de polluants locaux est directement basée sur les veh.km parcouru (pas de fonction de la vitesse) et produit un chiffre global de la monétarisation des émissions. Nous ne sommes pas capables de fournir un résultat localisé pour les zones les plus touchées, mais simplement une indication sur l'effet de nos mesures à réduire les valeurs moyennes au niveau global de l'agglomération.

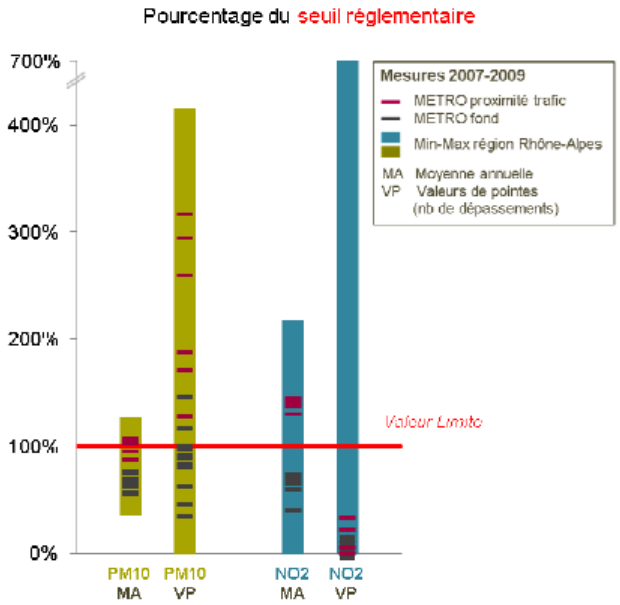


Figure 112 : les dépassements de pollutions, en bleu les valeurs moyennes, en jaune les pointes.

Source (La Metro, 2011)

Le péage est généralement considéré comme régressif, cette idée apparaît néanmoins comme le résultat d'une analyse incomplète car cet effet régressif ou progressif dépendra du niveau de vie moyen des automobilistes et des utilisateurs des transports en commun, de la redistribution des revenus du péage et de la forme de celui-ci (cordon ou zone) (Glachant et Bureau, 2004, Raux et al, 2009).

Analyse de la régressivité/progressivité :

- ceux qui abandonnent leur voiture pour les transports en commun voient leur utilité diminuer, et puisque que les ménages valorisant moins leur déplacements sont ceux qui ont des revenus plus bas, le péage « exclut » les plus bas revenus.
- parmi ceux qui restent sur la route après l'instauration du péage, certains ont une utilité négative (ceux qui valorisent le moins le temps gagné grâce à la diminution de la congestion), d'autres une utilité positive (vice-versa) : dans ce sous-groupe, le péage est régressif.
- par ailleurs le gain de temps apporté par le péage est souvent trop faible pour compenser le paiement du péage pour les automobilistes : ils sont donc globalement perdants, ce qui explique la difficulté de mettre en place un tel outil (Glachant et Bureau, 2004, Crozet-Marlot, 2001).

Jusque là le péage est donc globalement régressif, mais le péage génère aussi des recettes (qui dépendant des coûts de perception) et si l'on prend en compte leur redistribution, la situation peut-être différente.

- ☐ les usagers de l'automobiles sont généralement plus riches que les usagers des transports en commun (Glachant et Bureau, 2004, données EMD Grenoble 2010), l'utilisation des recettes pour l'amélioration des transports en commun permet donc d'augmenter l'utilité de classes de revenus plus modestes, et donc améliore le caractère progressif du péage. L'amélioration des transports en commun permet aussi de réduire la perte d'utilité de ceux qui ont dû quitter leur voiture et réduit le caractère régressif.
- ☐ dans le cas où le centre regroupe des populations avec des revenus plus élevés que la périphérie, un péage zone a davantage de chance d'être progressif qu'un péage cordon qui exonère les résidents (Glachant et Bureau, 2004).

Le caractère régressif ou progressif dépendra donc des modalités d'application du péage urbain. Pour notre travail nous choisissons de mettre en place un péage de zone et de reverser l'intégralité des recettes à l'amélioration des transports en commun afin de favoriser la progressivité du dispositif. Nous observerons l'effet sur nos 4 niveaux de revenus afin d'évaluer le caractère régressif ou progressif de l'instrument.

