HAL
open science

Impact des coûts de transport sur les systèmes logistiques par une modélisation en dynamique des systèmes : le modèle SANDOMA

Valérie Gacogne

To cite this version:

Valérie Gacogne. Impact des coûts de transport sur les systèmes logistiques par une modélisation en dynamique des systèmes : le modèle SANDOMA. Autre. Ecole des Ponts ParisTech, 2003. Français. NNT : . tel-00005745

HAL Id: tel-00005745

https://pastel.hal.science/tel-00005745

Submitted on 5 Apr 2004

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.

Ecole Nationale des Ponts et Chaussées

Ecole Doctorale Ville et Environnement

THÈSE

Pour obtenir le grade de

Docteur de l'Ecole Nationale des Ponts et Chaussées

Discipline : Transport

présentée et soutenue publiquement le 27 juin 2003

par

Valérie GACOGNE

Impact des coûts de transport sur les systèmes logistiques par une modélisation en dynamique des systèmes

Le modèle SANDOMA

Directeur de thèse
Emile QUINET

Jury :

Professeur Antonio MUSSO, Université de Rome *La Sapienza* (rapporteur)
Professeur Francis-Luc PERRET, Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne
M. Christian REYNAUD, Directeur de recherche, Nestear (rapporteur)
M. Patrice SALINI, chargé de mission, INRETS-DEST

Laboratoire d'accueil : Institut National de Recherche sur les Transports et leur Sécurité –
Département Economie et Sociologie des Transports

N° attribué par la bibliothèque
|_|_|_|_|_|_|_|_|_|_|_|_|

Résumé

Les politiques de tarification et les questions de coûts du transport de marchandises sont actuellement au cœur de nombre de réflexions au sein de l'Union Européenne, dans un contexte de développement durable. Or les organisations logistiques des firmes, qui concernent aussi bien la production que la distribution et les transports, font intervenir un certain nombre d'arbitrages, de court ou de long terme, auxquels prennent part les coûts de transport. Ces modes d'organisation font partie intégrante des stratégies des firmes et ont précisément une incidence sur l'évolution des flux de marchandises.

Cette thèse propose donc d'analyser d'une part le lien complexe qui existe entre les organisations logistiques et les flux de marchandises, et d'autre part les incidences possibles d'une hausse des prix de transport sur les systèmes logistiques des firmes, et de fait sur les flux de marchandises. Cette analyse du rôle des coûts de transport dans les organisations logistiques, pour être complète, nécessite une approche de type systémique. Les organisations logistiques doivent en effet être perçues avant tout comme des systèmes complexes, dans lesquels interviennent des décisions de type opérationnel comme stratégique, relatives à la structure des réseaux de distribution ou liées à l'organisation des sites de production. De plus, les coûts ne sont pas considérés comme les seuls déterminants de ces processus de décisions, mais des critères qualitatifs doivent également être considérés. Une modélisation en dynamique des systèmes est donc proposée afin de comprendre quel rôle jouent les coûts de transport dans les organisations logistiques. Celles-ci ont une incidence sur l'évolution des flux de marchandises qui sont appréhendés en terme de tonnes et tonnes-kilomètres, mais également du point de vue des distances parcourues, du nombre de liaisons de transport dans les réseaux, de la taille et de la fréquence des envois, des phénomènes de massification.

Mots-clés : transport de marchandises, coûts de transport, prix de transport, logistique, dynamique des systèmes, modélisation.

Abstract

At the present time freight rates and transport costs appear as an important issue for Common Transport Policy, it takes place in a general concern for sustainable development. Firm logistical organisation is influenced by different kinds of trade-offs in which transport costs make part. In its widest sense the logistical organisation comprises distribution, freight transport as well as production, and the way firms organise this system directly affects freight flows.

Firstly, this PhD research aims to analyse the complex link which exists between logistical organisations and freight flows. Secondly, it aims to assess the possible impacts of an increase in freight rates on the logistical system and consequently on freight flows. Freight transport costs take part in a complex logistical system involving tactical and strategic decisions, and a systemic approach is needed to analyse their role in the whole organisation. In addition costs are not considered as the only decisive factor, some qualitative attributes need also to be taken into account. Therefore a system dynamics approach was chosen for a better understanding of the actual role of transport costs in the organisation of the logistical system, and to analyse their impact on freight flows. Flows are analysed in tonnes-lifted and tonnes-kilometres, but they are also considered in terms of average distances, number of transport links in the networks, shipment size and frequency, and possible flow consolidation.

Keywords : freight transport, transport costs, freight rates, logistics, system dynamics, modelling.

Table des matières

Résumé 3

Abstract 5

Table des matières 7

Liste des figures 11

Liste des tableaux 13

Liste des graphiques 15

Liste des annexes 17

Introduction 19

Première partie : La modélisation des flux de marchandises en dynamique des systèmes 29

1 Systèmes logistiques et flux de marchandises 31

1.1 Les tendances récentes des organisations logistiques 32

1.2 L'analyse des trafics routiers par les organisations logistiques 53

2 La nécessité d'une approche systémique du rôle des coûts de transport 59

2.1 Quelle analyse des coûts de transport ? 59

2.2 Quelques éléments sur la vision systémique et la dynamique des systèmes 66

3 Les modèles de transport de marchandises en dynamique des systèmes 73

3.1 Le modèle SIMTRANS 74

3.2 Présentation du projet ASTRA 75

3.3 Le modèle SMILE 77

3.4 Conclusion 78

Deuxième partie : Le modèle de dynamique des systèmes SANDOMA __ 81

1 Conception du modèle 83

1.1 Objectifs et rôle du modèle 83

1.2 Hypothèses dynamiques et architecture du modèle 84

1.3 Le cadre de la modélisation : une firme dans son environnement 89

1.4 La prise en compte des coûts de transport dans le modèle 92

1.5 La prise en compte des coûts de stockage dans le modèle 102

1.6 Conception du système de production et arbitrages 103

1.7 Conception du système de distribution et arbitrages 104

1.8 Limites et portée du modèle 113

2 Construction du modèle 115

2.1 La demande en Europe de l'Ouest 117

2.2 L'offre et les ventes 119

2.3 Structure de production, investissements et désinvestissements en Europe de l'Ouest 122

2.4 Production, prix et coûts de la firme d'Europe de l'Ouest 126

2.5 Premier niveau de distribution de la firme d'Europe de l'Ouest 128

2.6 Moyens de production de la firme d'Europe de l'Ouest 131

2.7 Le réseau de distribution des petits clients 134

2.8 Le réseau de distribution des grands clients 139

2.9 Présentation des résultats du modèle 141

Troisième partie : Résultats du modèle SANDOMA 143

1 Présentation des simulations du modèle 145

1.1 Modalités d'application du modèle 146

1.2 Hypothèses d'évolution des systèmes de production et de distribution 149

1.3 Scénarios d'évolution des prix de transport 150

2 Simulations et analyse des résultats du modèle 153

2.1 Un cas d'application : les œufs 153

2.2 Application du modèle à des produits *génériques* 192

***Conclusion* 209**

***Bibliographie* 223**

***Annexes* 235**

Liste des figures

Structure de distribution traditionnelle (dite décentralisée) 40
Structures de distribution en Europe 41
Structures de distribution traditionnelles et structures paneuropéennes 43
Structure de distribution idéale (multinationales implantées en Europe) 45
Evolution des sites de production et de distribution (selon la région d'appartenance de la multinationale) 46
La mutualisation des envois - Le cas des quatre premiers distributeurs alimentaires britanniques 48
Les grandes tendances dans les organisations des systèmes de production et de distribution en Europe de l'Ouest 57
Evolution des organisations des systèmes de production et de distribution : incidences attendues sur les flux de transport 58
Perception immédiate d'un événement et retard dans ses effets 71
Premier diagramme d'influence de base du modèle 85
Deuxième diagramme d'influence : mécanismes de base du modèle SANDOMA 87
Architecture du modèle SANDOMA 89
Structures de distribution envisagées dans le modèle SANDOMA 106
Structures de distribution - petits et grands clients - dans le modèle SANDOMA 108
Illustration d'un réseau de distribution avec un centre de distribution principal approvisionnant 16 centres (premier cas) 111
Illustration d'un réseau de distribution avec un centre de distribution approvisionnant 8 centres (deuxième cas) 112
Illustration d'un réseau de distribution comprenant trois niveaux de distribution (troisième cas) 113
Partie 1 : La demande en Europe de l'Ouest 117
Partie 2 : L'offre (production d'Europe de l'Ouest et importations) 119
Parties 3 et 4 : Structure de production, investissements et désinvestissements en Europe de l'Ouest 122

Parties 5 et 7 : Production, prix et coûts de la firme d'Europe de l'Ouest 126
Partie 8 : Premier niveau de distribution de la firme d'Europe de l'Ouest 128
Partie 6 : Moyens de production de la firme d'Europe de l'Ouest..... 131
Partie 9 : Structure de distribution centralisée (petits clients)..... 134
Diagramme : détermination de la taille optimum de l'envoi entre deux niveaux du réseau de distribution 136
Partie 10 : Structure de distribution décentralisée (petits clients)..... 137
Parties 12 et 13 : La détermination de la taille de la commande des grands clients 140

Liste des tableaux

Transport de marchandises en Europe de l'Ouest en milliards de tonnes-kilomètres 25
Variables caractéristiques de la production de la firme et de son environnement 91
Prix de vente (€ HT) à la tonne selon les distances rondes de 100 à 1000 kilomètres, et pour une charge moyenne de 21 tonnes (conditions d'exploitation moyennes)..... 97
Ratios de conversion du prix de vente de transport à la tonne (tableau)..... 99
Principales variables à ajuster dans le modèle 147
Scénarios d'évolution des tarifs de transport dans le modèle SANDOMA 151
Les œufs : première série de simulations, résumé des scénarios proposés 160
Taux de croissance des ventes et des tonnes-kilomètres de la firme, entre 2000 et 2025, pour chaque scénario (œufs)..... 185
Les œufs : deuxième série de simulations, résumé des scénarios proposés..... 186
Produits génériques : première série de simulations, résumé des scénarios proposés 195
Résumé des conséquences des évolutions du système logistique sur les flux de marchandises 204

Liste des graphiques

Illustration de l'arbitrage entre coûts de transport et de stockage au niveau d'un centre de distribution 95
Prix de vente (€ HT) à la tonne, pour une charge moyenne de 21 tonnes (conditions d'exploitation moyennes) 98
Ratios de conversion du prix de vente de transport à la tonne (graphique) 99
Les œufs : graphique 1 – la demande mensuelle 161
Les œufs : graphique 2 – offre (capacité de production totale en Europe de l'Ouest) et demande 162
Les œufs : graphique 3 – Capacité de production de la firme étudiée 163
Les œufs : graphique 4 – Capacité de production en Europe de l'Ouest (hors firme) 164
Les œufs : graphique 5 – Part de la capacité de production de la firme dans la capacité totale 165
Les œufs : graphique 6 – Capacité de production d'une unité et nombre d'unités de production de la firme 167
Les œufs : graphique 7 – Prix du produit 168
Les œufs : graphique 8 – Coût de revient de l'oeuf 170
Les œufs : graphique 9 – Coûts unitaires de production et de distribution du produit 171
Les œufs : graphique 10 – Nombre de centres de distribution de premier niveau 173
Les œufs : graphique 11 – Aire d'une région logistique 174
Les œufs : graphique 12 – Distance totale parcourue par un oeuf 175
Les œufs : graphique 13 – Taille des envois réceptionnés dans les centres de distribution... 176
Les œufs : graphique 14 – Taille des commandes de la grande distribution 178
Les œufs : graphique 15 – Coût unitaire de transport (par œuf) pour les grands clients 179
Les œufs : graphique 16 – Coût unitaire de transport (par œuf) pour les petits clients 180
Les œufs : graphique 17 – Coût unitaire de transport (par œuf) tous clients 181
Les œufs : graphique 18 – Coût unitaire moyen de stockage (par œuf) 182
Les œufs : graphique 19 – Prix du produit (2ème série) 187
Les œufs : graphique 20 – Coût unitaire de transport tous clients (2ème série) 188
Les œufs : graphique 21 – Taille des commandes de la grande distribution (2ème série) 189
Les œufs : graphique 22 – Coût unitaire de distribution du produit (2ème série) 190

Liste des annexes

Annexe 1 : Des systèmes de production et de distribution en pleine évolution..... 237
Annexe 2 : Visualisation des différentes parties du modèle 248
Annexe 3 : Structures de distribution (notations)……..257
Annexe 4 : Hypothèses de hausse des prix de transport 258
Annexe 5 : Part du coût de transport dans le coût de revient du produit A, en pourcentages 259
Annexe 6 : Part du coût de stockage dans le coût de revient du produit A, en pourcentages 260
Annexe 7 : Part du coût de transport dans le coût de revient du produit B, en pourcentages 261
Annexe 8 : Part du coût de stockage dans le coût de revient du produit B, en pourcentages 262

Introduction

Les politiques de tarification et les questions de coûts du transport de marchandises sont au cœur de nombre de réflexions au sein de l'Union Européenne. Elles prennent place dans un contexte actuel de développement durable, où les préoccupations environnementales, de qualité de vie, de congestion et de sécurité prennent de l'ampleur face au développement du trafic routier.

Bien que fortement liés à l'activité économique, les analyses récentes de l'évolution des flux de marchandises montrent qu'ils méritent aussi d'être étudiés du point de vue de l'évolution des organisations logistiques[1]. Ces dernières font partie intégrante des stratégies des firmes et ne sont pas sans conséquence sur les flux de marchandises. Les décisions logistiques des firmes font intervenir un certain nombre d'arbitrages, de court ou de long terme, auxquels prennent part les coûts de transport. La baisse des prix du transport routier sur longue période, constatée dans tous les pays d'Europe de l'Ouest, grâce à la dérégulation des marchés et à d'importants gains de productivité, favoriserait ainsi des organisations plus *consommatrices* de transport. En d'autres termes, la croissance des flux de marchandises ne devrait plus être seulement considérée comme une résultante du développement des échanges, de la production et de la consommation, mais également du point de vue même des modes d'organisation logistique.

Cette thèse propose donc d'analyser les incidences d'une hausse durable des prix de transport dans les décisions logistiques de firmes. Cette analyse du rôle des coûts de transport dans les organisations logistiques, pour être complète, nécessite une approche de type systémique. Les organisations logistiques doivent en effet être perçues avant tout comme des systèmes complexes, composés d'un ensemble d'éléments qui interagissent entre eux. Ils interviennent dans des décisions de type opérationnel, relatives à l'organisation de l'exploitation, comme stratégiques relatives à la structure des réseaux de distribution ou liées à l'organisation des sites de production. De plus, les coûts ne sont pas considérés comme les seuls déterminants de ces processus de décisions, mais des critères qualitatifs doivent également être considérés. Une modélisation en dynamique des systèmes est donc proposée afin de tenir compte de

[1] Une définition du système logistique est proposée en première partie, et les études récentes mentionnées en introduction y sont également présentées.

l'ensemble de ces variables intervenant dans les processus de décision des firmes, et des rétroactions auxquelles elles prennent part.

Croissance des échanges et évolution des flux de marchandises

L'ouverture progressive des économies depuis la fin de la seconde guerre mondiale, la mise en place d'accords commerciaux[2] et la création de grands marchés[3] ont permis un développement des échanges au niveau mondial. Cette intensification des échanges, qui ne concerne pas uniquement les marchandises, mais également les capitaux ou les services, a été amplifiée par le développement des infrastructures, les progrès réalisés dans les transports et les transferts de données, ou plus généralement dans les modes de communication.

En Europe de l'Ouest, la mise en place à partir des années 60 du marché commun, puis la mise en œuvre au cours des années 80 du marché unique, a conduit à une intensification évidente des relations commerciales entre ses membres. Cependant la mise en place officielle le 1er janvier 1993 du marché unique, défini comme un espace où doivent circuler librement marchandises, services, capitaux et travailleurs, peut être aussi perçue comme une évolution naturelle des nations qui le composent. D'après une étude récente du CEPII, les déterminants économiques ne sont en effet pas suffisants pour expliquer les phénomènes de régionalisation du commerce. La proximité géographique est essentielle, les complémentarités ou similarités des productions, les niveaux de vie, ou encore le poids historique et culturel jouent des rôles indéniables (CEPII, 1998, p.60[4]).

C'est également à ce moment-là qu'une politique commune des transports a commencé à voir le jour, avec la parution du premier Livre Blanc sur la politique européenne des transports en

[2] Accords du GATT en 1994 (General Agreement on Tariffs and Trade), puis OMC en 1995 (Organisation Mondiale du Commerce)

[3] parmi lesquels : EEE (Espace Economique Européen) 1993, Alena ou NAFTA (Accord de libre-échange nord américain) 1994, Mercosur (Marché commun du Cône-sud) 1991, ANSEA ou ASEAN (Association des Nations de l'Asie du Sud Est) 1967, etc.

[4] Les références bibliographiques sont généralement citées avec les pages correspondantes lorsqu'il s'agit d'un ouvrage ou d'une étude (et non d'une contribution ou d'un article).

1992, politique qui avait été prévue lors même du Traité de Rome en 1957. Aujourd'hui, le dernier Livre Blanc, paru en 2001, sur la politique européenne des transports à l'horizon 2010, souligne que le premier Livre Blanc était centré sur la question de l'ouverture du marché des transports. Celle-ci aurait profité principalement à l'industrie, favorisant ainsi une croissance du trafic de marchandises en Europe plus forte que celle de l'économie (p.6).

Le transport de marchandises est naturellement fortement dépendant de l'activité économique. Néanmoins, les trafics terrestres et le produit intérieur brut n'ont pas toujours connu des évolutions parallèles. En France, si l'évolution des tonnes-kilomètres et du produit intérieur brut (PIB) ont été semblables jusqu'au milieu des années 70, il s'en est suivi des périodes assez contrastées. En effet, jusqu'au milieu des années 80 le PIB a augmenté plus rapidement du fait de la croissance de la part des services, et de la baisse de l'activité de l'industrie lourde. Puis après une période d'évolution à nouveau comparable, depuis le début des années 90 ce sont les tonnes-kilomètres qui paraissent croître nettement plus rapidement. Il a pu être ainsi constaté en France une augmentation de 25% des tonnes-kilomètres sur la période 90-98 alors que la croissance n'atteignait que 9% sur la même période de temps (DRAST, 2002, p.19).

De la même manière, en Europe de l'Ouest, les chiffres de la CEMT donnent une croissance de 33% des tonnes-kilomètres entre 1990 et 2000, alors que sur la même période de temps le PIB en volume aurait augmenté de 23% d'après les chiffres de l'OCDE[5]. Ces constatations conduisent à orienter les réflexions sur les évolutions récentes des organisations logistiques et sur leur lien existant avec la croissance des trafics.

[5] Sources : CEMT (2002) et OCDE (2001), chiffres établis pour 15 pays : Allemagne, Autriche, Belgique, Danemark, Espagne, Finlande, France, Grande-Bretagne, Grèce, Italie, Luxembourg, Norvège, Pays-Bas, Suède, Suisse.

Les systèmes logistiques mis en cause

D'une certaine manière, les organisations actuelles tendraient à devenir plus *consommatrices* de transport. M. Bernadet montre, à partir d'une analyse des comptes des transports de la Nation (1998, p.24-27), que si la part de la branche transport dans le PIB marchand a diminué régulièrement depuis 1981 en prix courants, elle a au contraire augmenté en volume, c'est-à-dire en prix constants, depuis la fin des années 80. En d'autres termes, le poids de la branche transport a diminué dans le PIB marchand du fait d'une baisse relative des prix de transport depuis 1986, par rapport aux prix du PIB marchand. Cette baisse relative des prix du transport de marchandises est généralement expliquée par une augmentation de la productivité des opérateurs de transport, stimulée notamment par la dérégulation du transport de marchandises et une concurrence accrue. Mais cette analyse conduit M. Bernadet à confirmer que la consommation de transport de marchandises a bien augmenté, même si elle pèse moins lourd en valeur dans la production nationale.

Cette croissance de la consommation de transport confirme la mise en cause des tendances récentes des organisations logistiques. Celles-ci contribueraient à un allongement des distances moyennes parcourues, dû en particulier à des phénomènes de concentration des activités de production et de centralisation des réseaux de distribution. Ces organisations favoriseraient également le fractionnement des envois par la généralisation de pratiques en juste-à-temps. Ces dernières permettent en effet de diminuer les stocks moyens en réduisant la taille des envois, mais en augmentant de fait leur fréquence. Les pratiques en juste-à-temps pourraient être ainsi à l'origine d'une croissance des trafics, mesurés en véhicules-kilomètres, tandis que l'allongement des distances serait la cause de la croissance récente des tonnes-kilomètres[6].

Ces deux aspects des évolutions des organisations logistiques, souvent cités, vont particulièrement à l'encontre des objectifs actuels publics de développement durable. D'autant que l'augmentation des flux de transport s'est réalisée du seul fait du mode routier, comme

[6] L'ensemble de ces évolutions sont développées en première partie.

l'indiquent tous les chiffres de l'Union Européenne. Entre 1970 et 2000, la CEMT donne pour l'Europe de l'Ouest les chiffres suivants.

Transport de marchandises en Europe de l'Ouest en milliards de tonnes-kilomètres

	1970	**1980**	**1990**	**2000**
Mode ferroviaire	255	242	234	275
Mode routier	439	674	970	1426
Mode fluvial	104	106	107	126

Source : CEMT 2002

L'évolution des structures de production, avec une augmentation de la production et de la consommation de produits manufacturés au détriment des pondéreux, explique pour partie la plus forte croissance de la part du mode routier. Mais les exigences de service (flexibilité, fiabilité, etc.), comme l'indiquent beaucoup d'études[7], tendent aussi de plus en plus à favoriser ce mode, et correspondent à des changements des modes de production et de consommation.

L'économie européenne traverse une période de profondes mutations de son système de production et de distribution, créatrices d'une nouvelle demande de transport. Il semble en effet que les déterminants de la croissance des flux de transport exigent de s'intéresser non plus seulement à la croissance économique, mais également à l'évolution des systèmes logistiques. Ce dernier point se situe au cœur de la problématique de cette thèse.

[7] Voir en particulier l'enquête réalisée dans le cadre du projet européen *Intermodal Quality* (INRETS, 1998).

Le rôle des prix de transport

Face au développement du transport routier de marchandises, la consommation de transport des organisations logistiques actuelles est parfois justifiée par le fait qu'elles sont basées sur des prix de transport jugés relativement faibles. Le dernier Livre Blanc met directement en cause le transport routier qui, en tant que mode dominant, fixe les prix du transport et les tire vers le bas (p.25), mais il critique aussi le manque d'efficacité des modes alternatifs. Les perspectives d'élargissement de l'Union Européenne posent également nombre de questions quant à la croissance des trafics qu'il faut en attendre. Entre 1990 et 1998, les pays candidats[8] ont déjà multiplié par 2,2 leurs exportations en tonnes vers l'Union, et multiplié par 5 les volumes importés (p.100). Elle conduit la Commission des Communautés Européennes à mettre en avant la nécessité de provoquer un *découplage* progressif entre la croissance économique et les trafics, en s'appuyant sur des mesures de tarification du transport routier, de revitalisation des modes alternatifs et d'investissements dans le réseau transeuropéen (p.9).

Compte tenu du contexte évoqué précédemment, la question de la compréhension du rôle des coûts de transport dans les organisations logistiques et de son influence sur les flux de marchandises est donc centrale. Une aide à la compréhension de ce rôle est nécessaire pour évaluer l'influence que peut exercer une politique de tarification des transports dans les systèmes logistiques.

Cette thèse propose donc d'évaluer l'incidence d'une hausse, éventuellement significative, des prix de transport sur les systèmes logistiques, et de fait sur les flux de marchandises, par une modélisation en dynamique des systèmes. Mais le modèle développé a également vocation à aider à la compréhension du lien complexe existant entre d'une part le système logistique de la firme, en interaction constante avec son environnement, et ses flux de marchandises.

[8] Bulgarie, Chypre, Estonie, Hongrie, Lettonie, Lituanie, Malte, Pologne, République Tchèque, République Slovaque, Roumanie, Slovénie, Turquie.

Le modèle de dynamique des systèmes SANDOMA a ainsi été conçu pour simuler l'organisation logistique d'une firme fabricant un type de produit fini déterminé. Les flux de marchandises sont considérés du point de vue du chargeur, et tous les modes de transport terrestres peuvent être a priori envisagés. Ils sont en effet caractérisés de manière générique, par des tonnes, tonnes-kilomètres, distances moyennes parcourues, à tous les niveaux du réseau de distribution depuis les sites de production jusqu'au destinataire. Enfin, le modèle a été conçu pour être appliqué à des cas distincts, et permettre de simuler sur le long terme des scénarios incluant des hypothèses fortes d'évolution spécifiques au secteur et au produit considérés.

La première partie de cette thèse traite de la modélisation des flux de marchandises en dynamique des systèmes, en débutant dans une première section par un développement sur les tendances récentes des organisations logistiques. Celles-ci avec l'analyse des évolutions récentes des trafics terrestres conduisent à s'interroger sur les mécanismes les liant. La deuxième section met en avant la notion d'arbitrage intervenant à différents niveaux de l'organisation logistique, par le biais de décisions de type opérationnel comme stratégique. Ces arbitrages prennent en compte des coûts mais également des éléments qualitatifs. Cette analyse de l'organisation logistique aboutit à un développement sur la nécessité de la concevoir sous une forme systémique, mais également au fait qu'il s'agit de la seule approche permettant d'appréhender complètement le rôle des coûts de transport au sein de l'organisation logistique. C'est cette vision systémique qui justifie l'utilisation d'une modélisation en dynamique des systèmes, initiée en France avec le modèle SIMTRANS (Karsky et Salini, 1999). Une troisième section présente ainsi un état de l'art des modèles de dynamique des systèmes existant en France et en Europe, dans le domaine de la prospective des transports. La présentation de ces modèles macroéconomiques, dont le nombre demeure encore relativement restreint, conduit au fait que le modèle SANDOMA s'inscrit dans une approche relativement différente de part ses objectifs et sa problématique.

La deuxième partie expose les objectifs et le rôle du modèle SANDOMA, sa formulation et en décrit la construction.

La troisième partie s'attache à l'analyse des résultats du modèle, en cherchant d'une part à mettre en évidence le lien complexe liant les tendances des organisations logistiques et l'évolution des flux de marchandises, et d'autre part en évaluant l'impact des coûts de transport sur les systèmes logistiques, et de fait sur les flux de marchandises. Les résultats sont présentés à partir d'analyses de simulations réalisées sur la base d'un cas réel et de produits définis selon des critères génériques. Des scénarios d'évolution des prix de transport, ainsi que des scénarios relatifs à des hypothèses d'évolution des organisations logistiques y sont développés. L'interprétation de l'ensemble des résultats et les apports du modèle SANDOMA sont repris dans la conclusion générale.

Première partie :
La modélisation des flux de marchandises en dynamique des systèmes

1 Systèmes logistiques et flux de marchandises

Les définitions de la logistique sont nombreuses. Mais le terme *logistique* est apparu avec précision à la suite de la guerre de 1870 dans le domaine militaire[9]. Elle était, en effet, considérée comme *une partie de l'art militaire qui a pour objet l'étude des voies et moyens pour amener le plus promptement possible les troupes mobilisées avec leur matériel, leur convoi, des camps et des lieux de garnison aux points de concentration du théâtre des opérations militaires*[10]. Les entreprises se sont approprié par la suite le concept, qui s'est diffusé et développé au cours de la deuxième moitié du XXème siècle.

La logistique est définie couramment comme l'aptitude à assurer la disponibilité du bon produit, dans les bonnes quantités, au bon endroit, au bon moment, et au moindre coût. Depuis les années 60, le rôle de la logistique a pris de l'importance, pour devenir de plus en plus stratégique. Sans donner ici ses développements, si elle semblait confinée à des questions de distribution physique dans les années 60, aujourd'hui elle est assimilée à un système complexe de circulation des flux (A.K. Samii considère que le mot *flux* est le mot clé de la logistique, 2000, p.8). De fait, nous proposerons aussi la définition suivante de la logistique, comme étant l'organisation visant à l'optimisation de la circulation des flux, depuis la production de matières premières jusqu'à la réception du produit fini par le consommateur final. Ces flux comprennent les matières, mais aussi l'information et les finances, et peuvent circuler d'amont en aval ou d'aval en amont pour les deux premiers (notamment avec les opérations de recyclage pour les matières et la gestion des *emballages* telles les palettes).

[9] Au XVIème siècle, le mot signifiait *qui pense logique* et désignait une partie des mathématiques au XVIIème siècle, puis il apparaît en 1842 dans l'Académie militaire (Larousse étymologique, 1995).
[10] Cette définition est issue du cours de M. Cousture (IMTL, Université Paris XII).