La question des surplus collectif apporté par les péages urbains est étudiée par Raux et son équipe sur l'exemple d'Oslo, Londres et Stokholm. La conclusion est « un oui prudent » (Raux et al, 2009) pour le cas de Londres ; de même pour le péage de Stockholm, la question du surplus est délicate, les incertitudes sur les gains de vitesse impliquant une fourchette large [-26M€ ; +33M€].
D'une part le résultat du bilan est très sensible à des variations sur l'estimation de la vitesse à vide ou avant péage, or cette évaluation porte une part d'incertitude. D'autre part ce sont la valorisation des gains de temps marginaux et de la fiabilisation des durées de déplacement qui apportent un bilan légèrement négatif avec un péage à 5 Livres (3M€, ce bilan s'améliore en passant le péage à 8L avec un bilan de 40M€), et ces points font débats. En effet est-il légitime de valoriser des gains de quelques dizaines de seconde pour un trajet de 10km ? Car ceux-ci, multipliés par un trafic important, génèrent au final des gains très importants. Enfin, la méthode de valorisation de la fiabilisation des temps de parcours ne fait pas consensus (Raux et al, 2009).

Dans les deux cas, la question du coût du système (investissement et exploitation) apparait essentielle pour permettre un bilan positif (Raux et al, 2009). Si l'efficacité économique n'est pas prouvée, ces péages ont remplis tout de même certains objectifs : réduction de la circulation, des émissions et de la congestion, amélioration de la fréquentation des bus à Londres (Raux et al, 2009).

Grenoble : nous réaliserons une analyse coût bénéfice globale prenant en compte les éléments suivants :
--- monétarisation des temps de transport globaux : cela inclus la perte de temps des automobilistes qui se sont reportés sur l'offre de transports en commun (pas pris en compte explicitement dans

(Raux et al, 2009 ; on prend en compte la perte de surplus des automobilistes, c'est-à-dire le fait qu'ils valorisent davantage se déplacer en voiture qu'en transports en commun, mais pas la perte de temps, car il n'y a pas de modèle transport complet) ; les gains issu de la congestion inférieure.

--- coût de la mobilité pour les ménages,

--- coût des transports publics pour l'autorité publique : coût supplémentaire pour l'offre de bus, mais aussi recettes supplémentaire.

--- monétarisation des polluants locaux et du bruit

--- émissions de CO_2

En comparant le scénario avec péage et sans péage, nous pourrons estimer son bilan. Dans le scénario de concentration urbaine, le péage s'ajoutera à une politique de BHNS et donc d'aménagement de sites propres, ces deux instruments étant complémentaires, il est pertinent de les associer (Crozet et Glachant, 2007)

Figure 113 : notre périmètre de 24km² pour le péage urbain (Google earth)

Faisabilité technique et économique :

Le contrôle et le paiement du péage nécessite la mise en place d'une infrastructure qui peut être coûteuse. En effet la contrainte de ne pas produire plus de congestion dans un contexte urbain dense implique l'utilisation de solutions technologiques et non des péages classiques type autoroute. La solution par caméra utilisée à Londres apparait très couteuse. Le péage de Stockholm associe transpondeur (distribué gratuitement) pour payer automatiquement quand il est détecté et un système de caméra pour repérer et faire payer les véhicules non équipés du transpondeur. Trouver des solutions technologiques permettant de réduire ces coûts est clés.

Le GPS est une des pistes possibles (Crozet et Glachant, 2007, Raux et al, 2009) qui doit pouvoir permettre de réduire ces coût de perception (Amsterdam annonce que ce dispositif ne représentera pas plus de 5% des recettes, http://www.curacaoproject.eu/documents/newsletter-issue3.pdf) mais peut présenter des problèmes d'acceptabilité vis-à-vis de la violation de la vie privée. Le GPS permet aussi la mise en place d'un « pay as you drive » : le paiement est proportionnel aux kms parcourus.

La radio-identification peut aussi apporter des solutions moins coûteuses que le « tout caméra » londonien, mais le problème réside dans la capacité à gérer ceux qui ne sont pas équipés du transpondeur (soit qu'ils ne sont pas résidents de la région, soit qu'ils veuillent frauder) et qui réside pour le moment par l'usage de photographie des plaques d'immatriculation (Stockholm, Oslo).

Dans le cas d'un péage de zone, cette nécessité de contrôler en de nombreux points et non en quelques portes de péage, la présence ou non d'un transpondeur et de prévoir un système de recouvrement par l'intermédiaire de photo de la plaque, de recherche d'identité et d'adresse et d'envoi de facture peut s'avérer coûteux (exemple de Londres, Raux et al, 2009).

Pour Londres, les auteurs retiennent 158M€ de charge d'exploitation annuelle, 28M€ d'investissement annuel (amortissement sur 10 ans), et 215 M€ de recettes (auquel il faut ajouter les manques à gagner en termes de taxes sur les carburants). On voit bien que la capacité à maitriser les coûts d'investissements et d'exploitation est essentielle afin de générer des recettes significatives. L'installation et la gestion des 230 caméras dans le cas londonien ont impliqué des coûts importants.

Pour Stockholm, la recette est de 80M€ et le coût de perception de 43M€/an (25M€ d'exploitation + 180 M€ d'investissement amortis sur 10 ans, (la perception est facilitée par la géographie d'île de la ville, limitant à 19 le nombre de portes).

A Trondheim, l'investissement dans 10 portes191, le système de contrôle et l'équipement de 40 000 véhicules avec un transpondeur (gratuit pour l'usager) est revenu à 3.3 millions d'€ (Certu, 2002) et le coût d'exploitation est d'1 million d'€. A Oslo enfin, 19 portes et le système de caméra représente 8.5M€ de coût (exploitation +investissement amorti).

Nous retenons un système avec portes[192,] dans le cas de Grenoble il faudra davantage de portes, car le cordon en lui-même représente environ 25 portes et qu'il faudra en disposer sur les axes principaux de Grenoble même. Environ 50 portes devraient donc être nécessaires. Et 350 000 voitures devront être équipées (EMD 2010) de transpondeurs. On voit qu'il y a de grandes différences de coût entre Stockholm et les exemples norvégiens, sans informations permettant d'expliquer cette différence, nous choisissons un coût intermédiaire, ainsi, en incluant les infrastructures de coût de contrôle, on peut faire l'hypothèse d'un coût annuel (exploitation plus investissement amorti sur 15 ans) d'environ **25M€/an.**

Acceptabilité sociale, faisabilité politique :

---

191 Certu, 2002: "le coût d'installation de portes supplémentaires est modique au regard des recettes supplémentaires générées, étant donné la légèreté de leur structure et leur peu d'emprise au sol. »

192 On pourrait aussi imaginer que tous les résidents de la région urbaine soient équipés en transpondeur (contrôle de la présence effective du boitier par les forces de l'ordre avec amende dissuasive, contrôle systématique lors des contrôles techniques, campagne de publicité comme à Trondheim, offre de réduction sur les abonnements pour les 100 000 premiers véhicules…) et que le paiement soit épargné aux rares non habitants de la région urbaine s'aventurant à Grenoble (et ce d'autant plus que nous sommes dans une configuration intra-rocade et que Grenoble n'est pas un lieu de transit important, données EMD). De cette manière on pourrait éviter l'investissement dans les équipements de contrôle.