1.1 Les tendances récentes des organisations logistiques

Cette sous-section propose d'exposer brièvement les grandes tendances des organisations logistiques en Europe, mises en cause récemment dans l'évolution des flux de marchandises, ou plus précisément par le biais de certaines mesures statistiques des trafics. Certaines de ces tendances ont été évoquées plus spécifiquement à partir de la fin des années 80 en Europe, pour expliquer notamment une certaine distorsion entre l'évolution des tonnes-kilomètres et celle du PIB (voir l'introduction).

Depuis les années 70, les organisations logistiques ont connu en Europe des changements à la fois profonds et constants. Certaines études permettent d'en retracer les tendances, il s'agit à titre d'exemple de celles réalisées par le cabinet d'études A.T. Kearney, depuis 1982, pour le compte de l'Association européenne de logistique[11]. Ces études successives ont aussi permis de mettre en avant les préoccupations logistiques du moment, et principalement de montrer le rôle grandissant des activités logistiques, qui ont pris incontestablement aujourd'hui une dimension stratégique. L'étude de 1992 mettait ainsi l'accent sur des notions essentielles de qualité de service rendu aux clients et de flexibilité des organisations, avec toujours une recherche continue de baisse des coûts. Celle de 1998 semble indiquer que la logistique ne tend plus à être considérée comme une fonction auxiliaire et une source de coûts, mais plutôt comme une compétence fondamentale et une source de valeur ajoutée.

Certaines tendances dans les organisations logistiques semblent, en outre, s'être accentuées et accélérées très récemment, avec l'ouverture des marchés et surtout d'après nombre d'auteurs du fait de leur globalisation (Stabenau, 1996 ; Fleischmann et al., 1998). Ce phénomène de globalisation sera également évoqué dans cette sous-section.

[11] ELA : European Logistics Association, qui rassemble une trentaine d'associations nationales.

Le centre pour la logistique et les transports de Cranfield[12] a ainsi proposé en 1994 une enquête sur les évolutions logistiques futures, sous la forme d'une étude de type Delphi. Les questions, au total 200, ont été élaborées avec l'aide d'organismes européens reconnus pour leur expertise en logistique, puis soumises à 200 professionnels de six pays européens[13]. Ces questions ne concernent que des propositions relatives à des évolutions futures, et les réponses sont toujours quantitatives. Soit les réponses correspondent à des évolutions estimées à l'horizon 2001, généralement par rapport à l'année 1991 (en base 100), soit à l'inverse elles donnent l'année comme étant la plus probable pour le changement proposé. D'autres réponses encore correspondent à une appréciation dont l'évaluation est faite selon un indice. Bien que l'horizon temporel de certaines questions soit aujourd'hui dépassé, les réponses donnent des indications particulièrement intéressantes sur le type de tendances à attendre dans les organisations logistiques. De plus, la déviation standard peut parfois indiquer une dispersion des résultats par secteur ou pays, voire une certaine incertitude dans les évolutions attendues, ou à l'inverse une forte cohérence dans les réponses.

Enfin des rapports européens ont été réalisés à partir de contributions d'experts sur ces évolutions récentes, tels *Les nouvelles tendances de la logistique en Europe* (CEMT, 1996) ou *Logistique intégrée avancée pour le transport de marchandises* (OCDE, 1996), etc. Beaucoup de projets de recherche européens réalisés pour la DG Tren font également référence à ces nouvelles mutations des systèmes de production et de distribution. Il n'est naturellement pas possible de citer toutes les contributions réalisées dans ce domaine, mais cette sous-section propose de résumer brièvement l'ensemble de ces tendances, en partie mises en cause dans la croissance des flux de marchandises et principalement routiers.

Ces évolutions concernent aussi bien des décisions stratégiques affectant les structures de production et de distribution, que des décisions qui peuvent être qualifiées d'opérationnelles. Ces dernières, contrairement aux premières, relèvent du court terme et ne font pas appel aux mêmes arbitrages, mais toutes ont une incidence sur la demande de transport des chargeurs.

[12] Cranfield Centre for Logistics and Transportation, Cranfield University, Grande-Bretagne

Quelques éléments sur le commerce électronique

Les études récentes ont montré que les critères qualitatifs des organisations logistiques devenaient prépondérants, et qu'elles tendaient à être considérées nouvellement comme source de valeur ajoutée.

A ce titre, un parallèle peut être effectué avec les échecs récents de bon nombre de sites marchands sur internet, dits *b-to-c* (business to consumers), c'est-à-dire à destination des particuliers. La question de savoir si ce nouveau type de commerce allait conduire à la création de modèles de distribution différents a souvent été posée[14]. Il semblerait, en fait, que les mieux à même de répondre à ce type de service sont les vépécistes, qui cherchent actuellement à développer en ce sens leurs activités. C'est ainsi que Mondial Relay, le distributeur privé des 3 Suisses, s'est mis depuis 2001 au service des sites marchands électroniques. Il s'est avéré, en fait, que nombre d'entreprises qui étaient dans l'incapacité de livrer les produits commandés dans les délais impartis, et de proposer un service à la clientèle minimum, ont dû cessé leur activité. Ces nouvelles entreprises ont voulu parfois entretenir une confusion entre le caractère électronique de la commande et l'instantanéité de la livraison.

Quant aux entreprises déjà existantes, fabricants ou grands distributeurs, qui ont utilisé internet comme un canal de distribution supplémentaire, deux stratégies différentes ont été mises en œuvre. Certains d'entre eux ont choisi de développer une organisation logistique dédiée, mais la demande n'ayant pas explosé, comme on le prédisait[15], ces systèmes s'avèrent coûteux et ont parfois même conduit à fermer les sites marchands. D'autres moins nombreux, contrairement à l'engouement général, ont simplement procédé à des adaptations de leur organisation. Il s'agit précisément de ceux qui semblent actuellement les plus rentables. C'est le cas notamment de Tesco, la première chaîne britannique de supermarchés, et plus récemment de Surcouf en France pour la bureautique, qui ont tout simplement choisi de livrer

[13] Allemagne, Espagne, France, Grande-Bretagne, Pays-Bas, Suède.
[14] Voir par exemple Logistica, Transporte, Paqueteria y Almacenaje (avril 2000).
[15] D'après le Syndicat de la vente à distance, le b-to-c ne représenterait que 2% de leur chiffre d'affaires (communication personnelle).

depuis leurs magasins comme s'il s'agissait d'un entrepôt[16]. Tesco a même ainsi réussi à devenir le plus grand *cybermarché* existant au monde.

Le développement du commerce électronique à destination des particuliers a certainement permis de prendre conscience d'une part que les flux physiques n'en restaient pas moins de même nature (!), et d'autre part que la logistique jouait un rôle primordial sur ces marchés en apparence virtuels, jusqu'à même devenir un élément marketing majeur. Ceux qui sont aujourd'hui viables sont aussi ceux qui font preuve d'une organisation logistique efficace, en respectant les délais proposés, avec des livraisons correspondant aux commandes.

Nous avons mentionné ici le commerce électronique b-to-c puisqu'il semblait devoir entraîner des mutations profondes et croître rapidement. Il y a, en effet, moins de trois ans Carrefour destinait Ooshop à devenir l'un des premiers sites marchands européens, et certains spécialistes affirmaient que tout un chacun posséderait en Europe, en 2003, un téléphone mobile de type WAP dans le but d'effectuer des achats en ligne[17]. Néanmoins, nous retiendrons que le commerce électronique n'a pas engendré une restructuration des réseaux de distribution, et a surtout soulevé jusqu'à présent la question de la difficulté de la distribution aux particuliers, et de la congestion en milieu urbain. La distribution finale de ces produits est de ce point de vue exigeante en raison des délais, et contraignante puisqu'elle s'adresse aux particuliers, pour lesquels il reste probablement à organiser des systèmes de réception lorsqu'ils sont absents. L'organisation logistique constitue donc, selon certains professionnels, l'un des défis à relever par le commerce électronique[18], qui est simplement une nouvelle forme de vente à distance (VPC et commerce électronique ont des marchés différents en termes de clientèle et de produits).

[16] Voir le Monde Interactif du 10 octobre 2001 et Logistiques Magazine (octobre 2001).
[17] Voir Les Echos du 5 et 19 avril 2000, et Connectis (avril 2000).
[18] Voir Le MOCI (mars 2000).

Quant au commerce électronique de type *b-to-b* (business to business), c'est-à-dire interentreprises, il s'est à l'inverse considérablement développé. Nous en retiendrons essentiellement qu'il permet de réduire les coûts de transactions, et qu'il contribue à l'accroissement des échanges internationaux avec la mise en place de nombreuses places de marché, appelées souvent carrefours d'affaires. Ces derniers ont été développés notamment par des grands distributeurs, tels GlobalNetExchange avec l'association de Carrefour et Sears (l'un des principaux distributeurs américains) et Oracle, ou encore WorldWideRetailExchange avec Auchan et Casino[19]. Des carrefours ont également été créés par de nombreux industriels dans des secteurs aussi variés que l'agroalimentaire, avec notamment une association entre Danone et Nestlé, la sidérurgie ou encore l'automobile. Dans ce dernier cas, plusieurs cas de figures subsistent, avec de nombreux carrefours d'affaires mis en place aussi bien par des équipementiers automobiles (tel Rubbernetwork pour les pneumatiques) que par les constructeurs automobiles, parfois par les deux lorsqu'ils ont choisi de s'associer.

Le commerce électronique b-to-b entraîne indéniablement des mutations profondes d'un point de vue commercial, et influence les organisations logistiques en ce sens qu'il contribue à accélérer encore un peu plus le phénomène de globalisation des échanges. Cependant, il n'a pas non plus, à proprement parler, provoqué de bouleversements dans les schémas logistiques.

L'organisation de la distribution

La généralisation des organisations dites en juste-à-temps

Parmi les tendances les plus couramment citées, la généralisation des pratiques en juste-à-temps est souvent incriminée dans la croissance des trafics routiers. Celles-ci permettent de réduire les stocks, en augmentant la fréquence des livraisons dont la taille est, de fait, réduite. Elle conduit à augmenter la rotation des stocks dont elle diminue ainsi les coûts.

[19] Voir Les Echos du 29 février, 31 mars et 3 avril 2000.

Elles ont été introduites pour la première fois dans les années 50 dans le processus de production de Toyota, au Japon. Ces méthodes ont conduit le constructeur à améliorer considérablement la coordination des différentes étapes de production, et à introduire un système de communication entre chacune d'elles (Milgrom et Roberts, 1992, p.4-5). L'organisation repose donc sur une volonté de rendre la circulation des flux de matières quasi-continue, en réduisant autant que possible tous les stocks intermédiaires. Cette organisation a également permis au constructeur d'adopter peu à peu une forme de production extrêmement flexible. En Europe, ces méthodes de production se sont également développées en premier lieu dans l'industrie automobile, et se sont généralisées au cours des années 80.

En minimisant les stocks, le juste-à-temps exige une synchronisation des flux et des activités, et demande des services de transport particulièrement fiables et flexibles. Les systèmes d'information jouent un rôle essentiel, leur développement a probablement à la fois permis et accéléré ce type d'organisation. Une étude réalisée aux Pays-Bas (de Jong et al., 1992) a montré que des produits intermédiaires de faible valeur présentaient des valeurs du temps plus élevées que des produits finis présentant même un caractère périssable ou d'obsolescence, parce que précisément ils entraient dans des processus de production contraignants. Un retard peut, en effet, perturber ou même arrêter par exemple une chaîne de montage, et s'avérer particulièrement onéreux.

Ces méthodes se sont considérablement répandues si bien qu'elles s'appliquent même à la distribution des produits finis. Les résultats de l'étude Delphi, présentée précédemment, indiquaient ainsi une réduction moyenne attendue entre 1991 et 2001 d'environ 20% de la taille des envois de produits finis, et d'une réduction de plus de 15% des stocks moyens de produits finis (p.18 et 22). Il s'agit principalement d'une question d'arbitrage entre coûts de transport et de stockage, puisque si elles permettent de réduire les stocks elles peuvent conduire à augmenter les coûts de transport.

Cependant, concernant la distribution aux points de vente, la diminution des quantités livrées par commande se révèle également être un moyen de réduction des surfaces de stockage au profit des surfaces de vente (notamment lorsque le coût du foncier est élevé). Les magasins proposent aujourd'hui des assortiments nettement plus larges de produits qu'il y a une

vingtaine d'années par exemple. La Fédération des entreprises du Commerce et de la Distribution affirme ainsi que les volumes de livraison n'ont pas augmenté à Paris, mais que leur contenu a considérablement varié. En effet, ils offrent maintenant une grande variété de produits correspondant ainsi aux exigences nouvelles des consommateurs. Cette variété implique aussi de plus petites quantités par produit, et des fréquences de livraison plus élevées puisque l'espace de stockage a été réduit. De la même manière, les résultats de l'étude Delphi annonçaient une réduction de 20% des stocks du commerce de détail entre 1991 et 2001. Le vice-président de l'IRI-Secodip[20] indiquait dans un article récent que si le nombre de références et les exigences des consommateurs allaient croissant, il n'en était pas de même des surfaces de vente, obligeant à réduire les surfaces de stockage. De la même manière, Ikea a admis vouloir doubler ses ventes en Europe sur cinq ans, sans accroître pour autant ses surfaces de vente, mais en réorganisant la circulation de ses flux [21]! Dans le cas présent, ce distributeur implantera aussi des dépôts à proximité de ses magasins pour les produits les plus encombrants.

Les méthodes de production ont été remises en cause bien souvent d'abord dans un but de réduction des coûts, mais aussi par la suite dans une recherche de flexibilité, de réduction des délais, et plus généralement d'augmentation du niveau de service à la clientèle. Les stocks, les cycles de commande[22], les coûts logistiques semblent diminuer constamment d'après les chiffres des études de A.T. Kearney, tandis que le taux de service augmente (respect des délais, commande complète, etc.).

Les modes de consommation ont naturellement considérablement changé, les produits doivent être variés et différenciés (après la standardisation de la production), et disponibles rapidement. Les constructeurs automobiles cherchent à livrer les voitures dans un délai de deux semaines au lieu de quatre à huit, car cela leur procure un avantage compétitif important. Le résultat en sera une diminution accrue des stocks, le recours à des prestataires logistiques extrêmement fiables, et même capables de préparer le véhicule à la place du

[20] Société d'Études de la Communication, Distribution et Publicité.
[21] Voir Logistiques Magazine (octobre 2001).
[22] Délai entre la passation d'une commande et sa livraison.

concessionnaire[23]. L'ensemble de ces évolutions ont déjà considérablement favorisé le recours à des prestataires extérieurs, et non pas seulement parce que cela permettait encore une fois d'introduire une certaine flexibilité dans les organisations. L'externalisation a débuté en sous-traitant les activités de transport, aujourd'hui c'est le cas pour près de 80% des firmes, tandis que 60% sous-traiteraient les activités d'entreposage (A.T. Kearney, 1999, p.24). L'externalisation de ces prestations logistiques a été mise en exergue par la nécessité de professionnels spécialisés, plus compétitifs en termes de coûts et de qualité de service. A. Artous a qualifié l'émergence de ces prestations comme relevant d'une logistique industrielle (Artous et Salini, 1997, p.160). Le rôle des prestataires logistiques ne cesse de s'étendre, partis généralement d'une activité de transport, elle englobe aujourd'hui parfois, outre la distribution, des activités d'étiquetage, d'emballage, voire même d'assemblage.

A partir d'une notion très répandue d'organisation dite en juste-à-temps, il en ressort que les systèmes logistiques tendent tous vers une même conception : celle de la circulation continue des flux physiques (et de manière concomitante des flux d'information), circulation qui tend par ailleurs à s'accélérer.

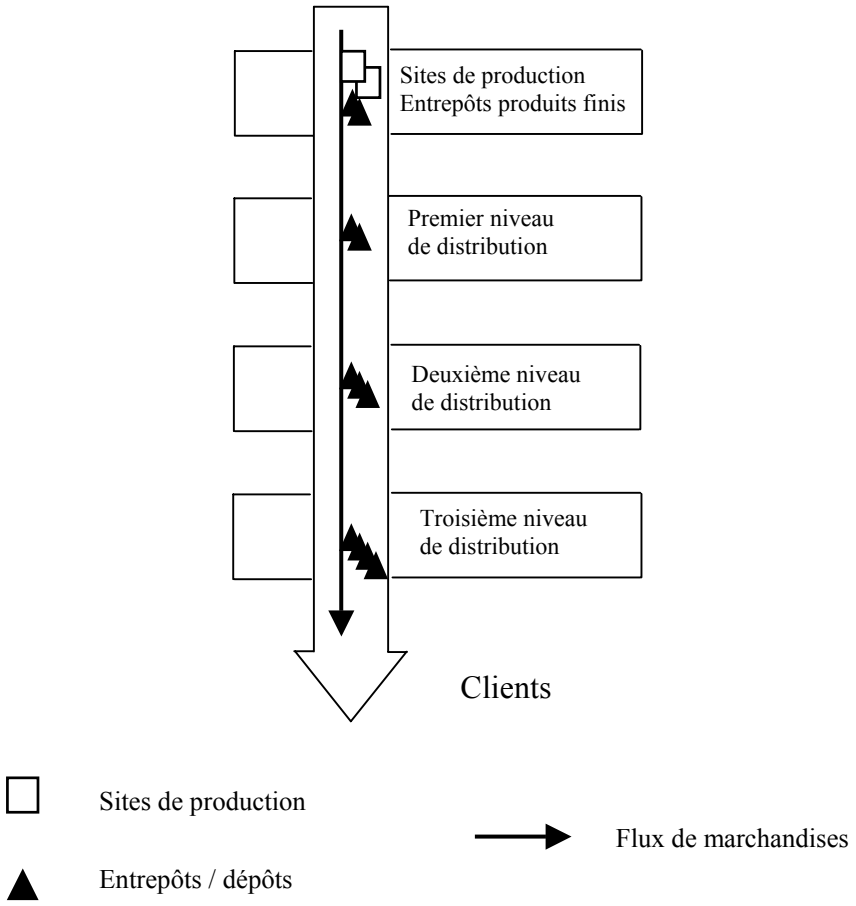
La centralisation des structures de distribution

Nous aborderons ici la centralisation des réseaux de distribution uniquement sous leur aspect structurel, pour en analyser par la suite les conséquences sur les flux de marchandises.

Les phénomènes de centralisation des réseaux de distribution doivent être perçus de différentes sortes. Il faut, en premier lieu, distinguer une tendance à la réduction du nombre de niveaux de distribution dans les structures. La structure, qui pouvait être qualifiée de traditionnelle, est une structure décentralisée et comportant trois niveaux de distribution, c'est-à-dire un niveau national, un régional et un local. Il s'agit de la structure présentée dans le diagramme suivant.

[23] Voir Les Echos du 15 mars 2000.

Structure de distribution traditionnelle (dite décentralisée)



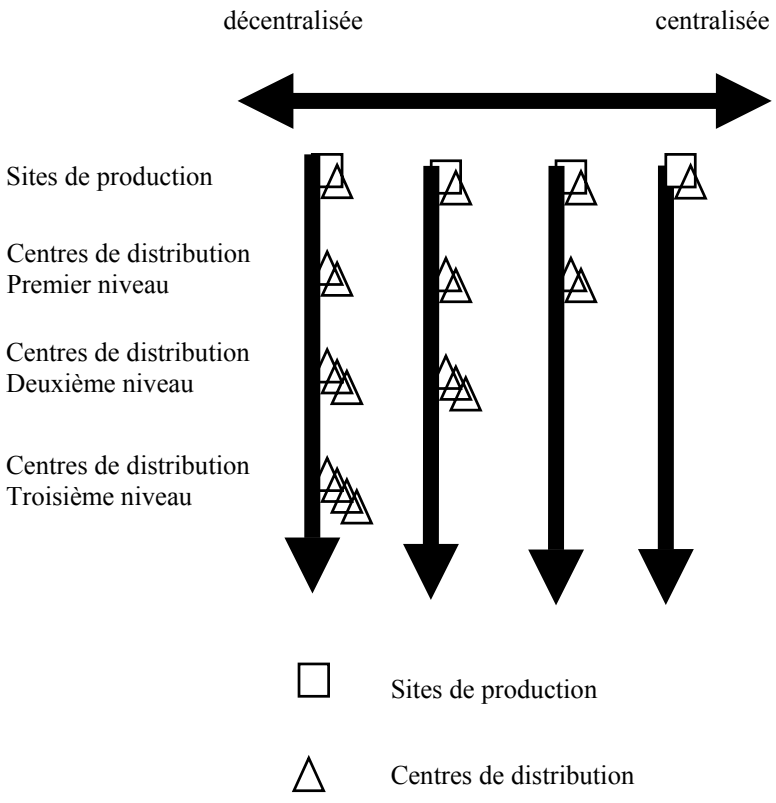
Adapté de Bouteiller et Kobler (1998)

Cette structure n'est valable que pour un réseau de distribution à un niveau national. Naturellement, le réseau peut être uniquement régional et ne comporter que deux niveaux, l'un étant régional et l'autre local, voire même qu'un seul centre de stockage selon le rayonnement de l'entreprise.

Cette structure qui comprend donc au total trois niveaux de distribution, ainsi que des stocks industriels sur les sites de production, est jugée dorénavant comme étant obsolète. La tendance à la réduction du nombre de sites de stockage donne, d'après les enquêtes récentes, les structures à deux voire un niveau de distribution comme étant les plus répandues en

Europe (Cranfield Centre for Logistics & Transportation, 1994, p.84 ; Fleischmann et al., 1998, p.17). Celles-ci comprennent le plus souvent soit un niveau national et régional, soit uniquement l'un des deux. La structure la plus décentralisée étant en principe dorénavant celle qui comporte deux niveaux de distribution, et la plus centralisée celle dont les expéditions sont effectuées directement depuis le site de production. Le diagramme suivant présente ainsi au centre les deux structures les plus répandues actuellement en Europe, et une troisième structure correspondant au degré de centralisation maximum. Il reprend également en comparaison la structure décentralisée précédente, qualifiée aujourd'hui d'obsolète.

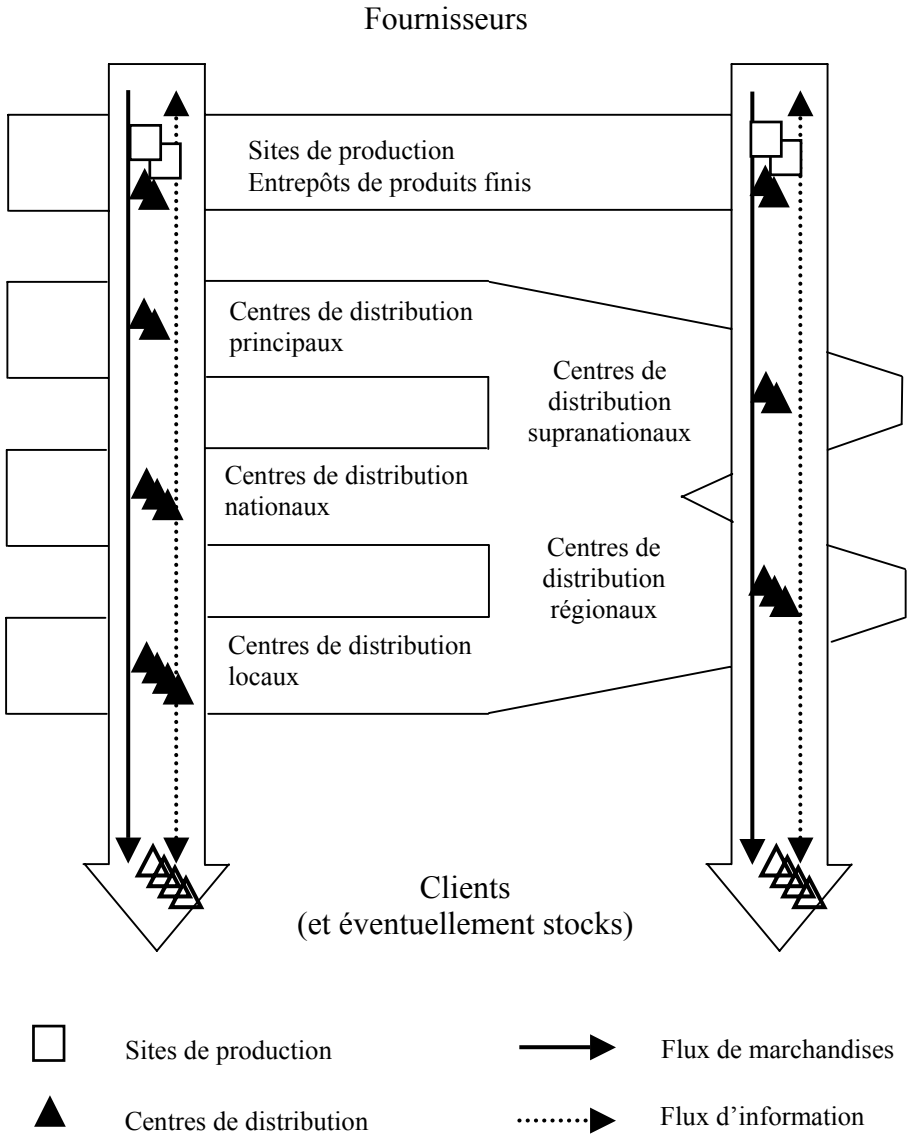
Structures de distribution en Europe



Adapté de Bouteiller et Kobler (1998) et Janssen (1993)

Dans ce dernier diagramme, il n'a pas été question de centres de stockage mais de centres de distribution. L'usage de ce terme générique permet également de mettre en avant une tendance récente qui consiste à remplacer des centres de stockage par des plates-formes, destinées aux opérations de groupage et dégroupage, c'est-à-dire au transit des marchandises et non à leur stockage. De plus, chaque niveau a été désigné selon un ordre et non pas selon son rayonnement géographique. Il est, en effet, essentiel de distinguer non seulement les différentes fonctions possibles de ces centres, mais également le niveau géographique auquel ils se situent. Le diagramme suivant propose d'illustrer les nouvelles tendances qui tendent à organiser la distribution non plus par pays, mais selon des régions supranationales ou paneuropéennes.

Structures de distribution traditionnelles et structures paneuropéennes



Adapté de Bouteiller et Kobler (1998)

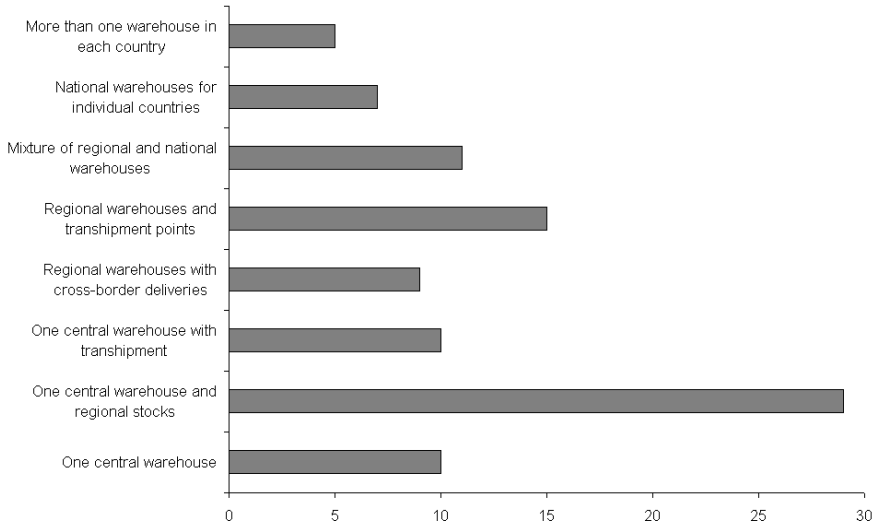
Tous ces phénomènes récents de centralisation sont naturellement liés à la standardisation non seulement de la production mais également de la distribution des produits, et de fait des modes de consommation en Europe. Les développements des réseaux de communication physiques comme informationnels les ont rendus possibles. Cependant, il faut garder à l'esprit que ces tendances d'organisation à un niveau supranational sont encore émergentes, et leur mise en place est étroitement liée à la taille des firmes. Il s'agit de tendances et de volontés

d'adaptation qui sont réelles, mais pas toujours traduites dans la réalité autant que l'on pourrait s'y attendre. Il reste de nombreux obstacles à une distribution large des produits au niveau européen, liée à des goûts qui peuvent être fondamentalement différents d'un pays à l'autre, à des critères purement techniques (telles les prises de courant électrique pour les produits ménagers), ou encore réglementaires, etc.

La volonté de transformer les structures de distribution nationales vers des structures supranationales est en tous les cas clairement exprimée dans toutes les enquêtes. Les réponses de l'étude Delphi qualifiaient les structures paneuropéennes comme étant les moins importantes en 1991, mais devant venir en seconde position dès 2001 (p.84-85). Néanmoins, les structures nationales comportant un seul niveau de distribution restent en première position, et celles comportant deux niveaux se voient rétrogradées à la dernière place.