Afin de renforcer l'acceptabilité, il est nécessaire de garantir en toute transparence le transfert des recettes vers les transports en commun, pour ne pas donner l'impression que le péage est un impôt de plus d'une collectivité gourmande (Crozet et Marlot, 2001). Il parait aussi nécessaire que l'offre de transports en commun ne soit pas uniquement tournée vers les résidents, mais qu'elle permette aussi à ceux qui viennent de périphérie de se déplacer efficacement. Les extensions de tram vont dans ce sens, avec les P&R associés, ainsi que l'amélioration des transports interurbains.
Une forte volonté politique associée à des consultations publiques (Raux, 2011), ainsi que l'expression claire de l'objectif du péage apparaissent nécessaires afin de favoriser l'adoption d'un tel instrument. Dans notre cas, l'objectif étant un objectif de santé publique, cela doit permettre de renforcer la légitimité politique à mettre en place le péage.
Le fait que la loi Grenelles 2 donne la faculté aux AOTUs d'expérimenter le péage permet se simplifier la mise en place par rapport à une situation multi-acteurs ; dans le cas de Londres, le fait que le Maire ait les prérogatives suffisantes a été déterminant (Glachant et bureau, 2004). Néanmoins, il semble clair que dans notre cas, la mise en place d'un péage pour l'agglomération devra être discutée dans le cadre du SCOT car le rationnement de l'usage de la voiture dans la zone centrale de l'agglomération aura un impact sur les communes hors agglomération. Même si le pouvoir revient à l'AOTU et que le SCOT intègre le péage comme un instrument possible, le SCOT devant jouer le rôle d'une scène de négociation permanente, la recherche d'un consensus est positif pour permettre la réalisation des autres objectifs du SCOT. Mettre en place un péage de zone qui n'exempte pas les habitants rend à la fois cette mise en place plus difficile à faire adopter pour les élus de la zone en question (Grenoble, SMH et Echirolles) mais permet une certaine équité vis-à-vis des autres territoires et peut faciliter cette acceptabilité territoriale.

Le fait de ne pas exempter les résidents se justifie de 3 façons :
--- à Londres, le faible nombre de résidents ayant enregistré une voiture pour profiter des 90% de réduction (20000 contre 378 000 veh/jour dans la zone) et le ratio emploi/ habitant de 4 justifie cette exemption : elle aura peu d'effet sur les résultats. A Grenoble, le ratio est de 2hab/emploi et dans notre périmètre, il y a environ 70 000 voitures possédées par les ménages. Les veh.km fait par les résidents ne sont pas négligeables en termes d'émissions.
--- l'objectif est de réduire les émissions de polluants, or toutes les émissions se valent quel que soit le lieu de résidence de leur émetteur, par ailleurs les réductions profiteront avant tout aux résidents.
--- les résidents de la zone profitent d'un réseau de transport en commun performant, ce sont ceux qui vont le moins perdre en quittant leur voiture car les alternatives sont déjà performantes.

Une façon de justifier le péage pourrait aussi être de dire que cette hausse du coût de l'usage des VP préfigure et permet de préparer une possible hausse brutal du prix du pétrole. En favorisant la recherche d'alternatives collectives, le péage serait alors un outil d'adaptation à cet évènement.

Méthodologie :
Afin de déterminer le nombre de voiture dans la situation réelle, nous partons des matrices OD de l'EMD 2010, nous calculons tous les déplacements en voiture conducteur à destination de notre zone

de péage (y compris provenant de cette zone) ou qui en partent. Nous retirons la moitié des déplacements, en partant du principe qu'il y a forcément un aller retour. De cette façon nous arrivons au nombre de paiements journaliers estimé sur l'année de base. Dans sa propre étude pour le péage, le SMTC dit 377000 déplacements VP conducteur dans la zone ce qui est cohérent avec notre estimation.

5.1.5 Les véhicules électriques et hybrides rechargeables.

Nous avons développé les hypothèses des coûts et des niveaux d'émissions dans le chapitre 1.