Une autre enquête réalisée en Europe en 1996, auprès de 300 multinationales, donnent des résultats comparables (O'Sullivan, 1997). Ces réponses indiquent que les organisations logistiques de ces multinationales sont clairement tournées vers l'Europe, avec une préférence pour un entrepôt central, c'est-à-dire un centre de distribution européen, et des stocks régionaux (le terme de région est à comprendre ici dans le sens de région paneuropéenne, car les entreprises de l'enquête ont toutes une production et distribution internationales).

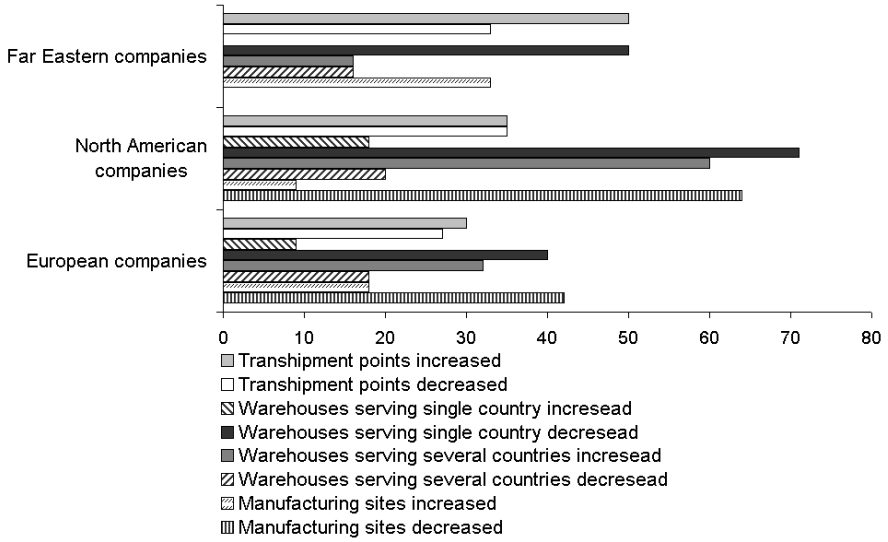
Structure de distribution idéale (multinationales implantées en Europe)



Extrait de *Logistics Information Management* (O'Sullivan, 1997) – enquête P-E Consulting (1996)

Ces organisations doivent donc succéder à des réseaux de distribution qui étaient jusqu'à présent basés sur des structures nationales, comme le confirme le diagramme suivant issu de la même enquête.

Evolution des sites de production et de distribution (selon la région d'appartenance de la multinationale)



Extrait de *Logistics Information Management* (O'Sullivan, 1997) – enquête P-E Consulting (1996)

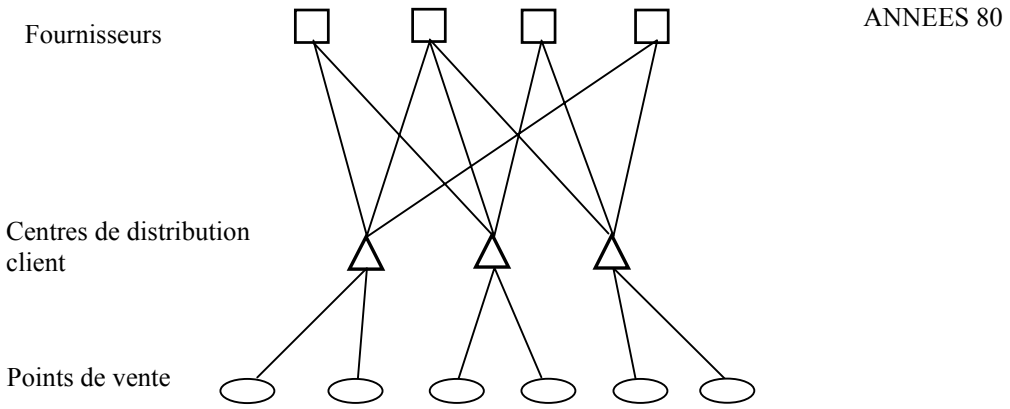
Ce diagramme permet également de mettre en avant la concentration des sites de production qui sera évoquée dans la prochaine sous-section, ainsi que le rôle essentiel des centres de groupage / dégroupage, ou plates-formes, évoqué précédemment (*transhipment points* sur le diagramme).

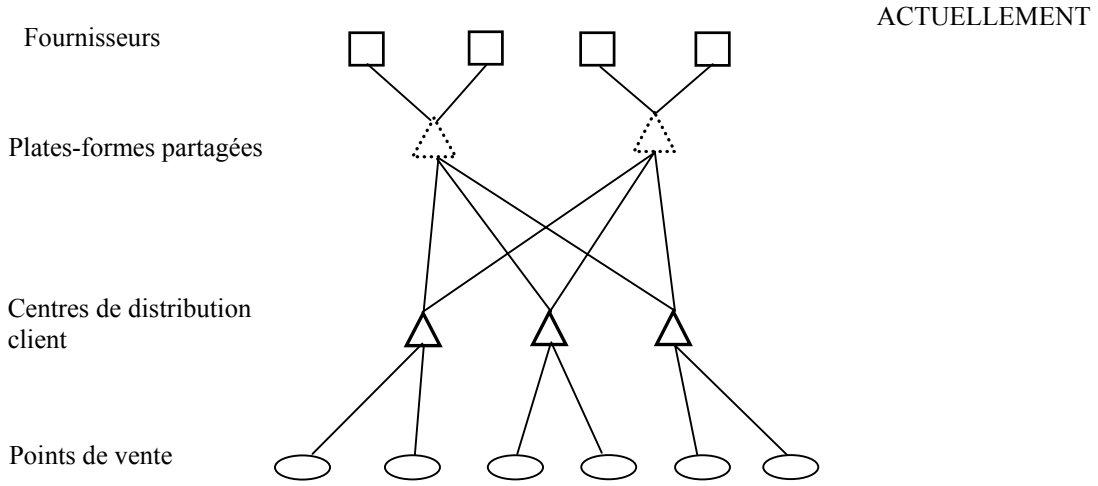
En effet, la mise en œuvre des politiques de réduction des stocks a conduit à remplacer certains centres de stockage par des plates-formes, ces derniers se situant le plus souvent en aval du réseau de distribution. Leur fonction consiste à massifier les transports sur longue distance afin d'en réduire le coût. Cependant la centralisation des réseaux et leur réorganisation à un niveau paneuropéen, en accroissant les distances, ont aussi amené certaines firmes à réintroduire des stocks régionaux. La qualité de service étant un critère prépondérant de sélection pour les clients, ces stocks leur permettent de respecter les délais de livraison, notamment dans les régions où la congestion devient problématique. Or l'enquête présentée ici concerne précisément des multinationales, ces tendances inverses de réduction et d'augmentation simultanées du nombre des plates-formes, indiquées par le diagramme précédent, peuvent ainsi s'expliquer.

Par ailleurs, d'autres firmes et des grands distributeurs introduisent aujourd'hui, en plus de leurs centres de distribution existants, des centres de groupage / dégroupage dont la vocation est toujours naturellement de massifier les transports. Ils permettent ainsi aux petits fournisseurs d'expédier sur le plus proche de ces centres des envois consolidés. Les quatre principaux distributeurs britanniques dans le secteur alimentaire[24] ont ainsi implanté des centres de groupage en amont de leurs propres centres de distribution, leur permettant de réaliser d'après eux des gains substantiels (Jackson et Timpson, 2001). La majorité de ces plates-formes sont sous-traitées à des prestataires extérieurs et sont partagées entre les quatre distributeurs. L'évolution récente de leur réseau de distribution a été schématisée sur le diagramme suivant.

[24] Tesco, Sainsbury, Asda et Safeway.

La mutualisation des envois - Le cas des quatre premiers distributeurs alimentaires britanniques





Adapté de Jackson et Timpson (2001)

Ces plates-formes correspondent à une notion récente dite de *mutualisation des envois*, et se justifient par un nombre important de petits fournisseurs. Ces derniers peuvent expédier sur la plate-forme la plus proche des envois consolidés, c'est-à-dire qui étaient auparavant fractionnés et livrés jusqu'aux différents centres de distribution du client. A partir de ces plates-formes, la firme cliente peut constituer des lots complets avec des produits issus de fournisseurs différents, et les expédier sur ses centres de distribution.

Ces phénomènes de massification des transports sont extrêmement importants, car si la taille des envois est effectivement réduite du fait des pratiques en juste-à-temps évoquées précédemment, elle n'empêche pas les grands distributeurs pour autant de massifier leurs flux de transport sur les longues distances. Le développement et la concentration de la grande distribution ont un impact indéniable sur l'organisation des réseaux de distribution des fabricants. Un grand fabricant, Electrolux, a ainsi affirmé que la concentration de la distribution en Europe leur permettait d'organiser plus efficacement leurs flux et était source de gains ; mais que les petits fabricants en étaient probablement les perdants[25]. Or en seulement 15 ans, la part de marché des cinq premiers distributeurs en France est passée du tiers à 65%[26]. Elle oblige les transporteurs et les fabricants à s'adapter en raison de l'importance des volumes, mais elle a aussi inversé les rapports de force. Ceux-ci sont couramment mis en cause dans les modalités d'achat et les termes des négociations, mais d'un point de vue logistique ils permettent aussi à la grande distribution de s'imposer progressivement plus en amont dans la maîtrise des approvisionnements (Morcello, 1998, p.35-40). Celle-ci est en effet en mesure, avec la mutualisation des envois, de réaliser d'importants gains, non plus seulement en augmentant la rotation des stocks mais aussi en massifiant les flux.

En d'autres termes, après la mise en place du juste-à-temps, permettant une réduction drastique des stocks avec la taille moyenne des envois, il restait à la grande distribution à massifier les flux de transport en provenance des fournisseurs.

Certaines firmes présentent une forte capacité à concentrer des volumes importants. Elles ont alors les moyens d'organiser leur réseau de sorte à massifier les flux de transport, même avec des petits fournisseurs et en pratiquant des organisations en juste-à-temps. Il semble que leur réseau se substitue quasiment à celui d'un opérateur de transport, tout en sous-traitant l'ensemble de ces opérations à des prestataires logistiques.

[25] Voir Les Echos du 1er février 2000.
[26] Voir Linéaires (octobre 2001).

L'organisation de la production

Depuis quelques années, beaucoup de secteurs d'activités ont réalisé des opérations de fusions et acquisitions. Contrairement à celles des années 80, celles-ci sont analysées comme des réactions défensives dans un contexte d'ouverture des marchés et de concurrence accrue[27]. En se concentrant, ces firmes cherchent à acquérir un pouvoir de marché important en vue de le maîtriser. Nombre de groupes ont ainsi choisi d'abandonner leurs activités les moins rentables ou les moins développées, pour acquérir les moyens de devenir leader à un niveau mondial sur ce qui est couramment appelé leur *cœur de métier*. Le secteur de la chimie a, par exemple, vécu une véritable recomposition avec des groupes qui se sont tous spécialisés sur une activité dans le but d'acquérir une position internationale forte[28].

Ces processus de concentration sont analysés, actuellement, comme une réponse à un environnement ressenti comme étant menaçant, y compris sur des marchés qui paraissent déjà concentrés (Ménard, 1997, p.112). De tels mouvements de concentration et de spécialisation des firmes ne s'opposent pas à ce qu'il y ait de nouveaux mouvements de diversification des activités dans un avenir plus lointain. Cependant, l'actualité est à ces opérations concomitantes de recentrage d'une part, et de fusions - acquisitions d'autre part. Certaines sont pour le moins spectaculaires tel Unilever qui a déclaré en février 2000 vouloir supprimer 25000 emplois et abandonner les trois quarts de ses marques. Pour ce faire, le groupe a prévu de réduire ses sites de production de 250 à 150, et de ne conserver que 400 marques constituées principalement par des produits dits mondiaux (savon Dove par exemple) ou locaux mais réputés (tel Amora)[29]. Dans ce domaine, les exemples sont innombrables et pour les illustrer nous avons choisi de sélectionner sur les quatre premiers mois de l'année 2000 un peu plus d'une centaine d'articles, tous accompagnés d'un résumé, et parus dans le quotidien Les Echos (voir la revue de presse en annexe 1[30]).

[27] Voir The Economist (janvier 1999).
[28] Voir Les Echos du 16 février 2000.
[29] Voir Les Echos du 23 février 2000.
[30] Cette revue de presse propose d'illustrer par des exemples certaines des évolutions de la production et de la distribution mentionnées dans cette section.

Nous ne prétendons aucunement analyser ici l'évolution des structures productives, cependant ces opérations doivent être mentionnées car du point de vue de l'organisation des sites de production, elles ne sont pas sans conséquences. En effet, beaucoup sont accompagnées d'opérations dites de rationalisation de la production, avec une réduction du nombre des sites de production et une spécialisation par produit, afin de réaliser des économies d'échelle. Les sites multi-produits, généralement à vocation nationale, deviennent ainsi mono-produit et à vocation supranationale (Colin, 1996, p.106-108 ; Samii, 2000, chapitre XII). D'autres sites sont naturellement délocalisés, mais ce phénomène bien connu concerne aussi toutes les activités à fort taux de main-d'œuvre, et qui ne requièrent pas un haut niveau de compétence. Dans certains secteurs vivement touchés par la concurrence des pays émergents, tel le textile, la production localisée dans les pays dits développés correspond dorénavant à celle qui s'est orientée vers des produits haut de gamme, et parfois très techniques (tels le sport, la lingerie). Là encore la revue de presse, figurant en annexe 1, propose d'illustrer ces mouvements par un certain nombre d'exemples.

Enfin un autre phénomène, largement évoqué depuis quelques années, est celui de la division du travail. Elle fait référence à la sous-traitance de certaines activités pour privilégier la compétence de base, et de la fabrication d'éléments et modules constituant les produits finis. Cette désintégration, dite verticale, de la production semble aller une fois de plus dans le sens de la flexibilité des organisations de la production. Mais surtout du point de vue des organisations logistiques, elle entraîne une multiplication du nombre des liaisons de transport à l'intérieur du système de production, et affecte ainsi directement les flux. H. Holzapfel et R. Vahrenkamp (1999) ont ainsi montré à l'aide d'un petit modèle (basé sur la somme d'une suite géométrique), que si tous les fournisseurs S d'une firme divisent chacun par N les étapes de production, en recourant eux-mêmes à la sous-traitance, le nombre de liaisons de transport s'en trouve multiplié par S^N, et tend à croître rapidement au fur et à mesure de l'augmentation de la division du travail.

Cet aspect de l'organisation de la production est mentionné ici car il fait partie de l'ensemble des évolutions qui ont une incidence directe sur les flux de transport. Néanmoins nous verrons que cet aspect n'a pas été considéré dans la modélisation, car celle-ci a été limitée à

l'organisation des flux de produits finis, depuis les unités de fabrication de ces produits jusqu'aux clients.

Systèmes logistiques et globalisation

La création de grands marchés basés, dans un premier temps, sur des unions et accords douaniers, tel le marché commun européen, ou encore au niveau mondial les accords du GATT, ont contribué à développer et à intensifier les échanges. C'est aussi le phénomène de la mondialisation qui s'est développé au cours des décennies 1960-70, ou de l'économie multinationale, avec l'émergence de firmes multinationales, et l'interdépendance croissante des économies (Tahi, 2001). Mais à partir des années 1980, le concept de firmes transnationales est apparu avec le développement du modèle de globalisation de l'économie. Bien qu'en anglais le terme *globalisation* se traduise par *mondialisation*, le terme de globalisation n'a probablement pas le même sens, et évoque à l'évidence une forme de suppression des frontières nationales dans les stratégies des firmes. La mise en place du marché unique en Europe, et en 1994 de l'OMC[31] au niveau mondial, c'est-à-dire une organisation permanente qui a succédé à des accords, ceux du GATT, correspondent bien à l'image de la globalisation. Celle-ci succède au modèle dominant de la mondialisation des décennies 70 et 80. Certains y ont même vu une émergence des marchés en lieu et place des gouvernements, au point de qualifier en quelque sorte l'OMC d'un signe de démission des nations face aux marchés[32].

A partir des années 80, beaucoup de concepts intégrant la notion de globalité sont apparus, y compris celui de développement durable[33] avec la pollution globale. Il semble que nous soyons rentrés dans une ère où le concept de la nation tend à s'effacer dans un certain nombre de domaines. Il est naturel que les organisations de la production et de la distribution

[31] Organisation Mondiale du Commerce
[32] Voir Transversales, notamment les articles de A. Bertrand (juillet-août 1994 et mars-avril 1996).
[33] Défini par l'ONU en 1987 comme le « développement qui répond aux besoins du présent sans compromettre la capacité des générations futures de répondre aux leurs » (Encyclopédie Encarta 2002).

subissent certaines transformations liées à ces évolutions. Concrètement, elles correspondent pour la production à des unités dont l'aire de chalandise devient clairement supranationale, et pour la distribution à des réseaux dont la structure tend également à devenir supranationale, telles qu'elles ont été présentées précédemment. Ces mutations posent notamment la question d'une mise en cohérence par les firmes de leurs systèmes de production avec les marchés, à un niveau supranational, alors qu'auparavant cette cohérence se situait à un niveau national (Freyssenet et Lung, 2001[34]).

1.2 L'analyse des trafics routiers par les organisations logistiques

Certains auteurs ont proposé une analyse des statistiques du transport routier par les organisations logistiques. Ce fût la démarche, dans deux articles datant de 1993 et 1996, de A.C. McKinnon et A. Woodburn voulant démontrer la nécessité d'analyser l'évolution des flux de transport du point de vue des organisations logistiques.

En 1988, le DOT (Department of Transport) en Grande-Bretagne avait publié des projections des trafics routiers en tonnes-kilomètres à l'horizon 2025, créant ainsi des réactions à la fois d'inquiétude et de scepticisme selon A.C. McKinnon et A. Woodburn (1993, p.466). Ces volumes avaient également été transposés en véhicules-kilomètres. D'après ces projections, la croissance des tonnes-kilomètres pouvait en effet varier de 101 à 215% entre 1988 et 2025, et les véhicules-kilomètres moins fortement, c'est-à-dire entre 66% et 141%, grâce à une augmentation du chargement moyen des véhicules. Il faut rappeler qu'en 1983 le PTRA maximum autorisé est passé de 32,5 tonnes à 38 tonnes en Grande-Bretagne, et que les transports routiers ont su réaliser d'importants gains de productivité comme partout en Europe. Certains spécialistes britanniques avaient réagi en affirmant que ces projections étaient tout à fait improbables en raison de l'évolution structurelle de l'économie britannique. Tandis que d'autres, à l'inverse, estimaient qu'elles étaient bien faibles compte tenu des évolutions passées.

[34] Cet article traite des *stratégies de régionalisation des constructeurs automobiles*, mais la question formulée par les auteurs pourrait probablement être étendue à d'autres secteurs.

D'après les auteurs, le défaut de ces projections tient principalement au fait que le DOT ne s'intéresse pas aux causes de l'évolution des trafics, et au fait qu'elles reposent sur l'hypothèse que les trafics routiers, mesurés en tonnes-kilomètres, et le PIB sont parfaitement corrélés. Ils estiment donc que non seulement il n'est pas possible d'effectuer raisonnablement une extrapolation des tendances passées, mais que de plus les tonnes-kilomètres et le PIB indiquent précisément une certaine distorsion dans leurs évolutions respectives, depuis la fin des années 80. Ces variables semblaient, cependant, parfaitement corrélées sur les vingt années précédentes en Grande-Bretagne, comme dans beaucoup d'autres pays d'Europe de l'Ouest, excepté sur certaines périodes en particulier pour la France (voir introduction). Ces évolutions récentes doivent, d'après leur analyse, trouver leurs causes ailleurs que dans celles qui avaient pu être identifiées par le passé, telles les transformations des structures productives. La croissance plus forte des tonnes-kilomètres, comparativement à celle du PIB, semble correspondre aux évolutions des systèmes logistiques, c'est-à-dire à celles des systèmes de production et de distribution.

Les tendances récentes des organisations logistiques, exposées précédemment, ont en effet pu être mises en cause de diverses manières. D'une part, dans la croissance des flux mesurés en tonnes-kilomètres, en raison d'un allongement des distances avec la concentration et la spécialisation des activités de production, ainsi qu'avec la centralisation des structures de distribution, en particulier à un niveau paneuropéen. Le projet de recherche européen Redefine a ainsi montré, pour cinq pays d'Europe[35], qu'une part importante de l'augmentation des tonnes-kilomètres entre 1985 et 1995, parfois plus du tiers, pouvait être attribuée à l'allongement des distances. L'un des objectifs de ce projet de recherche était en effet de déterminer les causes de la croissance des trafics routiers de marchandises, en relation avec l'évolution des systèmes de production et de distribution.

La mesure des tonnes-kilomètres peut être également influencée par les tonnes chargées, dans la mesure où celles-ci mettent directement en cause le nombre de liaisons de transport à l'intérieur du système de production, avec notamment le phénomène de la division du travail.

[35] Allemagne, France, Grande-Bretagne, Pays-Bas et Suède (projet coordonné par le centre d'études et de recherche néerlandais NEI).

De manière générale, la mesure des tonnes chargées est influencée par le nombre de liaisons de transport à l'intérieur du système de production comme de distribution. Elle peut augmenter avec la division du travail, mais elle peut aussi diminuer avec d'une part la concentration éventuelle des sites de production, et avec d'autre part la concentration des structures de distribution et la réduction du nombre de niveaux de distribution. De fait, ces tendances opposées dans les organisations logistiques peuvent être mal identifiées avec la mesure des tonnes chargées. Par ailleurs, les opérations de groupage et dégroupage des opérateurs de transport entraînent toujours nécessairement des comptes multiples. A.C. McKinnon et A. Woodburn ont ainsi utilisé le ratio appelé *handling factor* pour analyser un secteur spécifique, celui de l'alimentaire et des boissons (1996). Ce ratio correspond aux tonnes (chargées) divisées par le poids des produits consommés ou exportés, et doit permettre d'identifier l'évolution du nombre de liaisons de transport à l'intérieur du système logistique. Le projet Redefine s'est inscrit dans la même démarche, et a également proposé de calculer ce ratio tous secteurs confondus pour les cinq pays d'Europe, le considérant comme l'une des causes sous-jacentes de l'évolution des trafics routiers. Cependant, les résultats sont assez contrastés selon les pays et posent la question de tendances d'organisation différentes entre pays (ou plus probablement d'un certain décalage dans les évolutions), mais ils posent aussi la difficulté du calcul d'un tel ratio à partir des données disponibles.

Du point de vue des trafics mesurés en véhicules-kilomètres, ceux-ci sont influencés d'une part par les distances, qui tendent à augmenter, et d'autre part par l'utilisation des véhicules (taille et taux de chargement). Pour ces derniers, les pratiques en juste-à-temps ont été souvent mises en cause, puisqu'elle visent à diminuer la taille des envois tout en augmentant leur fréquence. Pourtant encore une fois elles ne se reflètent pas nécessairement dans les mesures statistiques, car d'autres tendances conduisent à l'inverse à massifier les flux. Ces tendances sont celles qui conduisent à la concentration des activités et qui permettent de grouper les envois dans le réseau de distribution. Par ailleurs, l'organisation des opérateurs de transport vise également largement à massifier l'ensemble des flux de transport. L'évolution des trafics terrestres ne correspond pas ainsi nécessairement à l'explosion qui aurait pu être attendue compte tenu de la croissance de la part du mode routier (Salini, 1997, p.40). La question de

l'évolution des trafics terrestres mérite probablement d'être analysée sous l'angle des organisations logistiques d'une part, du point de vue du chargeur, mais également à un autre niveau, c'est-à-dire du point de vue de l'organisation des opérateurs de transport. Ces derniers ont su faire preuve jusqu'à présent d'une grande capacité d'adaptation aux évolutions de la demande des chargeurs.

Enfin, nous pouvons préciser qu'une certaine réduction des distances de transport pouvait être attendue du fait des organisations en juste-à-temps entre les industriels et leurs fournisseurs ; puisque celles-ci nécessitent des temps de transport fiables, et que la congestion va croissante dans certaines régions industrielles. Cependant, la baisse relative de ces distances a probablement été largement compensée par les hausses, et indépendamment de ces pratiques les enquêtes montrent que la part internationale des approvisionnements ne cesse de croître (A.T Kearney, 1999, p.7).

Nous proposons, avec les deux diagrammes suivants, un résumé des grandes tendances d'évolution des systèmes logistiques, telles qu'elles ont été exposées, et parallèlement les incidences possibles sur les flux de transport.

Les grandes tendances dans les organisations des systèmes de production et de distribution en Europe de l'Ouest

Quelques grandes tendances en Europe de l'Ouest	affectant l'organisation du:	Horizon de temps:
• Délocalisation de certaines unités de production • Concentration des moyens de production • Mise en place d'unités de production spécialisées (type mono-produit) dédiées à des régions paneuropéennes • Développement de la sous-traitance et des étapes de production intermédiaires	**sous-système de production**	**Long terme**
• Croissance et concentration de la grande distribution • Mise en place de structures de distribution paneuropéennes	**sous-système de distribution**	**Moyen terme**
• Structures de distribution plus centralisées • Généralisation des pratiques en juste-à-temps		**Court terme**

SYSTEME LOGISTIQUE

Evolution des organisations des systèmes de production et de distribution : incidences attendues sur les flux de transport

Incidences attendues sur les flux de marchandises	des tendances affectant l'organisation du:	à mesurer en:
• Croissance des transports internationaux • Augmentation des transports inter-industries • Augmentation des distances moyennes de transport • Massification des flux	**sous-système de production**	**Tonnes (chargées)** **Tonnes-km** **Véhicules-km**
• Diminution du nombre de transports (liaisons à l'intérieur du réseau de distribution) • Augmentation des distances moyennes de transport • Massification des flux • Diminution de la taille moyenne des envois, et augmentation des fréquences	**sous-système de distribution**	**Tonnes (chargées)** **Tonnes-km** **Véhicules-km**

SYSTEME LOGISTIQUE

2 La nécessité d'une approche systémique du rôle des coûts de transport

En partant de statistiques des trafics routiers, A.C. McKinnon et A. Woodburn ont montré qu'une analyse des causes de leur évolution par les systèmes logistiques était nécessaire. Ils ont aussi conclu que les statistiques n'étaient que le résultat net d'interactions complexes entre différents arbitrages, intervenant à plusieurs niveaux du système logistique (1996).

Dans cette thèse, nous proposons une démarche fondée avant tout sur la compréhension des modes d'organisation à l'origine des évolutions des flux de marchandises. Cette démarche n'est donc pas basée sur une analyse statistique, mais pourra en revanche aider à mettre en évidence les causes de certaines tendances constatées. En partant ainsi des différentes décisions, opérationnelles comme stratégiques, intervenant dans l'organisation du système logistique, nous souhaitons comprendre quel rôle jouent prix et coûts de transport sur les flux de marchandises, du point de vue du chargeur. Le système logistique étant lui-même constamment en interaction avec son environnement, il peut être influencé notamment par le biais des prix de transport sur lesquels les pouvoirs publics peuvent agir. La question est de savoir comment et dans quelle mesure une hausse peut avoir une incidence sur l'ensemble des flux de marchandises.

2.1 Quelle analyse des coûts de transport ?

La notion de coût de transport, comme le précise E. Quinet (1998, p.135-136), est très large ; puisqu'elle peut faire intervenir aussi bien le coût payé par l'usager que l'ensemble des coûts supportés par la collectivité. Ces derniers peuvent être aussi bien liés à des dépenses en matière d'infrastructures, qu'à des questions de valorisation du bruit ou de la pollution engendrés par les transports. La notion retenue dépend directement de la finalité des analyses, telles des décisions à prendre en matière d'investissements, ou par exemple, à une volonté de

mettre en place des systèmes de tarification équitables entre modes de transport. Ce thème faisait l'objet du Livre vert de la Commission des Communautés Européennes, paru en 1995, intitulé *Vers une tarification équitable et efficace dans les transports*. Il soulevait ainsi notamment la question de l'internalisation des coûts externes du transport routier ; à ce titre la politique de tarification des transports est perçue comme un outil devant contribuer au développement durable. Les finalités des analyses des coûts de transport peuvent donc être extrêmement variées.

Du point de vue du système logistique, nous nous en tiendrons à une vision relativement restreinte, puisqu'il s'agit des coûts de transport payés par le chargeur. Du point de vue de l'opérateur de transport, nous nous référerons à une notion de *prix* ou de *tarif* de transport. Cette dernière tient compte de l'ensemble des coûts d'exploitation du transporteur, personnels et matériels, mais sont également liés à son mode d'organisation. Pour cette raison, le prix de transport ne dépend pas seulement de la distance, mais également de la taille de l'envoi et du type de service (délai de transport, matériel spécifique tels les véhicules citernes, etc.). Cette notion de prix de transport est tout aussi importante pour notre analyse que celle des coûts de transport du chargeur. Non seulement elle intervient dans les coûts du chargeur, et dépend de ses propres choix en termes d'organisation logistique, mais elle est également perçue comme l'un des outils essentiels de la politique des transports.

Les arbitrages du système logistique

L'organisation du système logistique fait intervenir des décisions qui doivent être différenciées. Certaines sont en effet d'ordre stratégique, et ont une influence sur l'organisation de la production et les structures de distribution, tandis que d'autres relèvent de tendances dans les modes de distribution des marchandises, et peuvent être qualifiées d'opérationnelles. Ces décisions font intervenir différents arbitrages entre coûts, liés à la production, au stockage et au transport, ainsi qu'à la qualité de service souhaitée.

Du point de vue du donneur d'ordre, qu'il s'agisse d'un industriel ou d'un distributeur, ses décisions affectent l'organisation de ses flux de marchandises dans le réseau de distribution, en le conduisant à déterminer notamment :

- le degré de centralisation de la structure de distribution, avec le nombre de niveaux de distribution dans le réseau;
- le nombre, la situation géographique et la fonction des centres de distribution à chaque niveau de distribution;
- la taille et la fréquence des envois.

Pour un industriel, le système logistique prend également en compte les choix du système de production, qui auront aussi une incidence sur les flux de marchandises avec :

- le nombre et la localisation des sites de production ;
- la spécialisation éventuelle des sites par produit.

L'ensemble de ces décisions vont ainsi influencer les distances moyennes de transport, le nombre des relations de transport, la taille des envois, ainsi que la distance totale de transport et les opportunités de massification des flux de transport. Elles vont aussi influencer différemment coûts de transport et de stockage ; il s'agit de la notion essentielle d'arbitrage qui a été mise en avant dans les systèmes logistiques avec le modèle EOQ (Economic Order Quantity)[36], dont le principe est présenté ci-après.

L'ensemble des points qui ont été cités ici permettent de caractériser les flux de marchandises de manière générique (tels les distances, les tonnages, etc.), du point de vue du chargeur. Naturellement, les arbitrages du système logistique conduisent aussi à réaliser d'autres choix

[36] Le modèle EOQ est attribué à Arrow, Karlin et Scarf, 1958, et à Magee et Boodman, 1967.

telle la sous-traitance de certaines opérations logistiques (transport, manutention, entreposage, etc.). En cherchant à caractériser les flux de marchandises de manière générique, la question du choix modal n'a pas été évoquée, et elle ne sera pas traitée dans le cadre de la modélisation, mais tous les modes terrestres pourront être a priori envisagés. Le traitement de la question du choix modal est une question relativement complexe, qui relève d'autres travaux (voir notamment la thèse de F. Jiang, 1998). De plus, le choix modal intervient en quelque sorte *en aval* de l'organisation logistique, compte tenu des caractéristiques de l'envoi et du niveau de service requis pour la prestation de transport.

Le principe du modèle EOQ et ses développements

La notion des arbitrages intervenant dans le système logistique a été introduite par le modèle EOQ. Une vaste majorité des modèles actuels s'intéressant à l'organisation logistique sont des modèles d'optimisation basés sur ce principe (McCann, 1998, p.51). A l'origine, ce dernier consistait à déterminer la quantité optimale de commande permettant de minimiser la somme du coût de processus de commande et du coût de stockage. Il a ainsi introduit la notion de l'optimum du coût logistique total, constitué par des coûts évoluant en sens inverse. Le coût du processus de commande tient compte aussi bien des coûts liés à la facturation, que d'une éventuelle adaptation des moyens de production à la commande (notion de série de production lorsqu'une unité fabrique plusieurs sortes de produits).

Soit une firme achetant une quantité q de biens sur une période de temps donnée, à un prix unitaire p, le coût du processus de commande étant s, et i le coût de stockage exprimé proportionnellement à la valeur du produit[37], le modèle EOQ donne l'équation suivante pour les coûts logistiques :

$$C=\frac{qs}{T}+\frac{ipT}{2} \quad \text{(modèle EOQ)}$$

[37] Ce mode de valorisation du stock fait référence à la notion de valeur intrinsèque des stocks, qui est détaillée en deuxième partie.

Les coûts liés au processus de commande diminuent lorsque la taille de la commande T augmente, tandis que les coûts de stockage augmentent (le stock moyen correspondant à la moitié de la commande reçue). Le modèle EOQ donne donc la valeur optimale T*, définie comme la quantité optimale de commande, lorsque la dérivée première s'annule :

$$T^*=\sqrt{\frac{2qs}{ip}}$$

Le principe du modèle EOQ repose donc sur le fait que le coût logistique total est constitué de coûts évoluant en sens inverse ; et de fait, l'organisation logistique ne peut viser à minimiser les coûts indépendamment les uns des autres sous peine d'augmenter le coût logistique total.

Depuis d'autres types d'arbitrages ont été mis en avant dans l'organisation du système logistique, et tout particulièrement ceux faisant intervenir les coûts de transport. Cependant, ils ont souvent été introduits le plus souvent comme une part de la constante du coût de processus de commande, or selon les problèmes adressés il est apparu que la distance et la taille de l'envoi avaient une influence essentielle. Les modèles d'optimisation s'intéressant à la localisation des sites de production ou de distribution introduisent généralement la distance sous la forme d'un coût fixe à la tonne-kilomètre (voir par exemple Das et Tyagi, 1997 ; McCann, 1998, Chapitre 3). Le modèle EOQ prenant alors la forme suivante, avec v le coût de transport exprimé à la tonne-kilomètre (la quantité de produit q étant exprimée en tonnes) :

$$C=\frac{qs}{T}+\frac{ipT}{2}+dvq$$

Mais il apparaît dans cette équation que les coûts de transport ne sont pas fonction de la taille de l'envoi T.

Blumenfeld et al. (1985) ont alors proposé, dans une extension du modèle EOQ s'intéressant à des questions d'itinéraires entre des points origines et destinations, d'introduire les coûts de transport sous la forme d'un coût fixe f par envoi. Ce coût fixe est estimé a priori en fonction du prix moyen pour un chargement complet, et est indépendant de la taille de l'envoi. Par

conséquent, le coût unitaire (par produit) est égal à ce coût fixe f divisé par la taille de l'envoi T, faisant ainsi apparaître un coût unitaire de transport décroissant avec la taille de l'envoi. En ne tenant pas compte du coût de processus de commande, le coût logistique par produit s'exprime alors ainsi (en supposant dans cette équation que T est inférieure au chargement complet) :

$$C=\frac{f}{T}+ip(\frac{T}{q}+m)$$

On remarque, dans cette équation, que les coûts de stockage ne sont pas divisés par 2, car le stock moyen est valorisé au point de départ et d'arrivée (pour effectuer une expédition de taille T, il faut *attendre* d'avoir produit T et donc le stock moyen de départ sera équivalent au stock à destination). Par ailleurs, les auteurs ont aussi ici valorisé le stock lorsqu'il circule, il s'agit du coût de stockage correspondant à la durée *m* moyenne de transport. La taille optimale T* étant donnée lorsque la dérivée première s'annule, il vient :

$$T^*=\sqrt{\frac{fq}{ip}} \qquad \text{(pour T* inférieure au lot complet)}$$

Nous ne développerons pas plus les modèles d'optimisation basés sur le principe du modèle EOQ, car ils sont extrêmement variés (voir notamment toutes les contributions récentes figurant dans *Advances in Distribution Logistics*, 1998) ; néanmoins deux éléments relatifs à l'analyse des coûts de transport du point de vue du chargeur doivent être retenus. Quels que soient les modèles, les coûts de transport sont rarement considérés comme une variable fonction de la taille de l'envoi. Or nous considérons que la taille de l'envoi doit être considérée comme telle car les modes de tarification font apparaître des variations importantes, correspondant aux modes d'organisation des opérateurs, ce dont les chargeurs tiennent compte. Il est, par ailleurs, admis que le transport routier de marchandises présente des rendements croissants non seulement sur la distance, mais également sur le chargement moyen (Quinet, 1998, p.164). Cet élément essentiel de la taille de l'envoi est développé dans la deuxième partie, avec la conception du modèle.

Par ailleurs, les modèles s'intéressant au système logistique sont principalement des modèles d'optimisation qui traitent par exemple du degré optimal de centralisation d'un réseau de distribution, c'est-à-dire liés à la structure des réseaux, ou encore à des problèmes opérationnels, liés par exemple aux itinéraires. En d'autres termes, les décisions faisant intervenir les coûts de transport sont toujours traitées indépendamment les unes des autres, de sorte que les points cités précédemment sont analysés indépendamment les uns des autres. Or par exemple, les stocks moyens du réseau de distribution dépendent non seulement du nombre de centres de stockage, donc de la structure même du réseau, mais également de la taille et de la fréquence des envois à l'intérieur du réseau, c'est-à-dire de choix opérationnels. Il semble donc indispensable que le rôle des coûts de transport, participant à ces arbitrages, soit traité dans l'ensemble de l'organisation logistique, et selon une vision systémique comme le souligne le développement suivant.

Les coûts de transport : cause ou résultat de l'organisation logistique?

L'organisation logistique est maintenant perçue comme un système, et non plus seulement comme une chaîne. Depuis l'approvisionnement des matières pour la production, jusqu'à la distribution finale, elle fait intervenir diverses activités, parmi lesquelles les opérations de stockage et de transport. L'organisation résulte d'un certain nombre d'arbitrages évoqués précédemment, entre coûts de production, de transport et de stockage, mais aussi de niveau de service. Elle fait intervenir des décisions de court terme, opérationnelles, et des décisions de moyen et long terme, stratégiques, relatives à la sous-traitance de certaines activités, au nombre et à la localisation des centres de stockage, etc. Tous ces éléments constituent un tout et ne sont pas indépendants les uns des autres. A titre d'exemple, la centralisation des structures de distribution augmentera certes les distances moyennes à parcourir, mais aura également des incidences sur les niveaux de stockage, la massification éventuelle des envois. De fait, elle pourra aussi influencer taille et fréquence des expéditions entre deux niveaux du réseau, sachant que la taille de l'envoi a une incidence directe sur les tarifs de transport et également sur les stocks moyens.

Il semble donc que le rôle des coûts de transport et l'incidence d'une hausse des prix doivent être analysés dans l'ensemble de ce système, et non pas uniquement sur la base de décisions prises indépendamment les unes des autres comme c'est généralement le cas. En d'autres termes, les coûts de transport doivent être considérés, du point de vue du chargeur, comme le résultat de l'organisation de la production et de la distribution. Dans le même temps, ils sont influencés par les prix de transport, sur lesquels les pouvoirs publics ont les moyens d'agir, et de fait interviennent également dans les décisions à l'origine de l'organisation logistique. La *faiblesse* relative des prix du transport routier est ainsi souvent perçue comme un élément de fondement des organisations logistiques, de production et de distribution, c'est-à-dire comme étant la cause de la consommation accrue des transports.

Le coût de transport ne résulte donc pas simplement d'un prix que doit supporter le chargeur, il est en mesure d'agir sur son montant. Cette constatation aussi simple soit-elle montre la complexité de la notion de coût de transport pour le chargeur, et l'enjeu qu'il peut revêtir.

2.2 Quelques éléments sur la vision systémique et la dynamique des systèmes

Cette sous-section a pour objet d'introduire la modélisation en dynamique des systèmes, en mettant principalement en avant l'origine de cette démarche, à savoir une perception de la réalité sous une forme systémique mettant en œuvre des mécanismes de rétroaction.

Tous les auteurs actuels d'ouvrages consacrés à la dynamique des systèmes proposent des comparaisons entre cette démarche et d'autres techniques de modélisation ; et régulièrement ce sujet fait l'objet de débats parmi les utilisateurs de la dynamique des systèmes (qui utilisent en outre le plus souvent aussi d'autres techniques[38]). L'un des points le plus souvent avancé est le fait que la dynamique des systèmes permet de représenter des systèmes d'équations

[38] Voir à titre d'exemple *The Unavoidable A Priori*, de D.H. Meadows (1980), qui propose une comparaison entre la dynamique des systèmes et l'économétrie ; ou encore l'article récent de P. Salini (1999).

différentielles non linéaires d'ordre n. Cette notion de non linéarité des relations est essentielle en dynamique des systèmes puisqu'on considère qu'elle est à l'origine de nombre de comportements complexes observés dans la réalité, or elle pose des problèmes d'un point de vue analytique.

Néanmoins, ces considérations qui peuvent être qualifiées de techniques méritent d'amples développements et sont traitées dans des ouvrages tel *Business Dynamics* (Sterman[39], 2000), considéré actuellement comme l'une des références dans ce domaine. Cependant, elles ne doivent pas éclipser le fait que la modélisation en dynamique des systèmes repose essentiellement sur une conception systémique de la réalité. De fait, elle a avant tout une vocation forte dans la compréhension des phénomènes, et conduit à considérer qu'elle constitue une approche propre, s'adressant à des questions spécifiques.

Comme l'a déjà souligné son fondateur, Jay W. Forrester, les modèles de dynamique des systèmes n'ont pas pour objet de déterminer des situations optimales, mais de répondre à des questions du type *Que se passerait-il si … ?*. Le mode de formulation même de la question souligne ainsi l'importance donnée à la compréhension des phénomènes. Ce type de modèle doit ainsi permettre de tester des hypothèses qui n'auraient jamais été observées par le passé, ou en d'autres termes des conditions auxquelles le système n'a encore jamais été soumis. Pour ce faire, la dynamique des systèmes met en avant l'aspect explicatif plutôt que descriptif du modèle, sur la base d'une représentation du comportement des acteurs essentiels du système (Bossel, 1994, p.44). La modélisation en dynamique des systèmes peut être ainsi utilisée comme une sorte de laboratoire permettant d'expérimenter des scénarios divers et éventuellement complexes.

Enfin, il est utile d'ajouter que la modélisation en dynamique des systèmes est née il y a pratiquement 50 ans, et bien qu'elle ait connu un succès certain suite aux travaux menés conjointement avec le Club de Rome (voir *World Dynamics*, 1971, puis *The Limits to Growth*,

[39] John D. Sterman est professeur de management à la Sloan School of Management du Massachusetts Institute of Technology (MIT), et dirige les travaux du groupe de dynamique des systèmes du MIT.

1972[40]), elle demeurait il y a encore peu lourde à utiliser en raison des outils informatiques disponibles. Avec le développement récent d'ordinateurs personnels puissants, elle suscite un regain d'intérêt important.

L'origine de la dynamique des systèmes

La dynamique des systèmes trouve son origine dans la théorie du contrôle (ou de la commande) et de la communication, domaine qui a été appelé *cybernétique* en 1948 par son fondateur Robert Wiener. Ce mathématicien a développé la première cybernétique au cours de travaux qu'il a menés au MIT pendant la seconde guerre mondiale, portant sur la mise au point de mécanismes de contrôle automatique pour des dispositifs militaires. le terme de cybernétique a été formé à partir du mot grec *kubernêsis* signifiant littéralement *action de manœuvrer un bateau*, et au sens figuré *action de diriger, de gouverner*[41]. Sans développer la cybernétique qui a donné de nombreuses applications dans des disciplines aussi variées que la biologie ou l'intelligence artificielle, nous en retiendrons le principe essentiel des mécanismes de rétroaction, qui d'après Wiener, ont été explicités pour la première fois par Maxwell dans un article datant de 1868 (*in* Clergue, 1997, p.34-35). Les mécanismes de contrôle sont en effet basés sur la rétroaction dans laquelle l'information joue un rôle essentiel.

Cette science permet ainsi l'étude des mécanismes homéostatiques, que nous proposons d'utiliser ici afin d'illustrer un mécanisme de rétroaction négative. L'homéostasie provient du grec *homoios*, semblable, et *stasis*, état ou position, et désigne tous les *mécanismes de régulation des fluctuations de la physiologie d'un organisme*. Sous l'effet de conditions extérieures, un organisme peut subir des variations internes qui entraînent des phénomènes de régulation afin de rétablir son état initial. Pour ce faire l'organisme, dont l'état est caractérisé par un équilibre dynamique, fait intervenir des mécanismes de rétroaction. En d'autres termes,

[40] On trouve aujourd'hui l'ouvrage *Beyond the Limits* édité en 1992, et écrit par trois des mêmes auteurs (Meadows et al.).
[41] Les définitions de cette sous-section proviennent de l'encyclopédie Universalis (1999) et Encarta (2002).

l'état du système met en œuvre des forces qui, elles-mêmes en agissant sur le système, en modifient son état. Naturellement, dans le cas particulier de l'homéostasie, les boucles de rétroaction sont dites négatives puisqu'elles visent toujours à retrouver le même équilibre. il s'agit ici d'un mécanisme de régulation, ces boucles sont aussi appelées régulatrices ou stabilisatrices. Dans la plupart des systèmes, il existe également des boucles de rétroaction positives caractérisées par des comportements dits explosifs ou implosifs, tels en économie les cercles vertueux ou vicieux.

Durant la seconde guerre mondiale, J.W. Forrester travaillait au MIT sur les servomécanismes (terme s'appliquant aux machines par analogie avec l'homéostasie), le conduisant à vouloir se consacrer par la suite aux systèmes asservis (*feedback control system*). Se tournant un peu plus tard également vers des questions de management avec l'ouverture de la Sloan School of Management au MIT, il est parvenu à créer le premier modèle de dynamique des systèmes en cherchant à résoudre un problème posé par une personne de General Electric (GE). La représentation puis la simulation réalisée sur papier, selon les principes qui ont conduit à la dynamique des systèmes, se sont révélées être un outil efficace. Elles lui permirent de comprendre pourquoi certaines usines de GE étaient soumises à des phénomènes cycliques, et d'aboutir à la conclusion que le management qui visait à éviter ces phénomènes en était aussi à l'origine, car il créait un système instable et potentiellement oscillatoire.

Son premier écrit sur la dynamique des systèmes date de 1958, il s'agit d'un article paru dans la *Harvard Business Review*, et qui est devenu le deuxième chapitre de son premier ouvrage sur le sujet *Industrial Dynamic*s (1961). A l'origine en effet, la dynamique des systèmes s'appelait *dynamique industrielle* et s'est étendue peu après en s'appliquant bien plus largement, notamment au domaine des sciences sociales avec *Urban Dynamics* (1969). Cet ouvrage fût en fait le premier à avoir un certain retentissement. Il provoqua toutefois des réactions assez vives car les résultats, contre intuitifs, indiquaient que les politiques d'urbanisation des grandes villes américaines se révèleraient très préjudiciables d'un point de vue économique et social. Le véritable problème, d'après J.W. Forrester, est qu'il n'avait pas été à même de relever le défi consistant à faire passer, à suffisamment de personnes, la

barrière qui sépare la vision habituelle et statique du monde vers une compréhension d'ensemble des dynamiques complexes[42]. Ce qui d'une certaine manière a pu probablement se réaliser avec les travaux réalisés en lien avec le Club de Rome. D'après J.W. Forrester, certaines tendances récentes en dynamique des systèmes tentent ainsi à modifier ces modèles de représentation mentale du monde.

Vision systémique et dynamique des systèmes

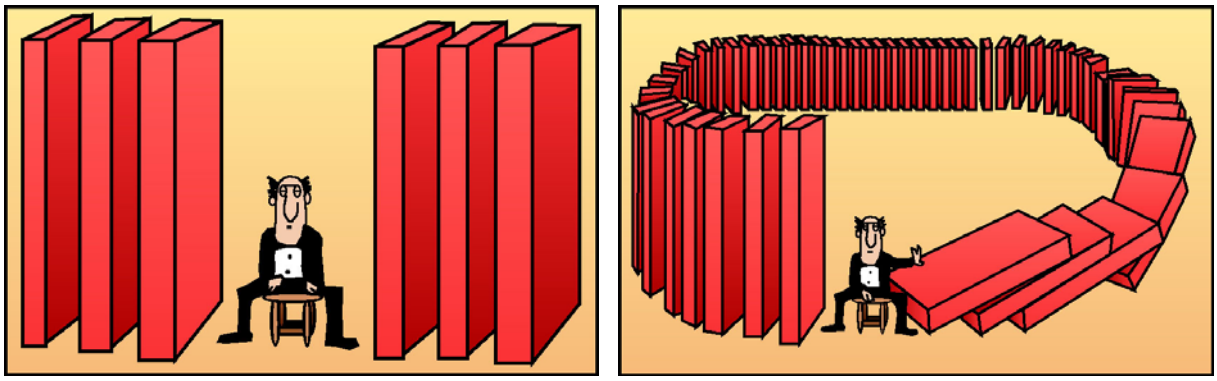
Le système est perçu comme un ensemble finalisé composé d'éléments qui interagissent entre eux, et il résulte du système des propriétés qui ne peuvent pas être analysées et ne se retrouvent pas dans les sous parties du système (Clergue, 1997, p.18). L'étude des systèmes complexes nécessite ainsi, pour en appréhender le fonctionnement, modélisation et simulation.

La modélisation en dynamique des systèmes distingue d'une part la structure du système, et d'autre part le comportement dynamique qui en résulte. La modélisation permet précisément de simuler ce comportement, dont la structure et les relations entre variables qui le composent peuvent être représentées sous forme de diagrammes d'influence. La formalisation du modèle conduit ensuite à distinguer les variables selon trois sortes. Les variables de stock ou d'accumulation sont celles qui caractérisent l'état du système à chaque instant, ce sont aussi celles qui génèrent l'information sur laquelle décisions et actions sont basées (Sterman, 2000, p.192). Les variables de flux traduisent les effets des forces qui agissent sur l'état du système, enfin les variables auxiliaires peuvent être des constantes, des paramètres, comporter des relations logiques ou même des fonctions (permettant notamment d'introduire des relations non linéaires).

[42] […] *we have not solved the challenge of how to bring enough people across the barrier separating their usual, simple, static viewpoint from a comprehensive understanding of dynamic complexity* (Forrester, 1989).

Les forces en présence modifient l'état du système qui, elles-mêmes, peuvent être modifiées par l'évolution de l'état du système. Ces phénomènes rétroactifs font intervenir des boucles multiples, négatives et positives, des relations non linéaires, et le plus souvent des délais ou retards qui augmentent la complexité d'évolution du système. Cette complexité est souvent à l'origine d'une mauvaise perception intellectuelle des phénomènes et de leurs conséquences, ou plus exactement d'une perception partielle. Nous avons, en effet, souvent tendance à ne considérer que les conséquences immédiates des événements ; le dessin suivant en propose une illustration. Ce personnage va subir les mésaventures d'une perception réductrice et à court terme de son acte, il pousse le premier domino parce qu'il se sent gêné et enfermé par cet élément, mais celui-ci va provoquer une réaction en chaîne…

Perception immédiate d'un événement et retard dans ses effets



Dessin réalisé par N. Galéa (INRETS-DEST), sur un modèle figurant dans un article de J. Morecroft et A. Van Ackere (1997)

Dans la réalité, les conséquences des événements sont naturellement bien moins évidentes, et parfois contre intuitives en raison de la complexité des influences exercées par les différentes boucles de rétroaction. L'évolution d'un système est difficile à appréhender intellectuellement, et nécessite pour en comprendre le comportement de recourir à des modèles, dont les simulations sont l'occasion de tester maints scénarios.

Appliquée aux transports, la dynamique des systèmes est l'occasion d'apporter une démarche différente par rapport aux techniques plus classiques de modélisation. Elle permet

principalement d'offrir d'autres perspectives en matière de prospective des transports, dont les simulations relèvent du long terme. En outre, elle permet de représenter des processus de décision et des comportements, en tenant compte notamment de variables de nature qualitative et non pas seulement quantitative. Elle reste encore largement à explorer dans le domaine des transports ; certaines applications sont présentées ci-après.

3 Les modèles de transport de marchandises en dynamique des systèmes

Il existe, actuellement, peu de travaux de modélisation en dynamique des systèmes s'intéressant aux questions de prospective du transport de marchandises à un niveau européen. Un certain nombre de travaux ont été néanmoins menés dans ce domaine par IWW[43], à l'Université de Karlsruhe en Allemagne, sous la direction de W. Rothengatter. En particulier, un modèle a été développé dans le cadre du projet de recherche européen ASTRA du 4ème PCRD de la Commission Européenne, et s'applique à la fois au transport de personnes et de marchandises. Ce dernier, coordonné par IWW, a été réalisé avec les partenaires européens suivants : TRT, ME&P et CEBR[44].

En France, le modèle SIMTRANS (appliqué à la France), a été développé récemment par P. Salini et M. Karsky, dans le cadre d'un projet aidé par le PREDIT2. P. Salini avait souligné quelques années auparavant l'utilité que pourrait revêtir, pour la politique des transports, une approche de type systémique dans le domaine de la modélisation des transports. Notamment du point de vue des préoccupations environnementales et énergétiques, une telle représentation permettrait de tester réellement l'incidence d'évènements ou de mesures telles une hausse des prix, de la congestion, et d'envisager quels éléments seraient à même d'agir comme des régulateurs (1995, p.172-175).

Enfin nous mentionnerons l'existence d'un modèle néerlandais appelé SMILE qui, bien que n'étant pas un modèle de dynamique des systèmes, relève d'une vision systémique. Cette section propose donc de présenter les démarches et les objectifs poursuivis dans le cadre de ces travaux respectifs.

[43] Institut für Wirtschaftspolitik und Wirtschaftsforshung (Institute for Economic Policy and Research).
[44] Trasporti e Territorio Srl, Milan ; Marcial Echenique & Partners Ltd, Cambridge ; Centre for Economics and Business Research Ltd, Londres.

3.1 Le modèle SIMTRANS

Le modèle SIMTRANS est défini comme un modèle de prospective des transports de marchandises en France à l'horizon 2020, et présenté comme un outil réalisé à la fois *dans un but de prospective, de compréhension et d'analyse raisonnée de scénarios divers* (Karsky et Salini, 1999, p.47). Selon son usage, il relève soit d'un outil pédagogique pour lequel des scénarios dits simplifiés ont été prévus, soit d'un outil de réflexion pour lequel une infinité de scénarios et d'hypothèses doit pouvoir être testée.

Le modèle SIMTRANS est donc un modèle macroéconomique, construit dans le but de pouvoir réaliser des scénarios de long terme. Il repose principalement sur une confrontation de l'offre et de la demande de transport, entre lesquelles existent des interactions considérées comme fondamentales. L'offre de transport est en effet distinguée par mode terrestre, et fait intervenir d'une part une capacité de transport en termes de tonnes-kilomètres offertes, et d'autre part un prix ainsi que des critères qualitatifs relatifs à des notions de niveau de service. L'offre doit ainsi permettre de tenir compte de paramètres qualitatifs, jugés comme déterminants dans la compétition modale. Par ailleurs, la demande de transport résulte de l'évolution de la demande de biens, décomposée en sept segments, et distinguée chaque fois selon une demande intérieure et extérieure. Ces demandes de biens sont ensuite traduites en quelque sorte en demandes de transport, présentant des caractéristiques spécifiques en termes de distance ou encore d'évolution du rapport poids-volume. Sans détailler ici la construction du modèle, qui représente plusieurs centaines de variables, nous noterons que les coûts de transport sont exogènes du fait qu'ils résultent de scénarios économiques et sont influencés par les politiques de transport (ils peuvent également être influencés par des hypothèses relatives à des évolutions techniques ou de productivité des modes). En revanche, les prix de transport sont endogènes, ils résultent à la fois du marché (comparaison offre-demande), de l'évolution des coûts et de la marge recherchée. Les prix interviennent ainsi dans la concurrence entre modes.

Dans cette modélisation, les éléments spécifiques et essentiels relatifs à la dynamique des systèmes, telles les nombreuses boucles de rétroaction intervenant dans le système des transports, les questions d'influences et de relations non-linéaires entre variables ainsi que l'importance des délais, ont été mis en avant dans le choix de cette approche. Outre ceux-ci, deux aspects ont également été mis en évidence par les modélisateurs. D'une part, la prise en compte d'éléments qualitatifs dans l'offre de transport, et de fait dans le choix modal, qui ainsi *met délibérément le doigt sur la différence majeure entre l'approche économétrique et l'analyse des systèmes* (p.46), et d'autre part la possibilité de réaliser des scénarios complexes et variés.

3.2 Présentation du projet ASTRA

Le projet ASTRA a débuté en 1997 et s'est achevé fin 2000. L'objectif principal de ce projet était de réaliser un outil permettant d'analyser, à long terme, les incidences de la politique commune des transports. Il s'agit donc d'un modèle qui traite aussi bien du transport de personnes que de marchandises à un niveau européen, et dont les analyses doivent permettre d'évaluer les politiques du point de vue d'un développement durable. Ce dernier relève nécessairement d'une vision de long terme, et concerne divers systèmes en interrelation à savoir le système social, économique, environnemental et technologique (rapport final, 2000, p.8).