6. Frais réels : gain simulé par décile de revenu pour 4 ménages types.

Annexe 1 : Gain simulé par décile de revenu pour 4 ménages types

Décile, classement par UC	1	2	3	4	5	6	7	8	9	91-92-93 centile	10
km annuel pour le travail	4794	5781	6063	6204	6063	7097	7097	7379	7755	7849	7849
Puissance fiscale 1re voiture	4	5	6	6	7	7	8	10	12	13	13
Puissance fiscale 2e voiture	3	4	5	5	6	6	7	9	9	9	9
Marié, deux enfants à charge, Revenu net imposable (part csg ajoutée)	5700	15500	21500	27700	32600	37700	43880	50650	62890	75075	103770
Gain annuel grâce frais réels	0	0	0	141	263	271	430	456	378	223	0
Taxe carbone annuelle, tous déplacements	16	22	23	25	25	29	35	38	42	43	45
Marié sans enfants	3900	10966	15448	19450	23202	26600	30870	36375	44600	53600	72000
Gain annuel grâce frais réels	0	0	0	0	300	384	702	655	634	570	0
Taxe carbone annuelle, tous déplacements	16	22	23	25	25	29	35	38	42	43	45
Famille monoparentale, 1 enfant	4168	11043	15212	19400	23070	26560	31040	35896	43222	52000	58279
Gain annuel grâce frais réels	0	0	0	102	197	136	100	95	141	0	0
Taxe carbone annuelle, tous déplacements	16	22	23	25	25	29	35	38	42	43	45
Un adulte	2630	7638	11056	13680	16240	18826	21730	25780	30925	37760	50527
Gain annuel grâce frais réels	0	0	0	138	349	290	232	236	463	339	0
Taxe carbone annuelle, tous déplacements	16	22	23	25	25	29	35	38	42	43	45

Source : Auteurs.
Note : A été prise en compte la distance moyenne domicile-travail, par décile de revenu. Or il est fort probable que les personnes déclarant les frais réels parcourent des distances plus grandes. Ainsi, on aboutirait à renforcer encore la dimension frais kilométrique des frais réels.

Tableau 44 : gain simulé par décile de revenu avec la déclaration des frais au réel

Annexe 2. Estimation du coût global du remboursement des frais kilométriques

décile	gain moyen pondéré par ménage type	Nombre réel foyers déclarant	gain total (millions)
1	0	78416	0
2	0	302913	0
3	0	479306	0
4	95	567933	54
5	293	607236	178
6	298	618684	184
7	423	641167	271
8	418	647218	271
9	457	555633	254
10	0	332985	0
		Total (millions)	1212

Note : Nous supposons une population composée de 4 ménages-types : marié 2 enfants (32 %), 2 adultes (29 %), 1 adulte (30 %), un adulte un enfant (9 %). Les gains pour chaque ménage sont issus du tableau ci-dessus.

Tableau 45 : Estimation du coût global du remboursement des frais kilométriques

7. Projet CITiES : Enquête sur l'usage des modèles de transport-occupation des sols.

Notre projet vise à renforcer la diffusion et l'utilisation des modèles urbanisme et transport pour la définition et l'évaluation des politiques d'aménagement. Réunissant modélisateurs et mathématiciens ainsi que l'agence d'urbanisme de Grenoble et de l'Ile de France, il vise à développer des outils et des méthodologies facilitant la calibration et la validation de ces modèles. **L'objectif de ce questionnaire** est de comprendre et de formaliser les besoins des utilisateurs finaux (effectifs ou potentiels) dans de tels modèles. **Voici une rapide description d'un modèle intégrée urbanisme- transport** :

- Ce type de modèle permet de faire simultanément de la **prévision de trafic** et de la localisation **des ménages et des emplois**, le tout dans une approche intégrée et dans une perspective de **long terme**.
- Contrairement aux modèles de trafic classiques dits à quatre étapes, qui nécessitent d'entrer des hypothèses sur l'occupation du sol, un **modèle intégré urbanisme-transport calcule lui-même la répartition des populations et des emplois**, autrement dit ces données sont *endogénéisées*.
- Il simule classiquement l'effet de l'occupation du sol sur les trafics mais, ce qui est nouveau, il prend en compte **l'effet inverse des trafics** (résultant eux-mêmes de l'offre nouvelle de transport) **sur l'usage des sols** et ceci sur une longue période, sachant que les effets d'un projet de transport sur l'urbanisation n'apparaissent qu'au bout de quelques dizaines d'années (on parle parfois de l'effet structurant des transports).
- Ces interdépendances entre système de transport et système urbain dans les processus de planification constituent le fondement des modèles intégrés transport- urbanisme, sans oublier les interdépendances au sein même du système urbain. Par exemple, le modèle doit pouvoir simuler les choix concurrentiels de localisation des ménages et des entreprises qui vont arbitrer entre quatre familles de critères : **accessibilité, proximité aux aménités, effets d'agglomération et prix**.

Exemple d'application

TRANUS a été utilisé à Bruxelles pour évaluer les effets du déploiement d'un réseau RER (dans le cadre du plan régional de déplacement Iris) dans le cadre du Projet Européen Scatter (2002-2004) par l'équipe STRATEC (*éléments tirés de la présentation de S.Gayda)*. La démarche visait à définir les conditions dans lesquelles les effets recherchés dans la mise en place d'une telle infrastructure seraient maximisés et les effets non désirés minimisés.

Les impacts possibles du déploiement d'une telle infrastructure étaient l'étalement et la périurbanisation, avec comme conséquences une concentration de l'emploi pour la ville centre Bruxelles mais une perte d'habitants et une augmentation à long terme des distances de déplacement en voiture sur le territoire étudié.

Les résultats de la modélisation ont confirmé ce risque, la simulation prédisant :

- Une diminution de 17 700 ménages en Région de Bruxelles-Capitale
- Une augmentation de 5 300 emplois en Région de Bruxelles-capitale
- Une augmentation de 8,1% de la distance moyenne domicile-travail
- Une diminution de 775 000 véhicules-km effectués en voiture à la pointe du matin

Afin de définir des politiques pour contrer les effets négatifs du RER tout en préservant ses aspects positifs, le modèle a été utilisé pour tester des mesures d'accompagnement:

- Augmentation du coût d'usage de la voiture / Restriction du stationnement
- Augmentation de la vitesse commerciale des transports en commun
- Amélioration de la qualité du cadre de vie urbain / Mesures de fiscalité territoriale

Il a ainsi permis de hiérarchiser les différentes mesures suivant leur capacité à enrayer les dynamiques négatives, mais aussi d'estimer les effets de combinaisons de d'action permettant au final de faciliter la formulation de stratégies transport/usage des sols intégrées.

La production de résultats quantifiés par un modèle complexe et crédible a, dans le cas bruxellois, permis une discussion entre acteurs locaux sur les mécanismes en jeux et les mesures à apporter. C'est un outil d'aide à la discussion, car il offre une quantification des alternatives, tout en étant un « boite clair » : tous les acteurs peuvent comprendre la chaîne de causalité, des politiques testées aux conséquences. En mettant en exergue les relations systémiques qui existent, ce type d'analyse permet donc d'anticiper les conséquences non voulues d'une nouvelle infrastructure.

Nous vous remercions de l'intérêt que vous porterez à notre travail.

Pour toute question, n'hésitez pas à nous contacter: « Mathieu Saujot » <mathieu.saujot@iddri.org>
Téléphone : +33 (0)1 45 49 76 76

Merci d'entourer ou surligner vos réponses
pour les questions à choix multiples

Q1 : Dans votre activité, utilisez-vous déjà un modèle de transport ?

Si non, passez en Q6

Si oui est-ce :

1) Dans un but programmatique : analyser le tracé et la fréquentation future d'un projet d'infrastructure
2) Dans un but prospectif : analyser à plus long terme les différentes stratégies pour le territoire
3) Les deux

Q2 : Dans quelle mesure êtes vous satisfait de l'utilisation de votre modèle transport vis-à-vis de vos besoins ?

Peu satisfait,
Moyennement satisfait,
Satisfait,
Très satisfait.

Q3 : Quelles limites principales voyez-vous à leur utilisation ?

1) Complexité
2) Lourdeur d'utilisation (temps de mise en place, flexibilité)
3) Pas de prise en compte de la dimension urbanisme
4) Difficile utilisation en prospective
5) Autre

Q4 : Indiquer l'importance qu'il y a selon vous à considérer de manière intégrée les effets des politiques d'usage des sols (règlements d'urbanisme, fiscalité, disponibilité foncier) **et de transport** (nouvelle infrastructure, tarification…) **?**

Pas important
Moyennement Important
Important
Très important

Q5 : Aux côtés d'autres types d'analyses, quelle importance donnez-vous aux outils de modélisation pour évaluer les effets de telles politiques et contribuer à leur définition?