Partant du principe que les prévisions de trafics sont le plus souvent basées sur des modèles à quatre étapes (génération, distribution, choix modal et affection de trafic), tous les phénomènes de rétroaction affectant le système des transports sont généralement négligés (Kuchenbecker et Rothengatter, 1998). Dans le projet ASTRA, deux types de rétroaction ont clairement été mis en évidence, avec d'une part celles qui sont inhérentes au système des transports, et d'autre part celles qui résultent d'interactions entre le système des transports et d'autres systèmes complexes, tels la société, l'économie et l'environnement. A titre d'exemple, la création d'une nouvelle infrastructure dans une zone suburbaine pourra non

seulement induire un nouveau trafic, mais aura aussi des conséquences sur la structure de la population concernée et l'économie régionale. Non seulement ce développement induit également un nouveau trafic, mais il a nécessairement une incidence sur les déplacements du point de vue des destinations ou du choix modal. Le système des transports de personnes et de marchandises constitue ainsi un système complexe dont certains déterminants essentiels relèvent du long terme, telle la construction d'un infrastructure. Certains modes de vie font également partie de ces déterminants de long terme, tel le souhait de vivre dans des zones suburbaines ou en centre ville, tandis que d'autres déterminants, tout aussi importants, relèvent du court ou du moyen terme. Il peut s'agir, entre autres, de l'incidence des coûts de transport dont les effets peuvent notamment affecter le choix modal.

Le projet met ainsi en avant le fait que les approches traditionnelles divisent le monde réel en systèmes indépendants les uns les autres, afin de les étudier séparément dans les disciplines dont ils relèvent. Le modèle ASTRA, en utilisant la dynamique des systèmes, a eu donc pour objet de rétablir les relations essentielles entre ces sous-systèmes dans un système global. Les conséquences à long terme de la politique commune des transports peuvent alors être analysées sur le système des transports, et sur les autres systèmes avec lesquels il est en interrelation.

D'un point de vue pratique, le modèle ASTRA comprend d'une part une plate-forme composée de quatre sous-modules qui interagissent, et d'autre part des fonctions dites clés issues de modèles économétriques développés dans des travaux antérieurs. Il ne s'agit pas d'un modèle de dynamique des systèmes tels que ceux qui sont habituellement développés avec les logiciels standards, mais d'un système dynamique extrêmement large et intégrant des modèles développés par les différents partenaires. Les quatre sous-modules, ou modèles partiels, sont intitulés *macroeconomic*, *regional economics*, *land use* et *transport sub-modules*. Les deux premiers alimentent en input le sous-module transport et constituent les deux premières étapes d'un modèle classique à quatre étapes (génération et distribution), tandis que les deux autres étapes (choix modal et affection de trafic) sont incluses dans le sous-module transport. Enfin, ce dernier alimente en quelque sorte le sous-module environnement. Néanmoins, il ne s'agit pas d'un simple transfert de données entre chaque sous-modules, il y a effectivement rétroactions entre ceux-ci tout au long de la simulation.

A titre d'exemple, le PIB est transféré du sous-module regional economics vers le sous-module transport pour calculer la demande de transport, mais celle-ci agira par rétroaction sur le calcul du PIB.

Le modèle ASTRA introduit ainsi d'une part les résultats de modèles agrégés économétriques, et d'autre part concilie une demande de transport définie classiquement par un modèle à quatre étapes et une vision systémique dans laquelle les transports et les sous-systèmes avec lesquels il interagit prennent place.

3.3 Le modèle SMILE

Le modèle SMILE est défini comme un modèle stratégique pour le transport de marchandises et la logistique aux Pays-Bas (Tavasszy et al., 1999). Il a été développé conjointement par le Ministère des transports néerlandais, et les centres d'études et de recherche néerlandais NEI et TNO Inro. Bien que ce modèle ne soit vraisemblablement pas un modèle de dynamique des systèmes, il est conçu selon une vision systémique[45]. Il s'agit d'un modèle destiné aux décideurs publics, et qui repose sur la nécessité de disposer d'informations stratégiques sur le développement des flux de fret à long terme. Il introduit une conception systémique de l'organisation logistique et des transports, considérée comme incluant *l'ensemble des activités économiques depuis la production jusqu'à la distribution*. Il est proposé d'utiliser ainsi le modèle non seulement pour évaluer les incidences des politiques des transports sur les flux, mais également sur l'organisation logistique des firmes. La nécessité de la construction d'un tel modèle est apparue à la fin des années 90 aux Pays-Bas, pour analyser les politiques sur le long terme. Dans le même temps, il semblait que les processus d'organisation logistiques devaient également être modélisés en raison de leurs incidences sur les flux de transport, alors qu'ils sont généralement omis dans les modèles.

[45] Nous ne disposons pas de caractéristiques techniques sur la construction du modèle.

3.4 Conclusion

Actuellement, le modèle ASTRA paraît être le seul modèle de dynamique des systèmes s'intéressant à des questions de prospective du transport de marchandises en Europe. Il existe également quelques modèles récents s'adressant aux trafics de marchandises pour des pays tel SIMTRANS en France, ou encore MODUM en Suisse à l'horizon 2030 (qui traite également du transport de personnes), et ESCOT développé par IWW dans le cadre du projet EST (Environmentally Sustainable Transport) de l'OCDE, et qui s'applique aux transports de personnes et de marchandises en Allemagne à l'horizon 2030.

Tous ces travaux insistent sur les éléments fondamentaux de la dynamique des systèmes pour en justifier l'approche, à savoir les mécanismes de rétroaction nombreux dans le système des transports, les relations ou influences non linéaires, etc. Ils mettent aussi en avant le fait que nombre d'éléments d'ordre qualitatif sont souvent ignorés lorsqu'il n'est pas possible d'en tenir compte. Même s'ils nécessitent, pour les introduire dans un modèle de dynamique des systèmes, de faire appel à des modes d'évaluation en apparence subjectifs, tels des dires d'experts, ils ne seraient pourtant être ignorés à défaut de rendre la représentation du système tout à fait irréaliste. L'approche en dynamique des systèmes n'est généralement pas perçue comme une modélisation se substituant à l'économétrie, mais plus particulièrement comme une approche complémentaire et mieux adaptée à des simulations de long terme. Or ce sont ces simulations de long terme qui permettent d'appréhender complètement et d'évaluer les politiques de transport. D'autres éléments telle la souplesse d'utilisation du modèle, la possibilité de créer des interfaces conviviales, permettant de tester des scénarios de politique des transports diversifiés, sont également avancés.

Nous soulignerons aussi l'importance essentielle accordée à la démarche du point de vue du mode de raisonnement, qui oblige à réfléchir sur la structure sous-jacente du modèle à l'origine des comportements observés. La construction même du modèle et la réalisation de diagrammes d'influence conduisent souvent à découvrir, à identifier, d'autres interrelations dans le système, et à comprendre ainsi certains comportements et les conséquences à plus long terme d'événements.

Enfin nous devons noter que le modèle qui a été construit, afin de répondre à la problématique et aux objectifs de cette thèse, s'inscrit dans une approche très différente de celle proposée par les modèles macroéconomiques tels SIMTRANS et ASTRA. Il s'agit, en effet, d'un modèle microéconomique cherchant à décrire le comportement d'une entreprise, en interaction avec son environnement, et de ses conséquences sur son système logistique, et de fait sur l'organisation de ses flux de marchandises. Ce modèle ne propose donc pas de projections des trafics de marchandises, mais vise à mettre en valeur certains modes d'organisation sous-jacents et à l'origine de l'organisation des flux de marchandises. Le rôle premier est donc donné à la compréhension de l'influence des organisations logistiques sur les flux, et à l'incidence des coûts de transport dans ces organisations. Nous pensons en effet que la caractérisation des flux du chargeur, notamment en termes de distance et de massification des envois, permet d'offrir un autre regard sur les flux de transport, difficiles à analyser de ce point de vue statistiquement. Pourtant, certaines évolutions logistiques pourraient se révéler importantes dans leurs effets sur la structure future des trafics de transport, et ainsi également sur le choix modal.

Deuxième partie :
Le modèle de dynamique des systèmes
SANDOMA

SimulAtioNs Dynamiques pour un Outil d'aide à l'intelligence des flux de MArchandises

1 Conception du modèle

Dans cette première section, nous décrirons la manière dont a été conçu le modèle afin de répondre aux objectifs et au rôle qui lui ont été assignés. Le modèle étant considéré, avant tout, comme un angle de vue sur la réalité[46] dont il propose une représentation, nous en évaluerons aussi la portée et les limites. Puis dans la section suivante, la construction du modèle sera détaillée avec l'ensemble des variables qui constituent le système, les relations entre ces variables et les principales boucles de rétroaction.

1.1 Objectifs et rôle du modèle

Compte tenu du contexte scientifique et de la problématique présentés en introduction et en première partie, le modèle propose :

- d'éclairer en partie le lien complexe, mis en exergue depuis quelques années par la recherche, entre les flux de marchandises d'une part et les évolutions des systèmes logistiques d'autre part (tels qu'ils ont été définis précédemment, c'est-à-dire le système incluant l'organisation des flux depuis la production jusqu'à la distribution finale) ;
- deuxièmement, de comprendre quel rôle jouent les coûts du transport dans les différents arbitrages auxquels ils prennent part, au sein de l'organisation logistique.

Le modèle doit être utilisé comme un outil d'aide à la compréhension de cette relation complexe qui lie flux de transport et systèmes logistiques, et de manière plus générale, d'aide à l'intelligence des flux de marchandises. Les termes *d'aide à l'intelligence* renvoient à la

[46] L'expression est empruntée à un cours de J.P. Orfeuil (DEA Transport, Paris XII-ENPC).

définition de la dynamique des systèmes qui est présentée, aujourd'hui, comme une *méthode d'aide à l'intelligence des systèmes complexes* (Karsky et Paulré *in* Paulré, 1998, p.16). La notion même de système introduit les nombreuses interrelations qui existent dans les organisations, à l'origine d'évolutions parfois contre intuitives et complexes.

En décrivant des phénomènes, les simulations doivent donner au modèle sa vocation explicative et un rôle pédagogique. Il doit aider à mettre en avant les mécanismes à l'origine des évolutions constatées, et également, plus spécifiquement dans le cas de ce modèle, à interpréter certaines tendances que peuvent sous-tendre les diverses mesures des flux de transport.

Ce modèle propose, avant tout, une approche complémentaire et différente de celle offerte par des techniques de modélisation plus classiques, utilisées en transport. Le modèle de dynamique des systèmes peut être présenté comme un modèle de type stratégique, décrivant des phénomènes, conçu pour être explicatif et permettant de tester différents scénarios et des hypothèses du type *Que se passerait-t-il si…* Il n'est pas conçu pour réaliser des projections, mais pour indiquer le sens des évolutions, peut-être mettre en avant des notions de seuils, analyser et comprendre les conséquences que pourraient avoir certaines décisions publiques.

1.2 Hypothèses dynamiques et architecture du modèle

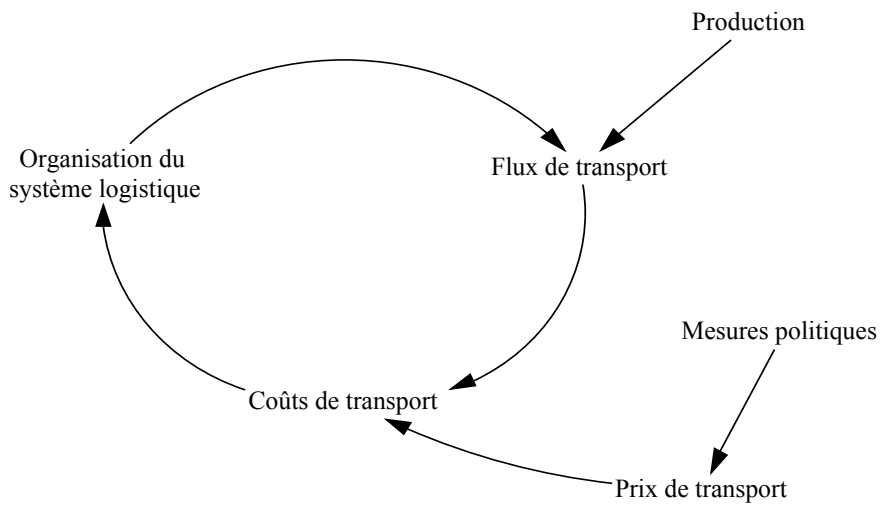
Nous allons, dans un premier temps, décrire l'architecture du modèle, c'est-à-dire les sous-systèmes qui le composent, après avoir posé les hypothèses dynamiques de base. Ces dernières ont pour objet d'identifier les boucles de rétroaction principales du modèle (sous leur forme la plus simplifiée), présumées à l'origine des évolutions constatées (Randers, 1980). Ces évolutions concernent, pour notre sujet, celles du système logistique avec ses incidences sur les flux de transport, et le rôle joué par les coûts de transport dans ces organisations. Ces hypothèses justifient la construction du modèle en dynamique des systèmes.

Les hypothèses dynamiques du modèle

Les hypothèses dynamiques reposent sur le fait que les tendances actuelles du système logistique tendent à accroître les distances moyennes de transport, à diminuer dans certains cas le nombre de liaisons transport (centralisation des réseaux de distribution), et à les augmenter dans d'autres (division du travail, augmentation de la sous-traitance). Elles reposent également sur les questions relatives à la généralisation des pratiques en juste-à-temps, qui diminuent la taille moyenne des envois, et de fait en augmentent la fréquence. Il s'agit donc de l'ensemble des évolutions du système logistique, et de ses conséquences sur les flux de transport, qui ont été résumées dans les diagrammes de la section précédente.

Ces hypothèses s'appuient enfin sur le rôle que peuvent jouer les coûts de transport dans l'évolution des organisations logistiques, et dont le principe de base peut être représenté par le diagramme suivant.

Premier diagramme d'influence de base du modèle

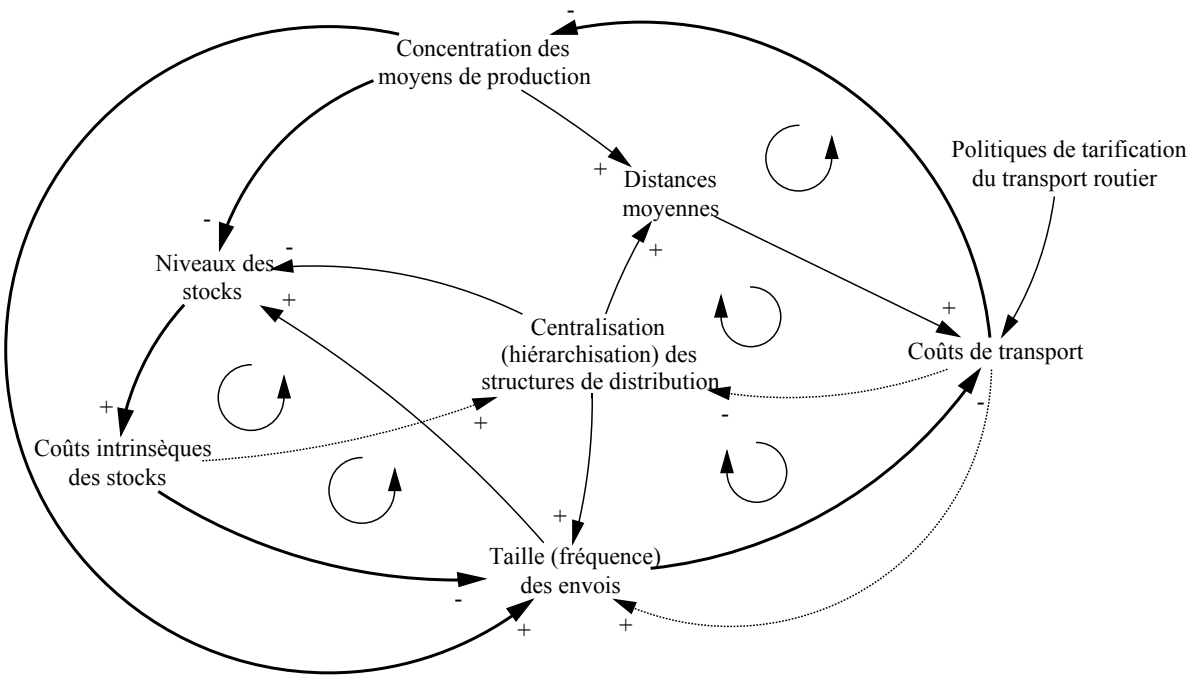


Ce diagramme n'est, cependant, pas satisfaisant car, d'une part, il ne différencie pas les diverses tendances d'évolution du système logistique, à considérer dans le modèle, et d'autre part il n'est que par trop simpliste dans sa relation avec les flux de transport. Il permet, néanmoins, de mettre en avant le rôle des coûts de transport, trop souvent analysés à un niveau de la *chaîne* logistique, et jamais selon une vision systémique. Le diagramme repose sur l'hypothèse qu'il y a rétroactions entre l'organisation du système logistique et les flux de transport, notamment par l'intermédiaire des coûts de transport.

En effet, les coûts de transport du chargeur doivent être considérés à la fois comme une variable exogène par l'intermédiaire des prix de transport, sur lesquels peuvent agir notamment les pouvoirs publics, et comme une variable endogène car ils sont aussi le résultat de l'organisation du système logistique. Ils interviennent dans des arbitrages, relevant de décisions de court et de long terme, et qui influencent directement les flux de transport. Ces arbitrages seront présentés dans les paragraphes suivants.

C'est en fait le diagramme d'influence de base suivant que nous retiendrons pour le modèle, et qui s'avère suffisamment complexe, bien que non développé, pour être retenu dans les hypothèses dynamiques. Certaines boucles ont été signalées par des flèches circulaires.

Deuxième diagramme d'influence : mécanismes de base du modèle SANDOMA



Ce diagramme présente donc les mécanismes de base des hypothèses du système, ils concernent uniquement le système logistique appelé, parfois, système logistique de distribution. Celui-ci est relatif aux flux de marchandises circulant depuis la production jusqu'à la distribution finale, et ne traite donc pas des approvisionnements des unités de production, ni des échanges inter-industriels[47].

Les signes, positif ou négatif, figurant sur le diagramme permettent d'indiquer si une variable évolue dans le même sens que celle qui l'influence. Par exemple, une augmentation de la taille de l'envoi diminue les coûts de transport, en raison de la dégressivité des tarifs. En revanche, un accroissement des distances conduit à une hausse des coûts totaux de transport.

Le diagramme est volontairement réduit, de nombreuses autres variables auraient pu être mentionnées. A titre d'exemple, une concentration des moyens de production, correspondant

[47] Cet aspect du système logistique pourrait constituer un autre modèle.

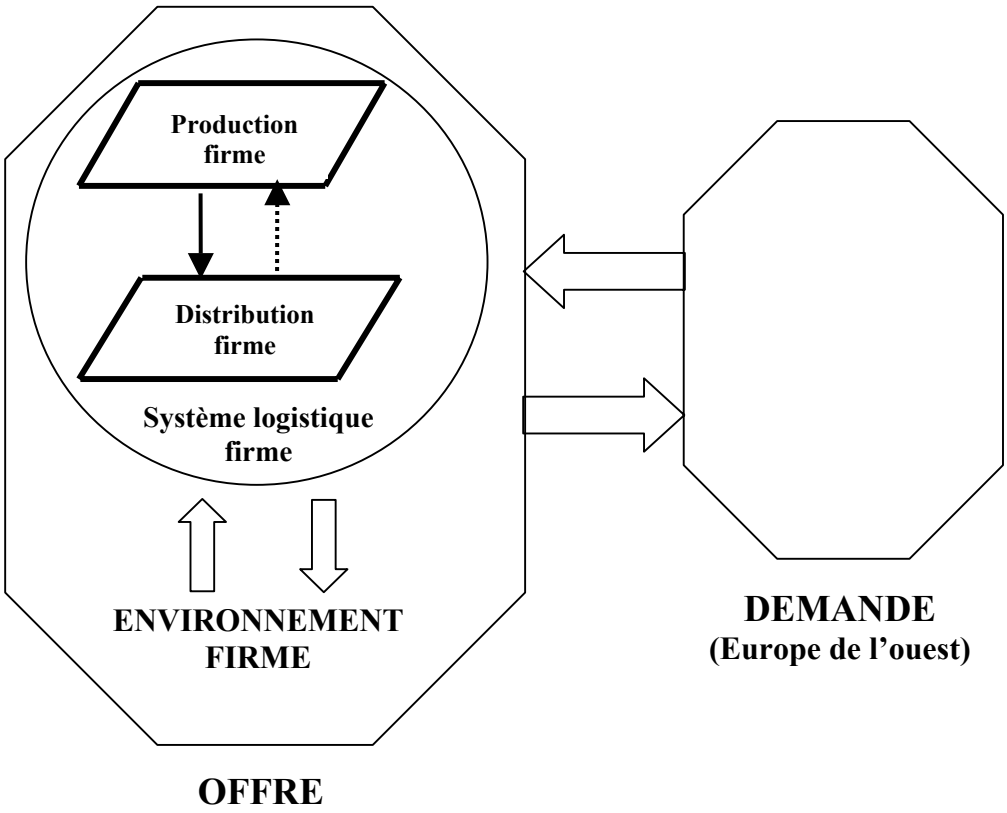
à une réduction du nombre des unités de production, a pour but de diminuer les coûts de production, grâce à des économies d'échelle. Elle doit donc influencer la valeur du produit, et par voie de conséquence la valeur des stocks (c'est-à-dire le coût intrinsèque des stocks). Ce phénomène sera naturellement représenté dans le modèle, mais il ne peut pas être considéré comme faisant partie des hypothèses dynamiques de base.

Nous pouvons noter, par ailleurs, sur ce diagramme que la concentration des moyens de production peut conduire à augmenter la taille des envois, car elle diminue le nombre de liaisons transport vers les entrepôts centraux et peut permettre ainsi une massification des envois. A l'inverse, une centralisation de la structure de distribution, c'est-à-dire une réduction du nombre de niveaux de distribution (par opposition à une hiérarchisation du réseau), par une suppression par exemple de dépôts locaux, peut empêcher une massification des flux. De fait, certaines firmes ont dû remplacer ces dépôts par des plates-formes de groupage / dégroupage, dont la vocation n'est plus le stockage mais le transit et la massification des flux. Ces évolutions correspondent à une volonté d'accélération de la circulation des flux et d'augmentation de la rotation des stocks.

Architecture du modèle

L'architecture du modèle peut être schématisée sous la forme du système logistique d'une firme, constitué par un sous-système de production et un sous-système de distribution. Il prend lui-même place dans un environnement avec lequel la firme interagit constamment, et dont le cadre va être présenté dans la sous-section suivante. L'ensemble constitue ainsi le sous-système de l'offre, lui-même en interactions avec un autre sous-système, celui de la demande.

Architecture du modèle SANDOMA



1.3 Le cadre de la modélisation : une firme dans son environnement

Le modèle de dynamique des systèmes SANDOMA propose de simuler l'évolution, pendant 25 ans, d'une firme en Europe de l'Ouest, caractérisée par un certain nombre de variables telles sa capacité totale de production ou ses parts de marché, son ou ses réseaux de distribution, etc. Cette firme offre un type de produit fini, pour le moins un seul est simulé, de consommation courante (ou un bien d'équipement), défini également par un certain nombre de paramètres fixés (variables exogènes), tel son poids, ou encore des variables tels son prix ou son coût.

Dans le modèle, l'analyse du système logistique sera donc restreinte à des flux de produits finis, en provenance d'unités de production, et destinés à un distributeur final ou au client final. Le distributeur sera alors soit un magasin de petite taille, soit le réseau de la grande

distribution ou encore un grossiste ; tandis que le client final pourra être un particulier, ou une entreprise mais livré directement par le fabricant (cas de l'assembleur Dell).

Il est essentiel de considérer que la firme évolue dans un environnement qui, lui-même, est en partie caractérisé par des paramètres, fixés par l'utilisateur du modèle, liés soit à des hypothèses de croissance économique sur les 25 ans à venir, soit liés spécifiquement au secteur et au type de produit fabriqué. Autrement dit, la firme dépend de l'évolution globale d'un environnement économique non lié à son secteur, et d'hypothèses plus spécifiques telles d'éventuelles importations à bas prix qui dépendent fortement du produit considéré. De cette manière, les évolutions de ses moyens de production, et de son ou ses réseaux de distribution, qui sont soumis à des arbitrages entre coûts et à des exigences de service, sont également influencées par de nombreuses variables qui semblent exogènes. L'évolution de la firme entraîne, en réalité, des rétroactions sur ces variables. Dans l'exemple des importations à bas prix, si la firme parvient à adapter son offre en réduisant ses coûts de production et/ou sa marge, elle pourra limiter la croissance de ces importations, voire les arrêter. A l'inverse, si la firme et l'ensemble de la production d'Europe de l'Ouest ne parviennent pas à être compétitifs face à ces importations, les capacités de production pourront être en partie délocalisées. Certaines unités de production pourront, même, être fermées notamment en cas de surcapacité de production (taux d'utilisation des capacités faibles en plus d'éventuelles pertes).

Par ailleurs, cette firme d'Europe de l'Ouest est considérée soit comme une firme aux caractéristiques moyennes dans son secteur de production, soit comme une firme *leader*, si le secteur est dominé par quelques grandes firmes, ou le devient suite à des fusions ou acquisitions. En d'autres termes, si le secteur est plus ou moins atomisé, la firme étudiée représente une firme moyenne de ce secteur. En revanche, si le secteur vient à se concentrer, et qu'à terme il ne devra rester peut-être qu'une seule firme, la firme étudiée sera alors celle-là.

Le tableau suivant permet de résumer les variables qui caractérisent d'une part la production de la firme étudiée, et d'autre part celles qui caractérisent son environnement avec lequel il y a un certain nombre de rétroactions. Cet environnement est lui-même composé par des éléments spécifiques à l'Europe de l'Ouest, tandis que d'autres dépendent d'une offre provenant *hors d'Europe de l'Ouest*, il s'agit de l'ensemble des variables caractérisant les importations.

Variables caractéristiques de la production de la firme et de son environnement

<table>
<tr><th colspan="2" rowspan="2"></th><th colspan="2">Environnement de la firme</th></tr>
<tr><th>Europe de l'Ouest</th><th>Hors Europe de l'Ouest</th></tr>
<tr><td rowspan="3">Structure de production</td><td>Production de la firme</td><td>Hypothèse de taux de croissance des revenus</td><td rowspan="3"></td></tr>
<tr><td>• Capacité de production
• Nombre d'unités de production</td><td>• Capacité totale de production</td></tr>
<tr><td colspan="2">• Taux d'utilisation des capacités de production
• Investissements / acquisitions (concentration secteur) / fermetures</td></tr>
<tr><td></td><td colspan="3">• Délocalisations</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Offre</td><td colspan="2">• Prix de vente (production Europe de l'Ouest)</td><td>• Prix de vente</td></tr>
<tr><td>• Ventes
• Parts de marché
• Stocks
• Coût du produit
• Profits/pertes
• Aire de chalandise</td><td>• Ventes
• Parts de marché</td><td>• Ventes
• Parts de marché</td></tr>
</table>

Certaines variables ont été présentées, dans la structure de production, entre la production de la firme et son environnement. Nous verrons, en effet, avec la construction du modèle que

l'ensemble de ces variables font l'objet d'un certain nombre de rétroactions, et que bien d'autres variables interviennent dans l'évolution du système. Il existe notamment, dans le modèle, des variables de nature qualitative, dont il n'est pas possible d'ignorer l'influence dans les processus de décision réels des entreprises. La variable, nommée *perception de la pression concurrentielle*, influencera ainsi, aussi bien les phénomènes de concentration du secteur, que le prix du produit (en fonction de la marge du produit et d'un taux de répercussion des variations de coûts).

Par ailleurs, cette sous-section, en présentant le cadre de la modélisation, n'a mis en avant que des variables de la partie concernant la production de la firme. Une sous-section suivante présente le système de distribution, sur lequel la production agira notamment en fonction de ses volumes de ventes et de ses parts de marché, qui détermineront l'aire totale de chalandise de la firme en Europe de l'Ouest. Le sous-système de distribution sera à l'origine d'importantes rétroactions sur la production, qui seront mises en évidence avec la construction du modèle, notamment par l'intermédiaire des coûts de distribution qui, avec le coût de production, constituent le coût du produit.

Nous allons, à présent, décrire la manière dont a été conçu le modèle avec l'ensemble des arbitrages dans lesquels interviennent les coûts de transport ainsi que les coûts de stockage.

1.4 La prise en compte des coûts de transport dans le modèle

Les coûts de transport sont considérés dans le modèle du point du vue du chargeur. Il est donc nécessaire, pour évaluer ces coûts, de disposer de tarifs de transport. Ces derniers ont été établis à partir du mode de transport routier, d'une part en raison de la croissance continue de sa part en Europe et dans l'organisation des systèmes logistiques des produits finis, et d'autre part, parce que précisément son prix est l'un des éléments mis en cause dans les évolutions logistiques récentes. Il est également admis que c'est le mode routier qui fixe les prix du transport (Livre Blanc, 2001, p.25).