Pas important
Moyennement Important
Important
Très important

Q6 : Dans un cadre prospectif, à quelle échelle d'analyse serait-ce le plus important de prendre en compte ces politiques ?
Dans la mesure du possible, merci de faire apparaitre un ordre de priorité.

	Pas important	Moyennement Important	Important	Très important
Quartier				
Axe structurant – Polarité				
Unité urbaine (agglomération)				
Aire urbaine				
Région				

Q7 : A quel horizon de temps ?

	Pas important	Moyennement Important	Important	Très important
10 ans				
20 ans – 30 ans				
50 ans				

Q8 : Pour quelle tâche les modèles intégrés urbanisme-transport seraient-ils les plus importants ?
Dans la mesure du possible, merci de faire apparaitre un ordre de priorité.

1. Large exploration des alternatives possibles pour un territoire.

2. Concertation et débats autours des scénarios (principalement entre techniciens et élus).

3. Identification et analyse de politiques et mesures détaillées (transport et urbanisme).

4. Définition et design d'un projet spécifique (programmation).

	Pas important	Moyennement Important	Important	Très important
1. Exploration				
2. Concertation				
3. Analyse stratégique				
4. Programmation				

Q9 : Quel niveau de détails serait nécessaire pour les sorties du modèle ?

	Parcelle	Iris	Commune	Ensemble de communes
Exploration				
Concertation				
Analyse stratégique				
Programmation				

Q10: Pour quel type de documents ces modèles transport urbanisme seraient selon vous le plus utile ?

	Pas important	Moyennement Important	Important	Très important
Etude d'impact d'infrastructure de transport				
PLU				
PDU				
SCOT				

Q11 : quelle est selon vous l'opportunité des modèles intégrés transport-urbanisme :

1) Un modèle intégré urbanisme-transport est utile pour prévoir l'évolution de la ville à un horizon de long terme

Pas d'accord, plutôt d'accord, d'accord.

2) Un modèle intégré urbanisme-transport sert surtout à comprendre la complexité de la dynamique urbaine.

Pas d'accord, plutôt d'accord, d'accord.

3) Un modèle intégré urbanisme-transport est utile pour comparer des tendances relatives à des scénarios contrastés, mais pas pour faire de la prévision.

Pas d'accord, plutôt d'accord, d'accord.

4) Les simulations des modèles transport sont déjà très approximatives, il ne sert à rien d'ajouter de la complexité avec un autre type de modèle.

Pas d'accord, plutôt d'accord, d'accord.

Q12 : Quelle articulation/utilisation complémentaire verriez-vous avec un modèle de trafic déjà utilisé sur votre territoire ?

1) Utilisation pour des tâches différentes : programmation/prospective
2) Remplacement du modèle transport par un modèle transport-urbanisme
3) Interopérabilité : utilisation des sorties de l'un pour l'usage de l'autre

Q13 : Les modèles numériques sont souvent considérés comme des « boites noires » car l'utilisateur final a une connaissance/compréhension limitée des calculs qui sont réalisés par le modèle. Dans quelle mesure cette notion de transparence vous parait importante ?
Pas important
Moyennement Important
Important
Très important

Q14 : Comment sortir du dilemme suivant : les phénomènes urbains à l'œuvre sont très complexes et cela implique des modèles complexes, or la complexité implique moins de transparence ? En d'autres termes, que faire selon vous pour améliorer la transparence ?

Q15 : Pour quels indicateurs un modèle transport-urbanisme, utilisé pour une analyse prospective, devrait être prioritairement calibré ?
Calibration = procédure de test du modèle sur une année de base afin de vérifier qu'il reproduit bien la réalité. Nécessité de calibrer le modèle sur les indicateurs qui seront les sorties les plus importantes du modèle.

	Pas important	Moyennement Important	Important	Très important
Localisation emplois, ménages				
Prix foncier ou immobilier				
Matrice OD pour domicile -travail				
Distance parcourue à l'heure de pointe				
Partage modal				
Calage temps-vitesse sur le réseau				
Densité				
Autres :				

Q16 : Quels tests devraient selon vous satisfaire un modèle transport-usage des sols pour être validé ?
Option 1 : être capable de simuler les évolutions entre deux périodes passées (par exemple deux jeux de données séparés de 10 ans)

Pas important,

Moyennement important,

Important,

Très important

Option 2 : Satisfaire à des tests de sensibilité, à partir d'expérience passée ou de dires d'experts pour vérifier que le modèle se comporte de manière cohérente avec les attentes On vérifie que la réaction du modèle, suite à l'introduction d'un changement (forte production de logement dans une zone, nouvelle infrastructure de transport…) est conforme aux intuitions.