L'article de L. Grand, paru dans les Cahiers scientifiques du Transport en 1997, traduit bien les considérations actuelles selon lesquelles *le développement de nos sociétés est en partie fondé sur […] une logique de prix de transport bas*. Nous allons donc nous attacher à comprendre quel est le rôle joué par ces prix de transport dans l'organisation des flux de transport.

Le modèle ne traitera pas de la question complexe du choix modal. Les tarifs utilisés seront, certes, établis en référence au mode routier, qui apparaît comme le mode dominant dans le développement des systèmes logistiques des produits finis, mais les flux seront avant tout caractérisés par des distances moyennes de transport, taille et fréquence d'envois, et nombre de liaisons de transport à l'intérieur du système logistique (traduisant les tonnes chargées). Cette caractérisation des flux implique qu'il peut y avoir un recours éventuel à d'autres modes de transport, en particulier un transport combiné rail-route avec l'utilisation de caisses mobiles ou de conteneurs, sur les segments de marché pour lesquels il s'avère compétitif. De nombreuses études ont néanmoins mis en avant le poids des critères qualitatifs, face aux coûts, dans le choix de ce mode de transport (*Intermodal Quality*, INRETS, 1998), compte tenu de l'importance croissante accordée, dans tous les secteurs, aux aspects de qualité de service (A.T. Kearney, 1993, p.21).

Le terme de *coûts* de transport désignera désormais ceux du chargeur, et les prix de transport, constitués par les coûts d'exploitation et la marge de l'opérateur de transport, seront plus souvent désignés par les tarifs de transport.

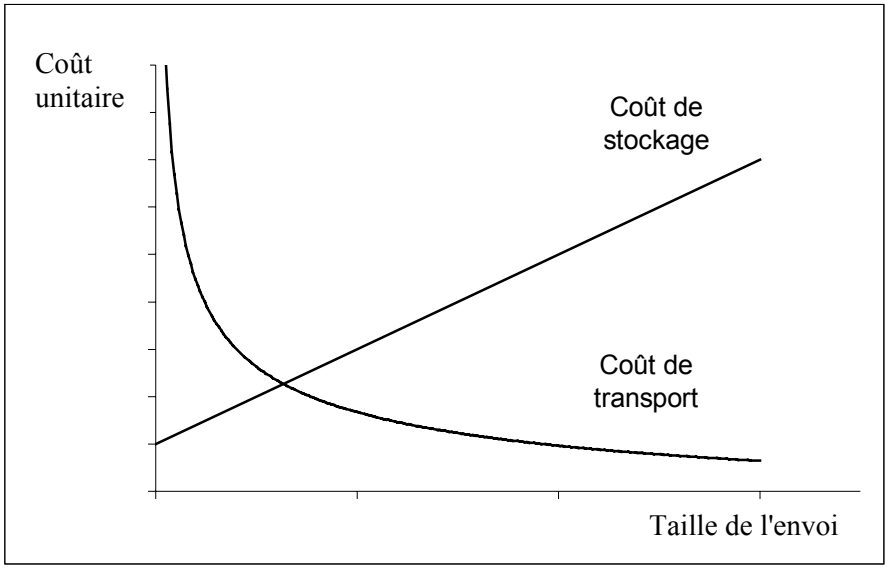
L'importance de la taille[48] de l'envoi

La nécessité d'une approche systémique de l'organisation logistique a été mise en évidence dans la première partie, afin d'éviter une analyse partielle du rôle des coûts de transport. Ceux-ci peuvent en effet participer d'une part à des décisions d'ordre stratégique, relevant du moyen ou long terme, telle la concentration des moyens de production, ou des modifications de la structure des réseaux de distribution. Mais ils participent également à des décisions qui pourraient être qualifiées d'opérationnelles, relevant du court terme. C'est le cas de l'arbitrage entre coûts de transport et coûts de stockage, entre deux niveaux de distribution par exemple, qui influencent directement la taille et la fréquence des envois. En effet, lorsque la taille de l'envoi est augmentée (et de fait la fréquence réduite), les coûts de transport diminuent mais le stock moyen augmente, et par conséquent ses coûts. Il existe donc un optimum à calculer entre coûts de transport et de stockage, compte tenu des caractéristiques du produit (valeur, volume, etc.).

L'arbitrage entre coûts de transport et de stockage ne sera, en réalité, pas seulement calculé entre deux niveaux de distribution. Nous verrons que l'optimum sera calculé sur l'ensemble du réseau lorsque celui-ci comprend plus de deux niveaux. Car en effet, calculer des optimums indépendamment les uns des autres, dans un même réseau, ne peut pas conduire à une situation optimale pour la firme.

[48] Le terme de *taille* d'envoi renvoie généralement à son poids, mais nous introduirons dans le modèle une variable *quantité de produits équivalent une tonne*, permettant de tenir compte des rapports poids-volume ou poids-mètre linéaire (essentiels pour le transport).

Illustration de l'arbitrage entre coûts de transport et de stockage au niveau d'un centre de distribution



La question de la taille de l'envoi n'est pas considérée comme une variable dans la majorité des modèles traitant des organisations logistiques, malgré son incidence sur le tarif (voir première partie). Le coût de transport est généralement seul fonction de la distance, et la taille de l'envoi, lorsqu'elle est prise en compte, est souvent fixée ou déterminée a priori. Son incidence n'est, cependant, jamais remise en cause, elle a d'ailleurs été mise en avant dans le projet européen Softice, portant sur les coûts du transport routier en Europe (Université de Rome *La Sapienza*, 1998, p.3). L'enquête réalisée par l'INRETS auprès des chargeurs en 1988 a ainsi permis de mettre en évidence un coefficient de corrélation de 0,85 entre les logarithmes du poids et du prix, avec une élasticité constante de 0,546. Une élasticité de -0,454 a également été mise en évidence entre les logarithmes du prix au kilogramme et le poids de l'envoi (Gouvernal et Hanappe, 1995).

Les objectifs du modèle SANDOMA proposent, précisément, de simuler les processus de décisions d'une firme. Les modèles de dynamique des systèmes ne sont pas des modèles d'optimisation, comme c'est le cas généralement lorsqu'il s'agit de traiter des organisations

logistiques, mais ce sont des modèles à base de simulation qui permettent de tester des hypothèses du type *que se passerait-il si (...)?*. La vocation explicative du modèle impose donc de déterminer les coûts de transport selon une méthode logique de tarification, telle qu'elle est pratiquée dans la réalité, et qui est prise en compte par le chargeur dans son organisation logistique. Le rôle des coûts du transport routier pourra être ainsi considéré dans l'ensemble du système logistique étudié, dans tous les arbitrages entre coûts auxquels il participe, y compris ceux relevant de l'exploitation. Par conséquent, le mode de détermination du tarif de transport devra dépendre non seulement de la distance de transport, mais également de la taille de l'envoi.

Le choix de la tarification routière de référence

La tarification routière de référence (TRR) est née de la suppression de la tarification routière obligatoire (TRO), effective dès 1986, mais officiellement supprimée en 1989. Les coûts d'exploitation de référence des véhicules restent suivis par le Comité National Routier (CNR) ; mais le guide des coûts, destiné à aider les transporteurs routiers à établir leurs coûts et leurs prix, est maintenant publié par les éditions Lamy. Ce guide s'applique en principe à certains types de véhicules, notamment celui que nous retiendrons en référence, à savoir un ensemble articulé[49] de 40 tonnes de PTRA (Poids Total Roulant Autorisé). La TRR s'applique donc théoriquement à des envois d'au moins 3 tonnes, et sur une distance minimum de 100 kilomètres. Les tarifs correspondent à un prix hors taxe à la tonne, et sont distingués selon des conditions de tonnage (3, 5, 7, 10, 15, 20 et 25 tonnes), et selon des coupures de distance, allant de 101 à 105 kilomètres pour la première coupure, et de 1350 kilomètres et plus pour la dernière. Les tarifs proposés sont donc présentés sous la forme de grilles en fonction du type de véhicule (ensemble articulé 40 tonnes, camion remorque grand volume de 40 ou 26 tonnes de PTRA), de l'affectation de la relation (selon le classement de la localité de destination), de la condition de tonnage et de la distance.

[49] Tracteur et semi-remorque

Enfin, le guide précise que ces tarifs ont été établis selon trois critères qui sont (Lamy, mise à jour avril 2002):

- les conditions d'exploitation dans le respect de la réglementation sociale ;
- les coûts de revient ;
- la marge bénéficiaire.

Nous allons, à partir de cette tarification de référence, établir une fonction de prix de transport dont les variables seront la taille de l'envoi (en tonne) et la distance de transport.

La relation entre le prix de vente de transport et la distance

Outre les grilles tarifaires, le guide fournit un prix de vente à la tonne pour une charge moyenne de 21 tonnes aux distances rondes. Ces prix sont donnés dans le tableau suivant.

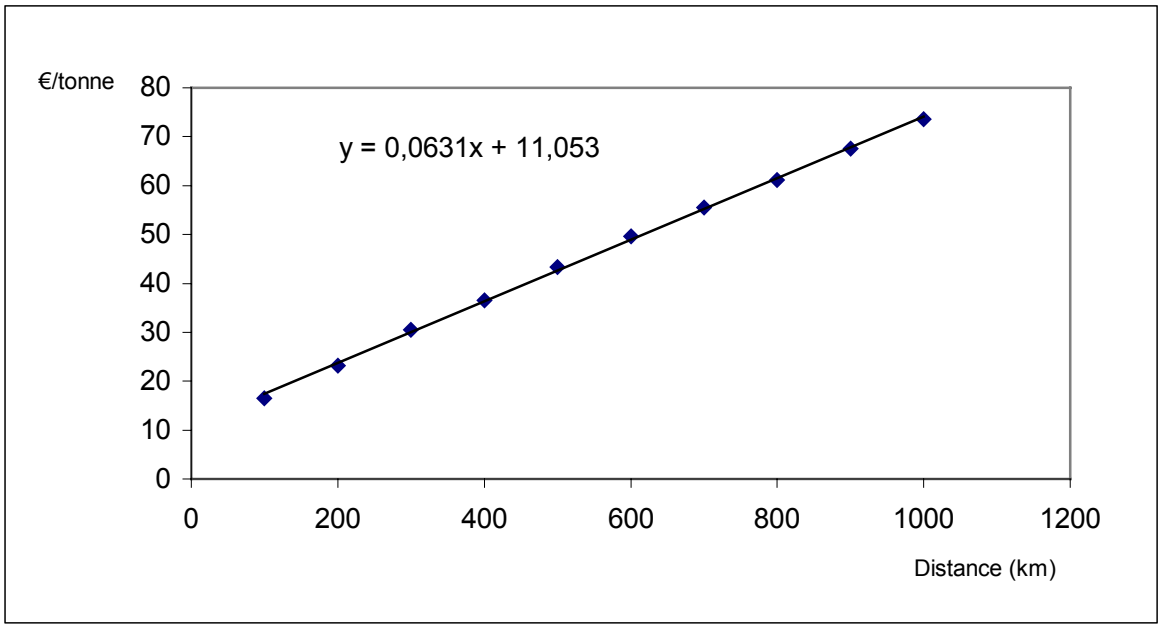
Les relations sont réparties en fonction de la localité de destination, comme indiqué précédemment, selon deux classements. Le premier correspond aux zones faiblement génératrices de fret et propose des prix plus élevés, le second correspond aux zones dont les tonnages entrés et sortis présentent un certain équilibre. Pour le modèle, ce sont les tarifs du classement 2 qui ont été retenus.

Prix de vente (€ HT) à la tonne selon les distances rondes de 100 à 1000 kilomètres, et pour une charge moyenne de 21 tonnes (conditions d'exploitation moyennes)

Distances rondes	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000
Prix de vente à la tonne	16,44	23,21	30,49	36,59	43,4	49,57	55,55	61,15	67,51	73,61

Ces tarifs de référence, déterminés aux distances rondes et pour une charge moyenne de 21 tonnes, permettent d'établir une relation linéaire entre le prix de vente à la tonne et la distance.

Prix de vente (€ HT) à la tonne, pour une charge moyenne de 21 tonnes (conditions d'exploitation moyennes)



La relation entre le prix de vente de transport et la condition de tonnage

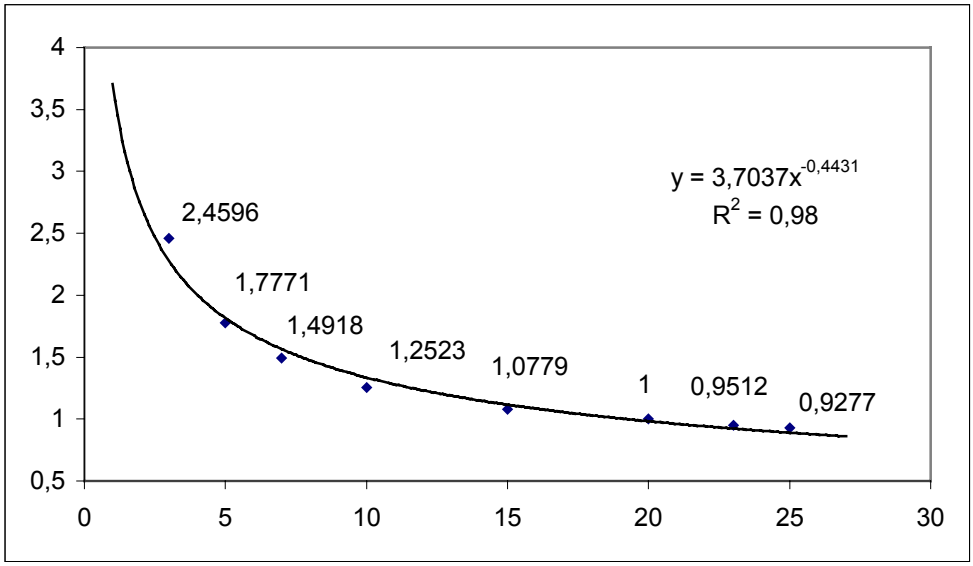
Il existe également des taux de conversion des tarifs entre les conditions de tonnage, ceux-ci vont aussi être utilisés pour le modèle. Lorsque la condition de tonnage de base est 20 tonnes, et que le prix à la tonne de la prestation est connue, tous les prix de vente des autres conditions de tonnage, pour la même distance, peuvent être obtenus en les multipliant par les coefficients du tableau suivant.

Ratios de conversion du prix de vente de transport à la tonne (tableau)

Condition de tonnage	3	5	7	10	15	20	23	25
Ratios de conversion	2,4596	1,7771	1,4918	1,2523	1,0779	1	0,9512	0,9277

Ces ratios nous permettent d'obtenir la courbe de tendance suivante :

Ratios de conversion du prix de vente de transport à la tonne (graphique)



Le choix d'établir cette courbe de tendance, sur la base de ces coefficients de conversion, va permettre d'introduire aisément les prix de transport, dans les calculs d'optimum du modèle les faisant intervenir. En effet, compte tenu de la relation linéaire entre la distance et le tarif de transport, nous pouvons alors obtenir l'équation suivante[50], qui est l'expression du tarif à la tonne en fonction de la distance (D) et de la taille de l'envoi (T) :

$$Px(D,T)=(0,063D+11,029)\times 3,7037T^{-0,4431} \qquad \textit{(Equation 1)}$$

[50] Les constantes de la fonction affine étaient données dans l'équation précédente aux conditions d'exploitation moyennes (21 tonnes de charge utile) et aux distances rondes, ici l'équation correspond aux tarifs donnés pour la condition de tonnage de 20 tonnes, selon les 88 coupures de distance.

Le choix de la tarification routière de référence se justifie par la logique avec laquelle elle est établie, et du fait qu'elle permet de rendre parfaitement compte de l'incidence de la taille de l'envoi sur le prix de transport. La courbe de tendance permet ainsi de l'appliquer aux petits envois, dont les prix sont en fait relativement dispersés en raison des différents services offerts (messagerie express, rapide, mono-colis), mais également parce que les coûts de distribution en milieu urbain peuvent être particulièrement élevés, jusqu'à trois fois plus que les coûts de collecte (Groupe Crédit National, 1995, livret 1 p.8). Certaines grilles tarifaires de transporteurs sont établies non seulement selon des zones mais aussi spécifiquement en fonction de la ville de destination.

L'équation ne reflète certainement pas les systèmes de tarification de la messagerie qui sont liés à des organisations spécifiques et fonction des services offerts. Néanmoins la logique de détermination du tarif en fonction de la taille de l'envoi est conservée, en obtenant une croissance exponentielle pour les petits envois, qui seront apparentés à des services de messagerie classiques dits rapides. Généralement les analyses traitent des envois supérieurs à une ou deux tonnes. Or l'enquête chargeurs de 1988 avait déjà montré que 73% des envois sont inférieurs à une tonne, bien qu'ils ne représentent que 17% des tonnages (Guilbault, 1995).

Les limites à l'utilisation de la TRR

La forte segmentation de l'offre de transport routier, en fonction du service, lié principalement au délai de transport et à la taille de l'envoi (mono-colis, messagerie rapide et express, groupage, lot complet), mais aussi à des caractéristiques de la marchandise (vrac, liquide, produit dangereux, etc.), traduit des organisations spécifiques des opérateurs de transport. C'est pourquoi, le meilleur suivi des coûts de transport, c'est-à-dire le plus juste, serait probablement celui qui s'intéresse d'une part aux coûts d'exploitation des différents véhicules utilisés, et d'autre part à l'organisation du transport porte-à-porte par l'opérateur. Il est évident qu'une hausse des tarifs de transport, par le biais d'une taxe par exemple sur les tracteurs, ne

pourra affecter de la même manière tous les segments de l'offre. De plus, les opérateurs de transport ont déjà prouvé par le passé leur capacité d'adaptation, qui peut entraîner une modification même de l'offre et de l'organisation des différents services. Cependant, une telle analyse justifierait la création d'un autre modèle pour représenter ce système complexe des transports, qui comporte en outre de nombreuses rétroactions. Nous devrons nous limiter, par conséquent, à une analyse des flux de marchandises du point de vue du système logistique du chargeur, sans traiter celui du transporteur qui serait, en quelque sorte, imbriqué dans celui du chargeur (OCDE, 1996, p.25).

Nous venons d'exposer la limite à l'utilisation d'une telle tarification dans l'analyse des flux de transport. Mais une restriction purement pratique liée à l'établissement de cette tarification doit être signalée.

Il est admis par un certain nombre de professionnels que les coûts de transport suivis par le CNR sont probablement surestimés, notamment parce qu'ils peuvent aussi servir de base aux chargeurs pour négocier les prix de transport. Cette surestimation pourrait être évaluée jusqu'à 15 ou 20% du tarif réellement pratiqué, ce qui signifie qu'elle correspondrait exactement à ce qui était déjà avancé alors que la TRO était en vigueur (Bernadet, 1997, p.207). Il n'est pas possible de vérifier aisément cette hypothèse, en revanche si nous nous référons à l'étude réalisée par Halcrow Fox/NEI pour le projet européen Phare en 1998 (Livre blanc, 2001, p.102 ; *Phare*, 1998), le coût kilométrique moyen du transport international routier de marchandises des membres de l'UE se situerait environ 20% en dessous du coût kilométrique proposé par le CNR (pour un ensemble articulé de 40 tonnes de PTRA). Il a été néanmoins prévu, dans le modèle, la possibilité d'ajuster aisément les tarifs de transport, selon les hypothèses souhaitées.

1.5 La prise en compte des coûts de stockage dans le modèle

Les coûts de stockage correspondent, dans le modèle, au coût intrinsèque des stocks, généralement estimé en pourcentage de la valeur du produit stocké (qui peut être son prix). C'est, en effet, ce type de coût qui interviendra dans les arbitrages considérés dans le modèle. Le coût intrinsèque des stocks est évalué pour un type de produit, dans un centre de stockage, généralement de la manière suivante (comme dans le modèle EOQ):

$$Cstock = Pi \times \frac{T}{2} \qquad \textit{(Equation 2)}$$

Le stock moyen correspond à la quantité moyenne de produits en stock, c'est-à-dire à la moitié des quantités livrées (envoi de taille *T*). Le coût du stock moyen est donc estimé par la valeur du produit *P* et un taux *i*, annuel ou mensuel, selon la période de temps considérée pour le calcul. Ce taux correspond au coût du capital immobilisé, à apparenter au coût interne des capitaux pour des projets à faible risque (Samii, 2000, p.130-133). Mais le coût intrinsèque des stocks doit, en principe, prendre également en compte la tenue du stock (assurances, taxes), l'espace de stockage occupé et les risques sur stocks (obsolescence, vols, etc.). Il est à distinguer du coût d'entreposage qui correspond à l'ensemble des activités et opérations liées à l'entrepôt. Ce taux *i* dépend donc principalement des caractéristiques du produit, et peut être assez variable d'une firme à l'autre, il est le plus souvent estimé entre 20 et 30% par an.

Le coût intrinsèque des stocks est donc directement proportionnel à la quantité de produits stockés. Pour le modèle, il sera ramené à un coût unitaire, soit en considérant *Q*, les quantités annuelles ou mensuelles reçues:

$$Cstock(unitaire) = \frac{Pi}{Q} \times \frac{T}{2}$$

C'est avec cette expression du coût unitaire de stockage que la notion de rotation des stocks prend tout son sens. En effet, deux entrepôts distincts peuvent présenter des stocks mensuels moyens identiques et donc un coût total de stockage identique, mais rapporté aux quantités totales qui ont circulé par chacun de ces entrepôts, le poids sera tout autre. Le coût intrinsèque des stocks doit donc être rapporté aux quantités, le coût unitaire de stockage est directement

lié au taux de rotation, tandis que le prix unitaire de transport (à la tonne ou au produit) diminue avec la taille de l'envoi, mais est totalement indépendant de la quantité totale à moins qu'elle ne permette de contribuer à massifier les envois.

1.6 Conception du système de production et arbitrages

La présentation du cadre de la modélisation a montré que des phénomènes de fusions et acquisitions pouvaient être simulés dans le modèle. Seule la question de la concentration des moyens de production, mettant en cause des arbitrages entre coûts de production et de distribution, sera traitée dans cette sous-section.

La concentration des moyens de production de la firme est soumise, dans le modèle, d'une part à sa fonction de coût de long terme[51], qui détermine la capacité optimale de production d'une usine, et donc sa faculté ou non à réaliser des économies d'échelle, et d'autre part à un degré de standardisation du produit. Ce dernier permettra de définir, par défaut, un nombre théorique minimum d'unités de production, susceptibles d'approvisionner l'ensemble de l'Europe de l'Ouest, et correspondant ainsi à des marchés qui seront qualifiés d'homogènes du point de vue des spécificités de la production. La standardisation accrue des produits est un fait reconnu non seulement en Europe de l'Ouest, la région étudiée, mais aussi au niveau mondial. Elle demeure, néanmoins, largement dépendante du type de produit considéré et du secteur. C'est pourquoi, ce degré de standardisation de la production sera un paramètre du modèle, c'est-à-dire une variable exogène définie par l'utilisateur et pouvant évoluer au cours des 25 années à venir, selon les scénarios envisagés pour le produit considéré.

[51] Il s'agit de la fonction de coût moyen de long terme, appelée aussi courbe enveloppe des courbes de coût moyen à court terme (Teulon, 1997). Le coût de court terme dépendra, dans le modèle, du taux d'utilisation des capacités de production.

La concentration des moyens de production de la firme peut donc être source d'économies d'échelle, qui seront elles-mêmes comparées à la hausse potentielle des coûts de distribution. En effet, la concentration conduit à une accroissement de l'aire de chalandise de chaque unité de production (puisque leur nombre est réduit), et par conséquent des distances de transport. Cependant, nous montrerons lors de la construction du modèle qu'elle permet aussi de diminuer les coûts des stocks industriels (c'est-à-dire situés au niveau des unités de production). Ces hausses et baisses respectives des coûts ramenées à l'unité produite feront l'objet d'un arbitrage dans la décision de concentration des moyens de production. Les simulations du modèle pourront aider à concevoir la relativité du poids des coûts de transport dans ce type de décision.

Enfin, il faut noter que la concentration des moyens de production au niveau européen correspond aussi à la tendance qui consiste à transformer des unités multi-produits à vocation nationale, en des unités mono-produit et à vocation supranationale (Colin, 1996). Cette tendance, bien que signalée dans la majorité des études, est encore très récente. Elle concerne plus particulièrement des grands groupes qui ont choisi de rationaliser leur production, souvent après des opérations concomitantes de recentrage sur un type d'activité d'une part, de fusions et acquisitions d'autre part (les exemples à ce sujet dans la presse sont particulièrement nombreux depuis quelques années, voir en annexe 1 la revue de presse).

1.7 Conception du système de distribution et arbitrages

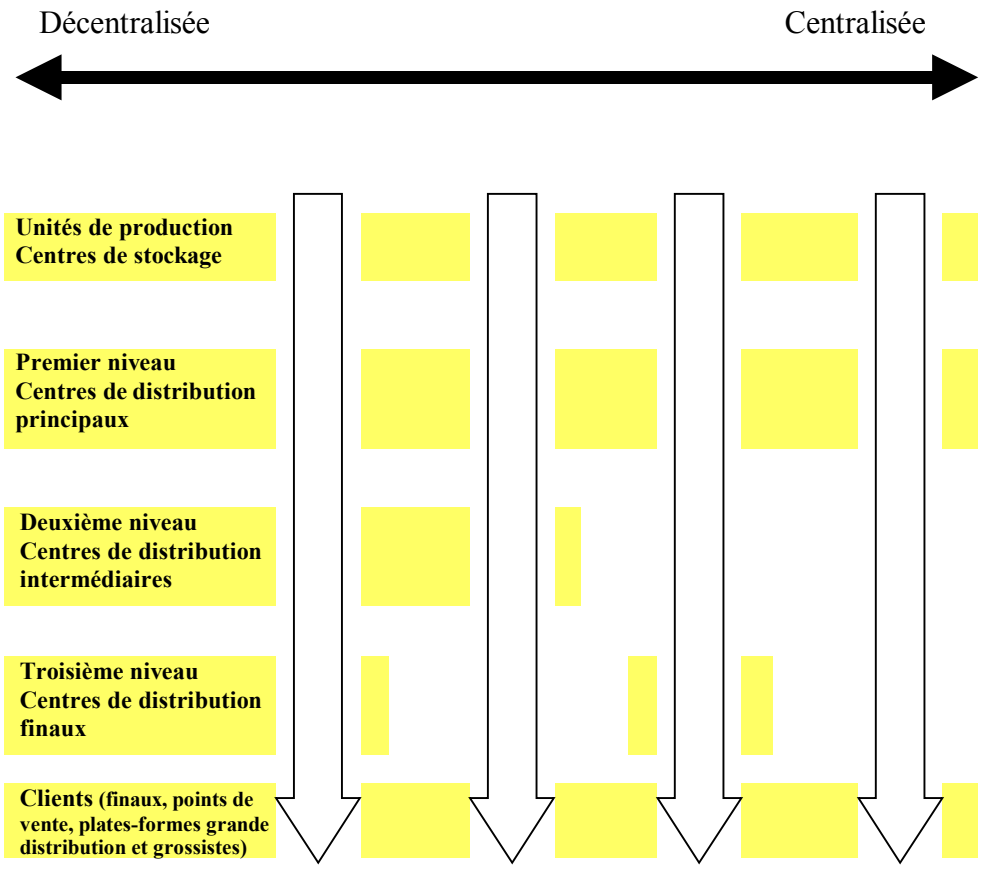
Centralisation (ou hiérarchisation) des structures de distribution

Les évolutions du système logistique ont montré que la tendance était à la centralisation des réseaux de distribution (par opposition à ce qui peut être appelé sa hiérarchisation), actuellement ils comptent le plus souvent entre un et trois niveaux de distribution comme l'indiquent toutes des analyses (voir la première partie). Le terme de *centre de distribution* a

été choisi pour désigner aussi bien un entrepôt central qu'un dépôt local, voire une plate-forme qui a vocation au transit des marchandises, c'est-à-dire aux opérations de groupage et dégroupage, et non à leur stockage. Par ailleurs, il existe aussi un stock au niveau des unités de production, nous verrons que ce stock est déterminé par la taille moyenne des envois destinés aux centres de distribution de premier niveau.

Dans le modèle SANDOMA, quatre grandes structures de distribution ont été envisagées. La plus décentralisée compte jusqu'à quatre niveaux (trois niveaux de distribution plus les centres de stockage situés au niveau des unités de production), tandis que la plus centralisée ne compte plus qu'un seul niveau de distribution (deux niveaux en tout), à partir duquel l'ensemble des envois sont effectués. Ces quatre structures sont illustrées par le diagramme suivant.