Pas important,

Moyennement important,

Important,

Très important

Autre ?

Q17 : La mise en place de tests de sensibilité permettrait d'améliorer votre compréhension du modèle et ainsi la transparence de la démarche :

Pas d'accord, plutôt d'accord, d'accord.

Q18 : Commentaire libre sur les sujets abordés et notre démarche.

Titre : Analyse économique et simulation prospective dans la planification de la ville sobre en carbone. Application à Grenoble du modèle *TRANUS*+.

RESUME : La planification urbaine stratégique en France se voit chargée de manière croissante des questions environnementale et climatique. Mais est-elle réellement capable d'infléchir les dynamiques d'étalement ainsi que de représenter un cadre efficace pour la réduction des émissions des transports ? Et que peuvent apporter l'analyse économique et la simulation prospective à la démarche de planification ? Pour répondre à ces questions nous avons replacé notre analyse de l'apport des outils économiques à la planification urbaine dans la perspective d'ensemble de réforme politique et administrative du contexte français. Cela a pris la forme d'une analyse critique de la pratique actuelle de la planification, des évolutions à l'œuvre et des conditions d'une meilleure intégration de l'analyse économique dans la démarche et les méthodes de planification. Nous avons construit et utilisé sur le cas de Grenoble, des outils d'analyse économique permettant de traiter la question des politiques climatiques locales dans la planification, d'une manière prospective et systémique. Il s'agit de la 1ère application du modèle de simulation urbanisme-transport TRANUS en France, et de son utilisation dans le cadre d'une méthodologie économique pour produire des courbes de coût d'abattement intégrant le caractère systémique de la ville pour le secteur des transports. Le modèle et la méthodologie économique qui lui est adossée constituent ce que nous appelons l'outil TRANUS+. Nous avons également réinterrogé plusieurs points à partir du cadre de la planification urbaine : la question du choix des outils de modélisation ainsi que celle des modalités du calcul économique, la question de la vulnérabilité énergétique liée à la mobilité, celle enfin du déploiement des véhicules électriques. Cela nous permet d'avoir une vision d'ensemble des apports de la planification et des voies pour la renforcer.

Mots clés : Ville – Planification – Modélisation urbanisme transport – Politiques climatiques – Transport – Coûts d'abattement

Economic analysis and prospective modelling to plan low carbon cities. The case of Grenoble using TRANUS+ model.

ABSTRACT : Strategic spatial planning in France is currently given a rising importance for environmental and climate issues. Is this tool really able to reduce urban sprawl and produce an efficient framework for reducing transport emissions? What are the potential contributions of economic analysis and prospective modelling to planning? To answer these questions, we developed a study on the contributions of economic tools to planning into the broader context of political and administrative reforms in France. We then produced a critical analysis of current planning practices and attempted to define the conditions for a better integration of economic analysis into planning processes and methods. For our case study on the Grenoble urban area, we built and applied a series of economic tools able to inform decision-making on local climate policies in the framework of urban planning. In addition to being the first implementation of the integrated transport - land-use model TRANUS in France, this study further links the TRANUS model to an original economic methodology to obtain a tool we call TRANUS+. This tool is able to take into account the systemic nature of cities and then help to define better transport policies, notably by producing marginal abatement cost curves useful at the urban level. To have a more complete view of urban planning and the way in which it can be improved, we investigated several issues from a planning perspective: the choice of modelling tool and the role of cost-benefit analysis, energy poverty in the transport sector and electric vehicle deployment.

Keywords : City – Planning – Land use and transport modeling – Climate policies – Transport – Abatement cost

MINES ParisTech

ParisTech
INSTITUT DES SCIENCES ET TECHNOLOGIES
PARIS INSTITUTE OF TECHNOLOGY