Structures de distribution envisagées dans le modèle SANDOMA



Le diagramme fait apparaître deux types de structures intermédiaires, entre la plus centralisée et la plus décentralisée, l'une comprend uniquement des centres de distribution intermédiaires tandis que l'autre ne comprend que des centres de distribution finaux. Les termes choisis pour désigner ces différents centres (principaux, intermédiaires et finaux) font, en fait, référence à leur fonction. C'est ainsi que dans le cas particulier de la structure la plus décentralisée (comprenant au total trois niveaux de distribution), l'ensemble les marchandises ne circuleront pas par tous les centres de distribution de ces différents niveaux.

En effet, selon le destinataire final, deux réseaux de distribution peuvent être envisagés (Fleischmann, 1998, p.56-58). Le particulier, par exemple, ou une épicerie ne peuvent être considérés comme un entrepôt de la grande distribution ; la taille des commandes, les exigences et les contraintes sont naturellement très différentes. Les réseaux ont donc été

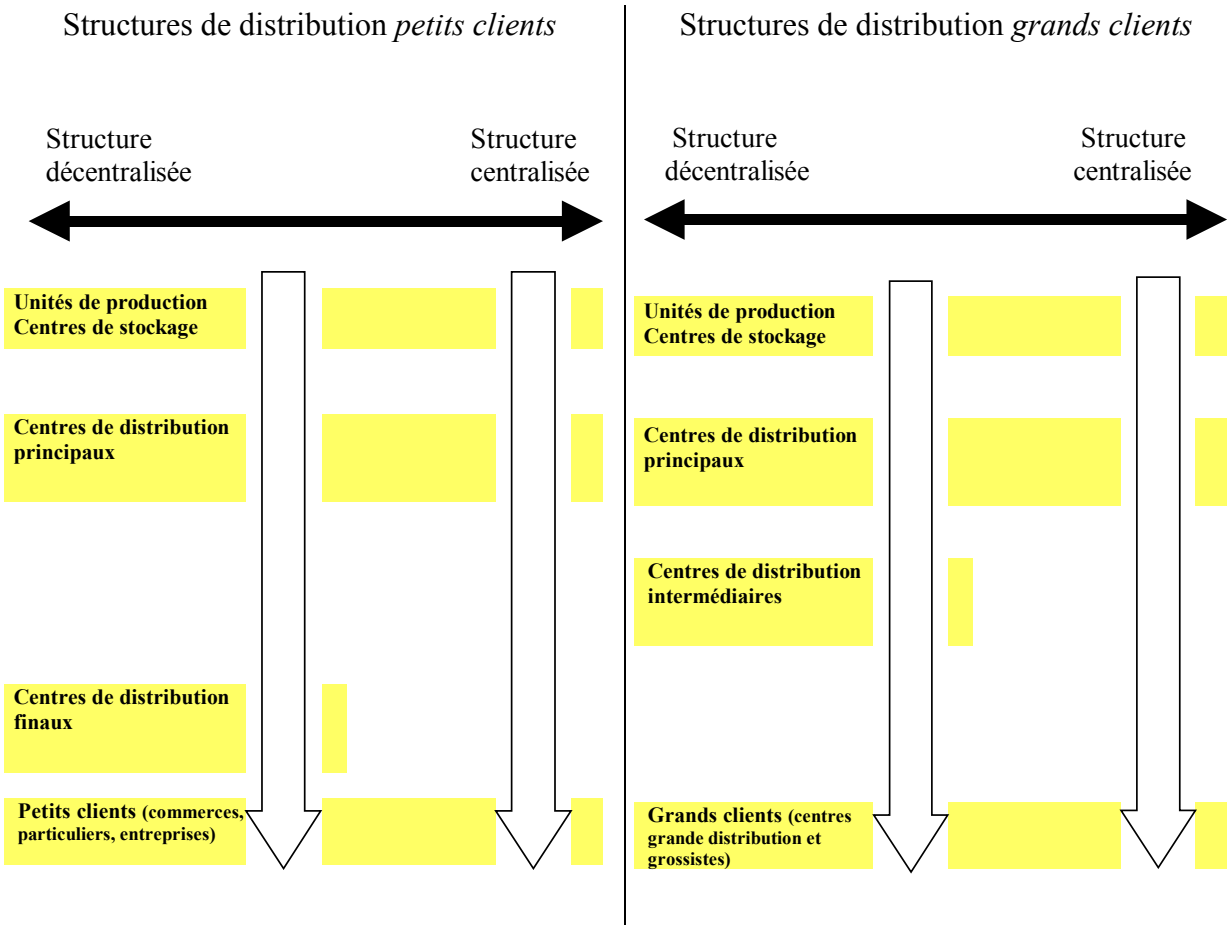
distingués selon deux dénominations, celle des *grands clients*, qui ne pourront être que la grande distribution ou des grossistes, et celle des *petits clients*. Alors que toutes les marchandises circuleront par les centres principaux, seules celles à destination des grands clients pourront circuler par les centres intermédiaires, et celles à destination des petits clients par les centres finaux.

Les centres de distribution intermédiaires, s'ils existent, seront donc utilisés pour les livraisons à destination des plates-formes ou des centres de stockage de la grande distribution ou des grossistes, voire des grandes surfaces. Actuellement beaucoup de grands distributeurs sont approvisionnés directement des entrepôts principaux de leurs fournisseurs. Néanmoins les délais de réapprovisionnement, c'est-à-dire le délai qui s'écoule entre le moment où la commande est passée et la livraison effective de la marchandise, imposés par la grande distribution peuvent contraindre les fournisseurs à les livrer à partir de centres de distribution intermédiaires. C'est cette contrainte de délai qui entraînera dans le modèle l'existence ou non de ces centres intermédiaires (le détail des calculs sera précisé lors de la description de la construction du modèle).

Les centres de distribution finaux correspondent, quant à eux, à des dépôts locaux à partir desquels il est possible d'organiser des tournées de livraison, pour de petites commandes.

Deux grands types de structures de distribution, l'une centralisée, l'autre décentralisée peuvent donc être distingués pour chaque type de clients, petits et grands. De plus, ces deux réseaux peuvent co-exister si la firme livre aussi bien la grande distribution que des petits commerces, par exemple. Néanmoins, quelle que soit la structure, les centres principaux (de premier niveau) seront toujours partagés par l'ensemble des clients, petits et grands.

Structures de distribution - petits et grands clients - dans le modèle SANDOMA



Les petits clients sont, par définition, caractérisés par des tailles de commande relativement réduites. Les aires de distribution des centres finaux, qui ne sont autre que des dépôts locaux, doivent par conséquent être déterminées de sorte à pouvoir organiser des tournées de livraison (dans le modèle le rayon a ainsi été fixé à 150 kilomètres). En revanche, dans le cas d'une structure centralisée, toutes les commandes seront livrées à partir des centres de distribution principaux, et de fait ne pourront être expédiées que par messagerie (entraînant ainsi des coûts de transport plus élevés). Ces envois seront inférieurs à trois tonnes, qui est la limite attribuée aux services de messagerie, bien qu'en pratique les envois soient en moyenne inférieurs à 100 kg (voire 30 kg pour l'express et même moins de 10 kg pour le mono-colis, mais ces derniers cas ne seront pas traités).

La détermination du nombre de centres de distribution à chaque niveau

Outre le degré de hiérarchisation possible du réseau de distribution, qui correspond donc au nombre de niveaux de distribution dans la structure, il peut exister plus ou moins de centres sur chacun de ces niveaux. Ce nombre sera déterminé de manière différente selon les trois niveaux considérés.

Le nombre de centres de distribution de premier niveau est le seul à ne pas être déterminé par le modèle. Il dépend d'un paramètre à définir par l'utilisateur, selon le type de produit et le secteur considéré. De même que le nombre minimum d'unités de production est défini par le degré de standardisation du produit, le nombre de centres de premier niveau correspondra, à ce qu'il a été choisi d'appeler dans le modèle, le nombre de *régions logistiques*. L'étude d'A.T. Kearney de 1993 fait ainsi apparaître entre 6 et 15 régions logistiques (appelées *marchés logistiques* dans l'étude) à l'intérieur du marché unique européen, selon les produits.

Une autre tendance actuelle est, en effet, de réduire, ou plus exactement de concentrer, les centres de distribution principaux qui correspondront, dans le modèle, à la définition des régions logistiques. De plus en plus, ces régions sont déterminées par les grandes firmes non plus sur des bases nationales, mais selon des régions paneuropéennes. La production est standardisée autant que possible, et les produits sont différenciés de plus en plus en aval de la distribution, accroissant leur valeur ajoutée au fur et à mesure qu'ils atteignent leur marché. Le fait de retarder la différenciation des produits permet d'optimiser la gestion des stocks et réduit considérablement les coûts de stockage. Mais cette possibilité de réorganisation de la distribution, sur un nombre réduit de régions logistiques, est aussi un pas de plus vers le degré de standardisation du produit. Or cette dernière dépend fortement du type de produit, car les spécificités régionales demeurent fortes dans des domaines aussi différents que les caractéristiques gustatives d'un aliment, ou que la réglementation nationale en matière d'étiquetage (de produits nocifs par exemple). Ce sont autant d'éléments qui peuvent empêcher les grandes firmes de diminuer le nombre de centres principaux, mais c'est néanmoins une tendance des organisations logistiques actuelle essentielle et qui, bien que naissante, a été démontrée dans de nombreuses études récentes (indiquées en première partie).

La diminution, ou la concentration, de ces centres de distribution, conduit aujourd'hui à la mise en place de véritables centres de distribution européens (Colin, 1996), et dépend aussi des orientations stratégiques des firmes.

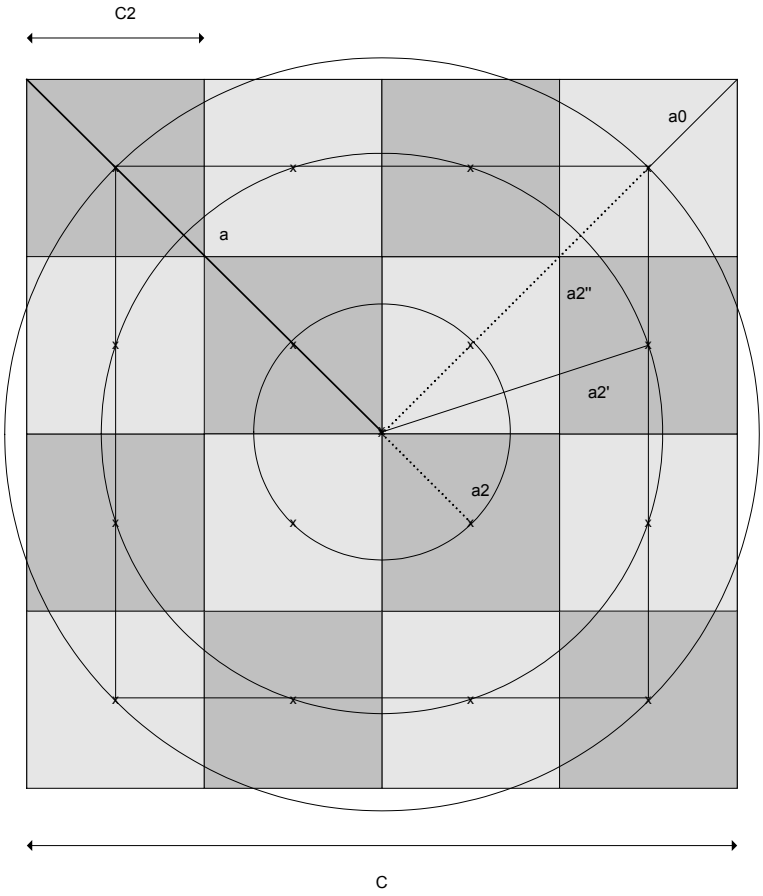
Ce paramètre, appelé régions logistiques, pourra évoluer selon divers scénarios à envisager au cours des 25 ans à venir, pour le type de produit considéré, en particulier selon l'évolution attendue des réglementations, des habitudes de consommation, etc.

Pour le deuxième niveau, c'est-à-dire les centres intermédiaires destinés aux grands clients, il a été précisé, précédemment, que leur existence est déterminée par une contrainte de délai de réapprovisionnement. Tandis que pour le dernier niveau (dépôts destinés à l'organisation de tournées pour les petits clients), la décision d'une structure centralisée ou décentralisée résultera d'un arbitrage issu d'une comparaison de l'ensemble des coûts de transport et de stockage, entre chacune des deux structures. Plus le nombre de centres est élevé, plus les stocks totaux sont élevés, et donc les coûts intrinsèques de stockage. Mais un réseau centralisé empêche toute massification et oblige à recourir à des services de transport plus onéreux, il existe donc bien un arbitrage entre coûts totaux de transport et de stockage. L'optimum, déterminé par le modèle, dépendra d'un certain nombre de variables comme la valeur du produit, les volumes de vente, la taille moyenne de commande, les tarifs de transport pratiqués, etc.

Le nombre de ces centres intermédiaires ou finaux, dont l'existence ne résulte pas des mêmes décisions, est néanmoins calculé dans le modèle selon un principe analogue. Pour les centres intermédiaires, la contrainte de délai imposée déterminera une distance maximale de transport, en fonction de la vitesse moyenne des véhicules. Pour les centre finaux, le rayon de l'aire de livraison a été fixé a priori à 150 kilomètres, mais il peut être modifié aisément, afin que des tournées de livraison puissent être envisagées. Ce sont donc ces distances respectives qui permettront de déterminer, en fonction des aires de livraison correspondantes, le nombre de centres de distribution pour chacun de ces niveaux.

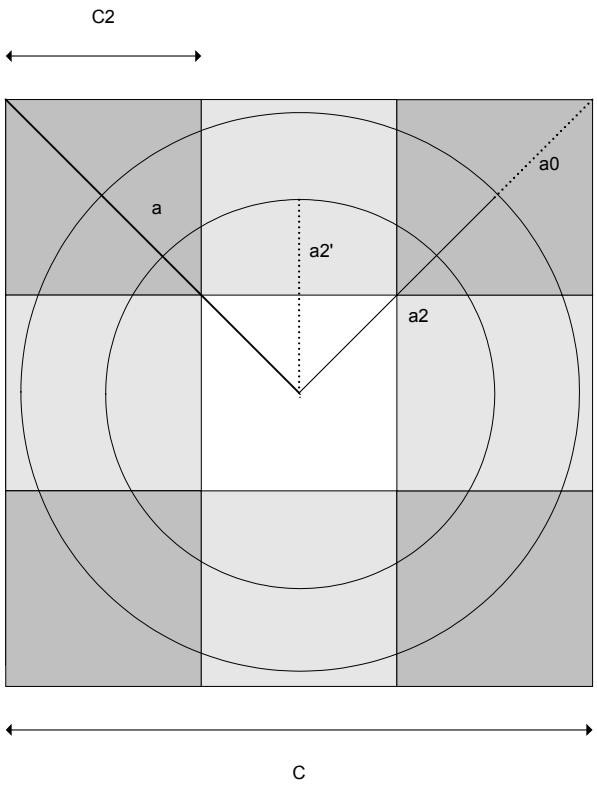
Pour les calculs, les aires de livraison ont été assimilées à des carrés. Plusieurs cas ont ainsi été illustrés par les diagrammes suivants. Le premier cas pourrait, par exemple, correspondre à un centre principal (donc une région logistique représentée par un carré de côté C), approvisionnant 16 centres de dernier niveau (dont l'aire est assimilée à un carré de côté C2).

Illustration d'un réseau de distribution avec un centre de distribution principal approvisionnant 16 centres (premier cas)



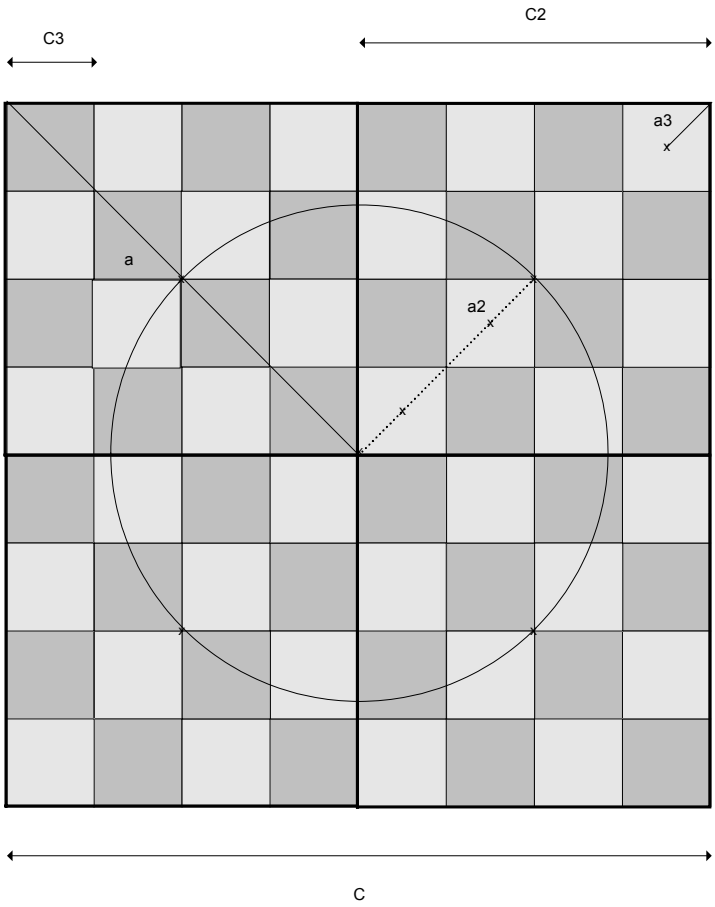
Le deuxième cas présenté pourrait correspondre à un centre principal approvisionnant 8 centres intermédiaires. En réalité, dans ce cas-ci comme dans le précédent, les centres peuvent être aussi bien de deuxième niveau que de troisième niveau ; le fait est que leur nombre est déterminé selon des conditions distinctes, et qu'a fortiori les centres finaux seront plus nombreux que les centres intermédiaires.

Illustration d'un réseau de distribution avec un centre de distribution approvisionnant 8 centres (deuxième cas)



Enfin le troisième cas est particulier puisqu'il représente une structure qui comprendrait quatre niveaux (trois niveaux de distribution), or les marchandises ne peuvent en principe, d'après les schémas envisagés, circuler sur autant de niveaux. Néanmoins, ce diagramme est présenté car dans le cas du réseau décentralisé destiné aux grands clients, le lieu de destination sera considéré comme un centre de distribution. De fait, le destinataire calculera son propre optimum entre coûts de stockage et de transport, qui le conduira à imposer au fournisseur sa taille de livraison optimale. Or ces quantités doivent être considérées par le fournisseur pour organiser ses flux, et ne sont pas sans conséquence pour l'optimisation de son propre réseau, en particulier si les volumes de vente sont élevés. En d'autres termes, les conditions imposées par un grand distributeur peuvent empêcher la firme d'optimiser ses coûts, c'est-à-dire l'organisation de ses flux de marchandises, sur l'ensemble de son réseau. En fait, la maîtrise des flux par la grande distribution ne cesse de s'étendre vers l'amont (Morcello, 1998, p.31 et 48).

Illustration d'un réseau de distribution comprenant trois niveaux de distribution (troisième cas)



Ce troisième cas correspondrait à un centre principal approvisionnant 8 centres intermédiaires, et comprenant 64 centres de troisième niveau.

1.8 Limites et portée du modèle

Certaines des limites du modèle ont été signalées dans cette section, il s'agit notamment de celles liées à l'utilisation de la Tarification Routière de Référence, et plus précisément au fait qu'elle ne permet pas de rendre compte de l'ensemble de l'organisation des opérateurs. En d'autres termes, une hausse des coûts de transport sera analysée de manière globale sur

l'organisation des flux de marchandises du point de vue du chargeur, et non pas du point de vue de l'organisation du transporteur. Celle-ci pourrait constituer une modélisation ultérieure sous la forme d'un sous-système des transports, système complexe tenant compte du type de véhicule utilisé, ou encore du taux de chargement moyen par exemple.

Le modèle traite de l'évolution d'une firme en Europe de l'Ouest, dans son environnement, et fabriquant un type de produit déterminé. Les caractéristiques des régions logistiques sont homogènes, du point de vue de leur surface et de la demande. Pour faire référence à des régions réelles d'Europe de l'Ouest, elles devraient être distinguées selon la demande, leur surface, éventuellement des vitesses moyennes distinctes, etc. Du point de vue de la construction du modèle, une telle spécification ne présente pas de réelles difficultés. En revanche, les simulations et l'interprétation des résultats seraient probablement complexes du fait de la multiplicité des variables à considérer. Nous nous en tiendrons donc à des résultats sous forme de distances et taille d'envoi moyennes, distinguées à chaque niveau du ou des réseaux de distribution, de nombre de liaisons transport dans le réseau (rendant compte des tonnes chargées et de la possibilité de massifier les flux), mais aussi de stocks moyens à chaque niveau du réseau, et il en va de même pour les coûts de transport comme de stockage. Toutes ces données seront donc valables pour chacune des régions logistiques, alors que les évolutions pourraient être contrastées selon les caractéristiques des régions d'Europe.

Le modèle n'a pas vocation à être utilisé à des fins de projections, son rôle est avant tout explicatif, et justifie l'usage d'une tarification basée sur le mode routier. L'ensemble des arbitrages présentés pourront agir sur les structures de production et de distribution, c'est-à-dire sur le système logistique et de fait, pourront avoir une influence sur les flux de marchandises. Premièrement, le modèle devra contribuer à mettre en évidence le lien complexe qui existe entre, d'une part, les évolutions du système logistique, et d'autre part la croissance des flux de transport. Deuxièmement, les simulations du modèle auront pour objet de déterminer comment les coûts de transport peuvent influencer les flux de marchandises, et l'ensemble du système logistique.

2 Construction du modèle

La présentation des différents arbitrages dans la conception du modèle a montré que ceux-ci concernent des décisions relevant du long, comme du court terme. Par conséquent, l'unité de temps choisie pour la construction du modèle est le mois, les simulations se déroulent ainsi sur une durée de 300 mois ou 25 ans.

En revanche, les opérations quotidiennes liées à l'exploitation même d'un centre de distribution, par exemple, ne sont pas considérées. En d'autres termes, la variation effective d'un stock, due par exemple aux aléas de la demande, n'est pas simulée. Les stocks moyens sont déterminés en fonction de la demande mensuelle moyenne, des tailles de commandes, du temps de transport, et dépendent de l'arbitrage entre les coûts de transport et de stockage. A l'inverse, une inadéquation entre l'offre et la demande mensuelles, conduisant à des surstocks, sera prise en compte dans le calcul du coût des stocks de l'ensemble du réseau. Le modèle SANDOMA est principalement un modèle stratégique, qui simule des comportements et processus de décision.

Cette section propose de présenter la construction du modèle à l'aide de diagrammes simplifiés, afin de considérer l'ensemble des éléments qui ont été pris en compte dans le modèle. La construction telle qu'elle apparaît avec le logiciel utilisé, Vensim®, figure dans l'annexe 2 avec l'ensemble des variables qui le constituent. Le modèle comprend environ 400 variables ou paramètres, et a été divisé en plusieurs parties pour faciliter sa construction ; mais toutes ces parties constituent naturellement l'ensemble du système, et sont donc liées les unes aux autres par l'intermédiaire de plusieurs variables. La représentation du modèle sous la forme de diagrammes, même très simplifiés, a pour objet de le rendre clair, et de permettre ensuite une lecture simplifiée des résultats du modèle.

Les différentes parties du modèle ont été nommées de la manière suivante :

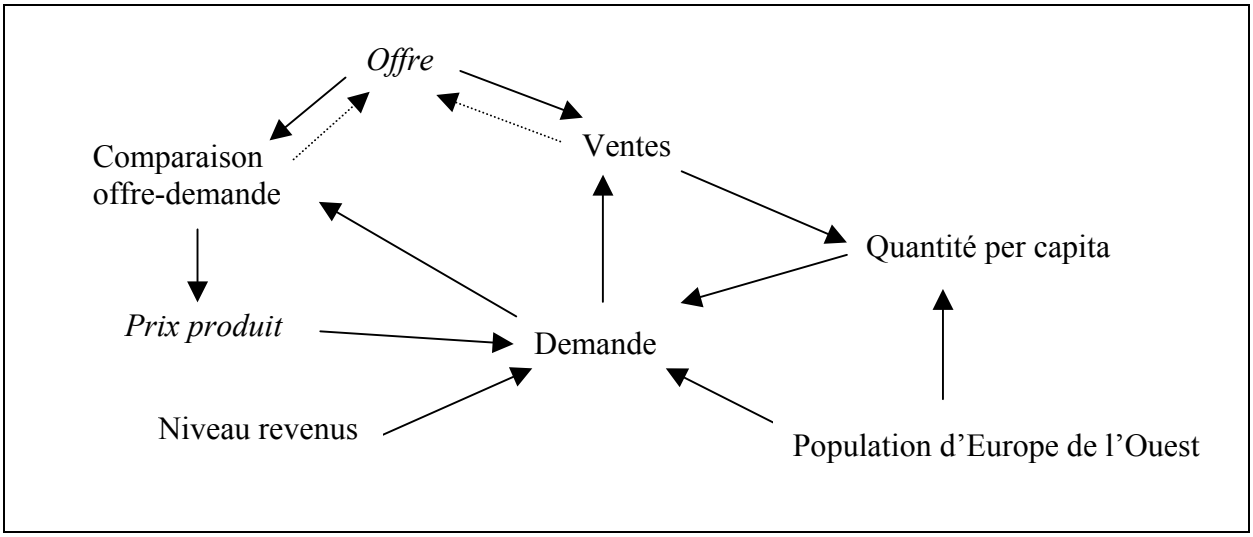
1. Demande en Europe de l'Ouest ;
2. Offre et ventes ;
3. Structure de production en Europe de l'Ouest ;
4. Investissements et désinvestissements en Europe de l'Ouest ;
5. Production de la firme d'Europe de l'Ouest étudiée ;
6. Moyens de production de la firme d'Europe de l'Ouest ;
7. Prix et coûts de la firme d'Europe de l'Ouest ;
8. Premier niveau de la structure de distribution de la firme d'Europe de l'Ouest ;
9. Structure de distribution centralisée (petits clients) ;
10. Structure de distribution décentralisée (petits clients) ;
11. Coûts du réseau de distribution destiné aux petits clients ;
12. Structure de distribution (grands clients) ;
13. Centres de distribution intermédiaires (destinés aux grands clients) ;
14. Flux de transport de la firme d'Europe de l'Ouest ;
15. Coûts de transport et de stockage de la firme d'Europe de l'Ouest ;
16. Importations.

Enfin, deux autres parties ont été ajoutées, elles sont constituées par des variables qui permettent de visualiser les variations des coûts de transport et de stockage, à tous les niveaux des réseaux de distribution. Mais il ne s'agit pas, à proprement parler, de variables puisqu'elles sont utilisées uniquement à des fins d'information, et n'influencent aucune autre variable du modèle.

2.1 La demande en Europe de l'Ouest

Chaque partie du modèle sera présentée brièvement à l'aide d'un diagramme d'influence, indiquant les relations principales entre les variables (les flèches désignant l'influence d'une variable sur une autre). Par ailleurs, dans chacun des diagrammes, figurent en italique des variables importantes, elles proviennent d'autres parties du modèle avec lesquelles elles seront détaillées ultérieurement. Dans le cas présent, il s'agit des variables appelées O*ffre* et *Prix du produit*.

Partie 1 : La demande en Europe de l'Ouest



La demande du produit étudié est influencée par le prix moyen de vente et le niveau des revenus en Europe de l'Ouest, par l'intermédiaire de deux élasticités qui peuvent être ajustées en fonction du produit. Elles peuvent être constantes, ou non linéaires et asymétriques puisque la dynamique des systèmes permet de représenter aisément ce type de fonction. La croissance de la demande peut être également modérée par une quantité maximum par individu, qui correspondrait à un effet de saturation de la demande, évitant ainsi toute croissance irréaliste (au fur et à mesure que la demande approche de ce maximum, le taux de croissance est en quelque sorte amorti).

La variable Population d'Europe de l'Ouest correspond à des projections de la population à l'horizon 2025, pour l'Europe des 15 ainsi que la Norvège et la Suisse. Quant au niveau des revenus, il renvoie à des projections, établies par le CEPII, du taux de croissance du PIB par tête en parités de pouvoir d'achat, pour l'Europe de l'Ouest entre 2000 et 2030 (CEPII, 2002).

Sur ce diagramme, la rencontre de l'offre (qui tient compte de la production d'Europe de l'Ouest et des éventuelles importations) et de la demande permet de déterminer les ventes. Nous verrons que cette comparaison offre – demande, qui n'est pas explicitée ici, aura de nombreuses incidences dans le modèle par rétroaction, tant au niveau de la production (taux d'utilisation des capacités, décisions d'investissement, etc.), que sur le prix moyen du produit ou son coût (en cas de surstocks par exemple). Elle nécessite, en outre, de distinguer les caractéristiques de l'offre d'Europe de l'Ouest (prix, coût, quantités, etc.), de celles des importations.

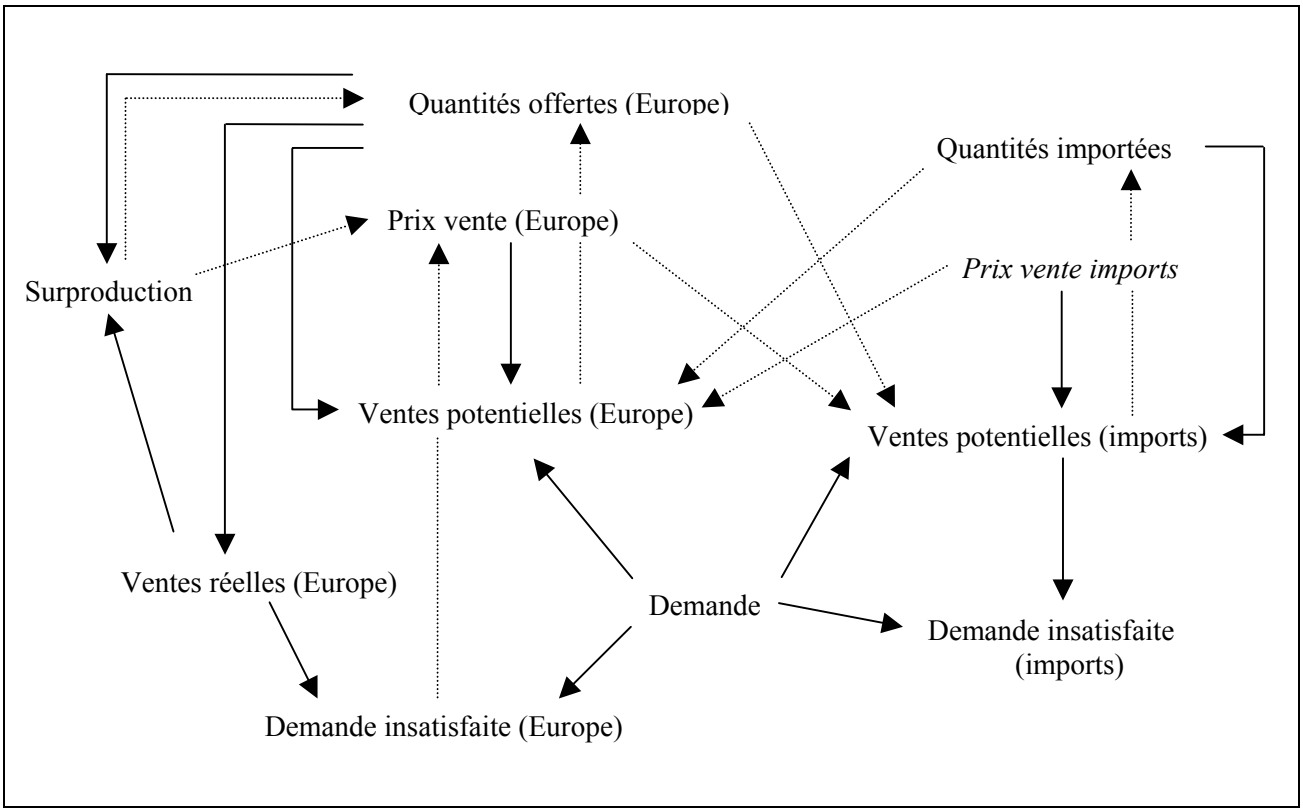
Un certain nombre de paramètres peuvent être ajustés, par l'utilisateur du modèle, en fonction du produit et du secteur que l'on souhaite simuler. Néanmoins, la majorité de ces paramètres peut être définie par défaut, y compris une élasticité par rapport au prix par exemple, permettant d'utiliser le modèle avec n'importe quel cas fictif, tout en conservant la logique d'évolution des variables. Une faible variation de l'élasticité de la demande au prix du produit n'affectera pas le sens des évolutions du système, à moins d'utiliser des valeurs extrêmes. Une faible variation changera principalement les résultats d'un point de vue numérique. Une des possibilités du modèle est de spécifier ce type de variables selon le caractère du produit étudié, à savoir s'il s'agit d'un produit substituable, indispensable ou encore de luxe, sans pour autant s'attacher à fournir des valeurs exactes, à moins de simuler un cas d'application précis.

Les simulations du modèle doivent mettre en évidence les paramètres et variables essentiels dans les modes d'évolution du système, qui affectent le comportement de la firme dans ses processus de décision, et de fait les flux de marchandises. Or, excepté pour les cas d'application, le fait de modifier simultanément un nombre conséquent de variables et paramètres empêche d'analyser correctement les résultats des simulations. La complexité du système doit conduire à tester, dans un premier temps, un petit nombre de variables selon les

divers scénarios envisagés, et à modifier certains paramètres ou fonctions selon des ordres de grandeurs déterminés.

2.2 L'offre et les ventes

Partie 2 : L'offre (production d'Europe de l'Ouest et importations)



Cette partie permet de distinguer l'offre provenant de la production d'Europe de l'Ouest, des importations. Ces dernières sont, en fait, qualifiées d'offre provenant *hors d'Europe de l'Ouest* dans le modèle, car certaines quantités peuvent également correspondre à des délocalisations de la production. Le prix moyen du produit, figurant dans la partie précédente, résulte naturellement de ces deux prix, pondérés par les quantités offertes.

Le diagramme fait apparaître deux variables dénommées *Ventes potentielles*. La demande est, en effet, en quelque sorte *répartie* selon les quantités et les prix. Si, par exemple, les quantités

importées sont à prix inférieur à l'offre européenne, et que l'offre totale est excédentaire, le ratio des ventes par rapport à l'offre sera supérieur pour les importations. Mais la formule choisie pour la *répartition* induit des ventes potentielles supérieures aux quantités réelles en cas de sous capacité de la production, la différence entre les ventes réelles et potentielles correspondra donc à une demande insatisfaite (qui ne sera pas identique pour les deux offres). Cette dernière est donc une demande insatisfaite structurelle, car elle correspond à une inadéquation des capacités de production avec la demande, elle agira notamment sur le prix de vente du produit. Les ventes potentielles agiront sur les quantités offertes par le biais de décisions d'investissement ou de désinvestissement (détaillées dans la partie suivante).

La formule pour déterminer les ventes potentielles est la suivante (elle est donnée pour l'offre d'Europe de l'Ouest, mais celle des importations est analogue) :

$$VentesPotentielles(Europe)=\frac{Demande\times Offre(Europe)\times\frac{Prixmoyen}{2\times Prix(Europe)}}{\frac{Prixmoyen}{2\times Prix(Europe)}\times Offre(Europe)+\frac{Prixmoyen}{2\times Prix(imports)}\times Offre(imports)}$$

A titre d'exemple, pour une demande de 1000 et une offre se décomposant ainsi :

- Offre Europe de l'Ouest : 1000 ; prix : 50 ;

- Offre imports : 300 ; prix : 40 .

Nous obtiendrons la répartition des ventes suivante :

Ventes Europe de l'Ouest : 727 ; soit un ratio ventes - offre de 0,73 ;

Ventes imports : 273 ; soit un ratio ventes - offre de 0,91.

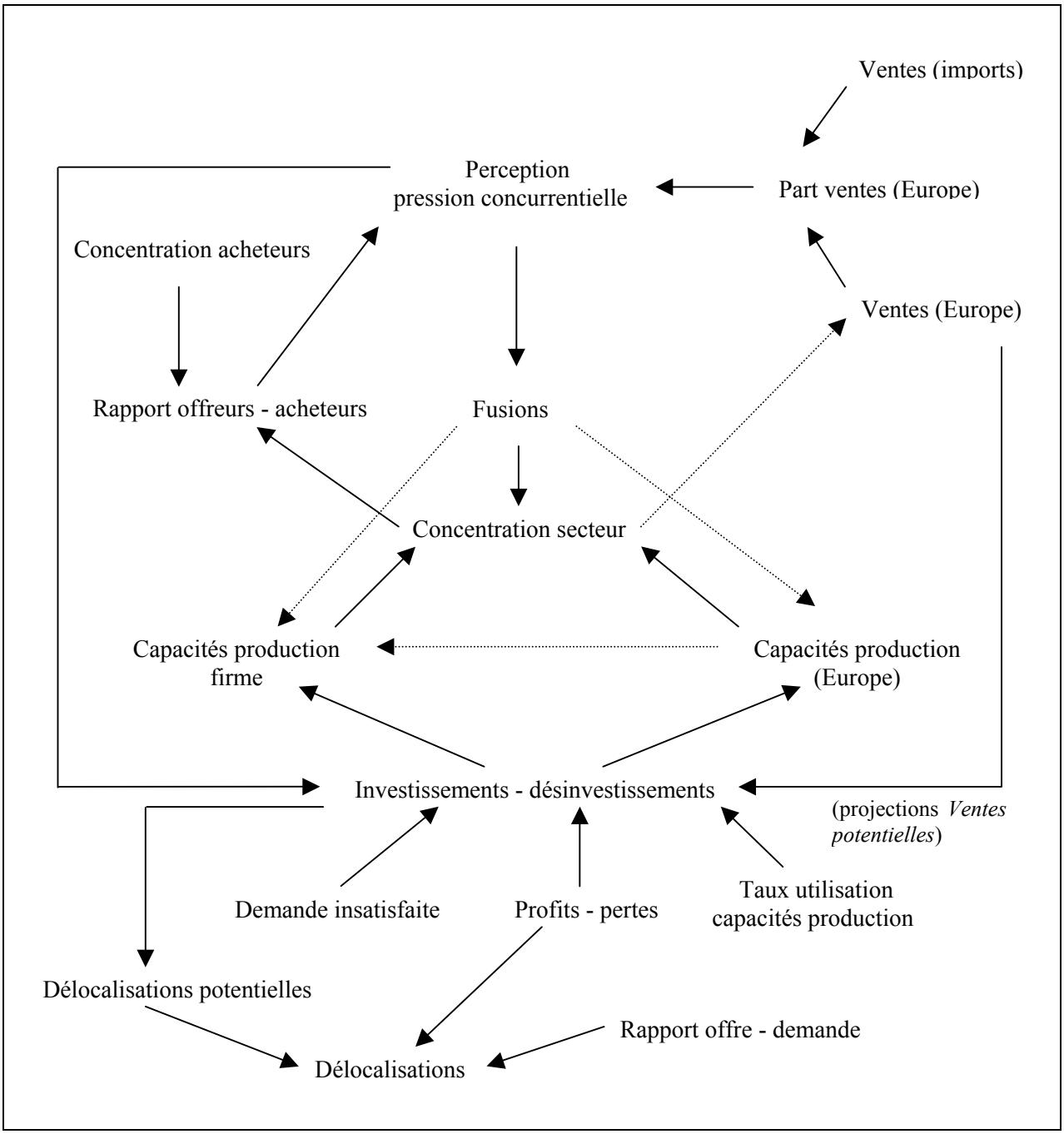
Le choix de cette formule se justifie par le fait que, non seulement le différentiel de prix doit être considéré, mais également les quantités. La réalité des comportements n'implique pas que 100% de l'offre, qui présente un prix inférieur au prix moyen de vente, soit achetée au déficit complet du reste de l'offre.

La présentation des deux offres implique une homogénéité des produits. Mais les importations peuvent éventuellement refléter un produit d'une qualité moindre, plus particulièrement en terme de disponibilité (délai du cycle de commande, flexibilité et fiabilité), plus que du point du vue des caractéristiques propres du produit, qui sont a priori considérées comme identiques compte tenu du fonctionnement du modèle. Cet aspect qualitatif peut être alors pris en compte dans le prix des importations, qui est fixé en fonction du prix de la production d'Europe de l'Ouest. Le prix des importations sera alors un prix généralisé, alors que le prix de la production d'Europe de l'Ouest dépend des coûts de production, de distribution et d'une marge.

Afin de prendre en compte cet aspect qualitatif, le prix des produits importés évolue, dans le modèle, selon des hypothèses de variation relative par rapport au prix offert par la production d'Europe de l'Ouest. Cette évolution peut être également liée à des hypothèses de variation relative du coût de la main-d'œuvre, et sera donc fortement dépendante du produit considéré, et du taux de main-d'oeuvre dans la fabrication. Les quantités importées sont elles-mêmes dépendantes des caractéristiques du produit, de son niveau de technicité par exemple. Les quantités initiales importées peuvent donc aussi faire l'objet de scénarios, mais leur évolution dépendra du modèle, et de la capacité éventuelle d'adaptation de la production d'Europe de l'Ouest.

2.3 Structure de production, investissements et désinvestissements en Europe de l'Ouest

Parties 3 et 4 : Structure de production, investissements et désinvestissements en Europe de l'Ouest



La structure de production en Europe de l'Ouest, c'est-à-dire le degré de concentration du secteur, est influencée par une variable appelée *Perception de la pression concurrentielle*. Il s'agit d'un indice, pouvant évoluer de 0, valeur équivalent à une situation de pression concurrentielle nulle, à 10 l'intensité la plus forte. Cet indice est influencé à la fois par l'évolution des parts de marché de la production d'Europe de l'Ouest, face aux importations, et par un rapport offreurs – acheteurs, sous la forme d'élasticités constantes. Cet indice pourrait être comparé à une variable subjective correspondant à la perception qu'a la firme de son environnement, dans une situation jugée plus ou moins stable et menacée. C'est pourquoi cette variable a une incidence sur les décisions éventuelles de concentration, car elle correspond à une volonté de maîtrise du marché et d'adaptation à des marchés en pleine expansion, stimulant les échanges et donc aussi les importations.

Ces fusions pourront ainsi favoriser la concentration des moyens de production[52], c'est-à-dire une réduction des unités de production totales, et permettre ainsi éventuellement des économies d'échelle. Nous verrons, dans une partie suivante, que ces décisions de concentration sont aussi soumises à des arbitrages de coûts. Les fusions pourront contribuer à accroître la compétitivité de la production d'Europe de l'Ouest, et augmenter de fait la part des ventes de l'Europe de l'Ouest (cette relation n'est pas détaillée dans cette partie). Cette relation entre l'évolution des parts de marché, la perception de la pression concurrentielle, et la concentration du secteur constitue une première boucle de rétroaction importante dans cette partie.

L'influence de la perception de l'environnement sur la concentration du secteur, donc des producteurs d'Europe de l'Ouest, va aussi contribuer à contrebalancer un rapport offreurs - acheteurs éventuellement défavorable, il s'agit d'une deuxième rétroaction importante. La concentration des acheteurs, comme celle des producteurs, correspond également à un indice variant de 1, un secteur très atomisé, à 10 un secteur dominé par une firme leader. Cet indice de concentration des acheteurs doit tenir compte principalement de la place de la grande distribution dans les achats, et de son propre taux de concentration. Il est évident qu'elle

[52] Cette éventuelle concentration des moyens de production peut être mise en parallèle avec les opérations engagées par les grands groupes, après des fusions – acquisitions, et justifiées par une volonté de rationalisation de la production (voir les nombreux exemples de la revue de presse en annexe 1).

exerce une influence essentielle sur les conditions d'achat, que nous retrouverons par ailleurs dans les réseaux de distribution, et dont les conséquences sur les flux de transport ne peuvent être ignorées. La place de la grande distribution dans les achats sera fortement dépendante, une fois de plus, du type de produit considéré. Cet indice de concentration de la grande distribution et son évolution devront donc être fixés selon le cas étudié.

Enfin, cette variable de perception de l'environnement influence également les opérations d'investissement et de désinvestissement (ou délocalisations), en les accélérant ou au contraire, en les ralentissant. Ce type de décisions introduit en effet des notions de délais, car elles ne peuvent être effectives immédiatement, et en particulier tout investissement entraîne une augmentation progressive des capacités de production. Ces retards peuvent expliquer, par exemple, que des capacités de production augmentent alors même que la demande a diminué. Les décisions ont été prises à un moment favorable, mais prennent effet lorsque la situation s'est inversée. L'ensemble de ces délais peuvent plus généralement contribuer à augmenter la complexité d'évolution des systèmes.

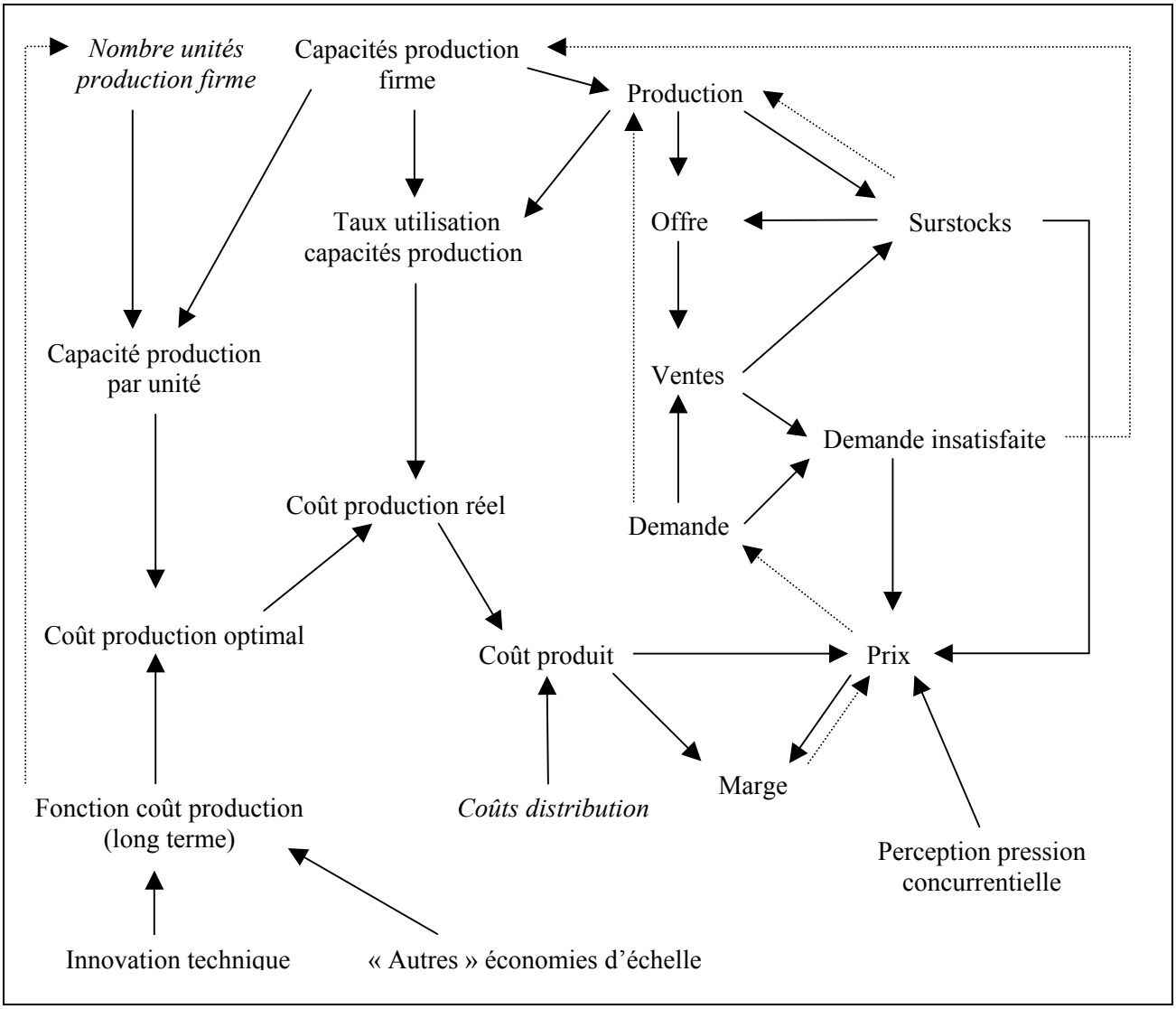
Toutes les opérations d'investissement, ou de désinvestissement, sont également soumises à un certain nombre de variables tels le taux d'utilisation des capacités de production, les pertes et profits, la demande insatisfaite éventuelle, et surtout selon des projections de la demande. Cette dernière prend la forme de l'extrapolation d'un trend des *Ventes potentielles*, étudiées précédemment et qui, d'une certaine manière, tiennent compte de ventes manquées, en introduisant un délai (puisque les décisions sont prises avec l'information disponible sur le moment, mais prennent effet avec un temps de retard). Enfin, toutes les opérations de désinvestissement peuvent être des délocalisations potentielles, à condition que le rapport offres (production d'Europe de l'Ouest et importations) – demande ne soit pas trop déséquilibré, et toujours selon les projections de la demande. En revanche, les quantités initiales importées sont fixées par des scénarios.

Comme cela avait été précisé lors de la conception du modèle, la firme étudiée représente soit l'entreprise aux caractéristiques moyennes dans un secteur relativement atomisé, soit une

firme leader, si le secteur est, ou vient à se concentrer. La comparaison des capacités de production de la firme, avec celles du reste de l'Europe de l'Ouest, agit ainsi sur l'indice de concentration des producteurs. Lors des opérations de fusions, les capacités de production d'Europe de l'Ouest sont *transvasées* progressivement vers celles de la firme, n'augmentant, de fait, pas le total des capacités d'Europe de l'Ouest sauf s'il y a eu des investissements entre temps.

2.4 Production, prix et coûts de la firme d'Europe de l'Ouest

Parties 5 et 7 : Production, prix et coûts de la firme d'Europe de l'Ouest



Ces deux parties du modèle concernent spécifiquement la firme d'Europe de l'Ouest étudiée. L'offre de la firme comprend d'une part sa production mensuelle, et d'autre part d'éventuels surstocks accumulés, du fait d'une inadéquation entre l'offre et la demande. La production s'adapte en fonction de projections à court terme de la demande et de ces éventuels surstocks. Cette inadéquation peut être due à un ralentissement de la demande (baisse du niveau des revenus, phénomène de saturation de la consommation, etc.), ou à une hausse des importations à un prix inférieur par exemple. Les surstocks, comme la demande insatisfaite,

influencent donc le prix. Mais l'évolution du prix est également soumise à la perception de la pression concurrentielle qui pourra entraîner une répercussion, soit faible soit totale, de l'évolution des coûts. Si la pression concurrentielle paraît nulle pour la firme, une hausse des coûts sera entièrement répercutée (même progressivement), tandis qu'une baisse permettra essentiellement d'augmenter la marge. La réaction sera inverse pour une firme en situation menacée, mais le prix reste contraint par une marge qui ne peut devenir négative. Concernant la demande insatisfaite, le modèle propose une influence du prix sous la forme d'une élasticité non constante, qui peut être encore une fois modulée selon le produit.

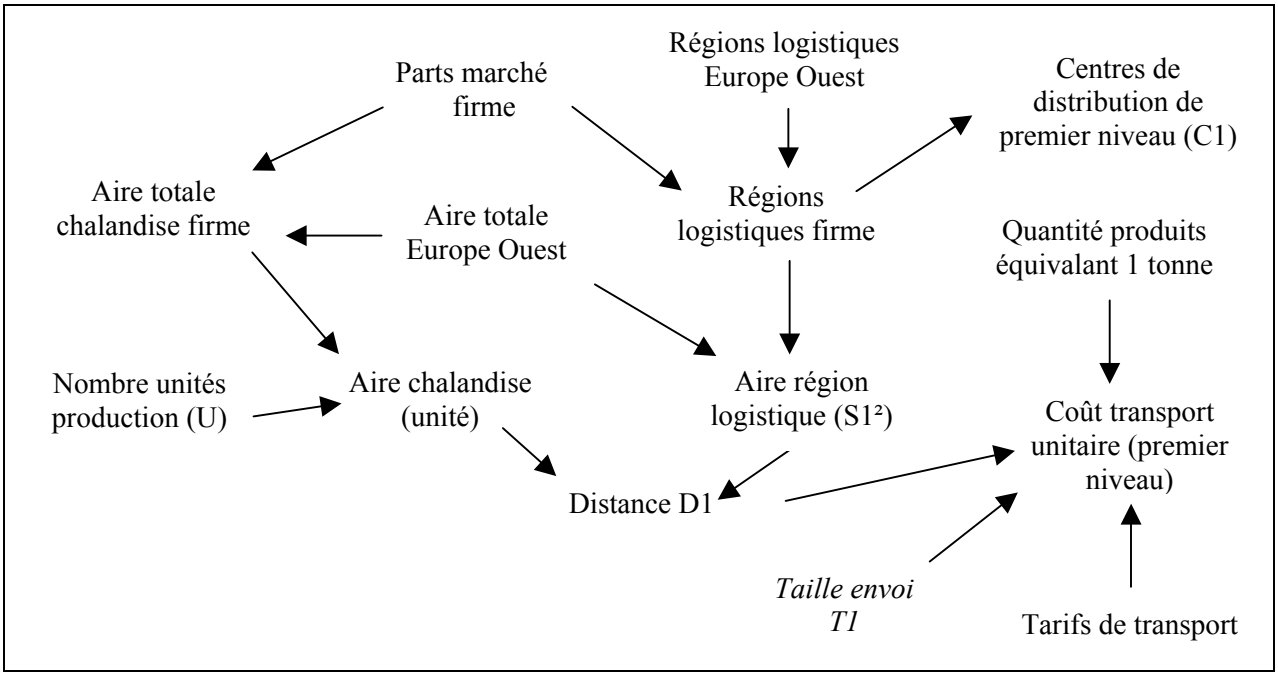
Comme cela avait été explicité lors de la conception du modèle, la fonction de coût de production de long terme permet de déterminer la capacité de production optimale pour une unité de production, ainsi que le coût de production optimal quelle que soit la capacité de production. Ce coût est, en effet, lui-même influencé par le taux d'utilisation des capacités de production. Il a été fait l'hypothèse dans le modèle, que cette fonction de coût de long terme pouvait être influencée par une innovation technique ou une variable appelée *Autres économies d'échelle*. La variable *Autres économies d'échelle* n'est pas liée aux capacités de production en elles-mêmes, mais elle correspond notamment à des économies d'échelle réalisées dans des domaines tels la recherche et le développement, essentiels dans certains secteurs.

La forme de la fonction de coût de production de long terme est définie dans le modèle selon des valeurs variant entre 0 et 1, en abscisse et en ordonnée ; et elle est caractérisée indépendamment par un coût de production maximum et une capacité de production maximum, correspondant à l'unité. En d'autres termes, l'ensemble des points de la courbe sont déterminés proportionnellement à ces deux variables. Ce choix se justifie principalement par une utilisation simplifiée du modèle, n'obligeant pas à introduire à chaque simulation une fonction exacte de coût de long terme à moins d'engendrer des résultats aberrants. Mais la fonction doit être définie pour la simulation d'un cas d'application. De plus, ces deux variables, de coût et de capacité de production maximum, peuvent être modifiées au cours d'une simulation. En particulier, le coût maximum pourra être modifié par la variable *Innovation technique* par l'intermédiaire d'un taux compris entre 0 et 1.

Enfin, le coût du produit dépend, d'après le diagramme, également de coûts de distribution qui comprennent des coûts de transport et de stockage. Ceux-ci seront détaillés dans les parties suivantes introduisant les réseaux de distribution.

2.5 Premier niveau de distribution de la firme d'Europe de l'Ouest

Partie 8 : Premier niveau de distribution de la firme d'Europe de l'Ouest



Cette partie 8 du modèle présente le premier niveau du réseau de distribution de la firme d'Europe de l'Ouest. La conception du modèle a montré qu'il était indispensable de distinguer deux grands types de réseaux, destiné pour l'un aux petits clients et pour l'autre, aux grands clients. Il s'agit principalement de différencier la grande distribution des autres clients potentiels, pour qui, la taille, la fréquence des envois et les exigences de service ne peuvent être comparées. Néanmoins, le premier niveau de distribution est le seul à être toujours partagé par les deux réseaux. Les différentes structures de distribution, envisagées dans le

modèle, sont présentées dans l'annexe 3 ; elles sont différenciées par type de clients et selon leur degré de centralisation (ou hiérarchisation). Les quatre cas envisagés, avec les différents niveaux de distribution, rendent en fait la conception du système de distribution assez complexe. Ces schémas permettent donc d'une part de visualiser l'organisation des réseaux de distribution, et d'autre part de se référer aux différentes notations utilisées pour la construction du modèle. Il a été choisi d'utiliser :

- *T* pour désigner la taille de l'envoi (en tonnes), *F* sa fréquence mensuelle;

- *D* la distance moyenne d'envoi ;

- *U* le nombre d'unités de production, *C* le nombre de centres de distribution ;

- l'aire logistique *couverte* par un centre de distribution est toujours assimilée à un carré de côté *S* ;

- l'indice *s* permet de spécifier les variables correspondant aux petits clients et *b*, celles des grands ;

- les chiffres désignent le niveau de distribution auquel nous nous référons : *1* étant pour le premier niveau de distribution, *2s* pour les centres de distribution dits *finaux* (qui font référence à la structure décentralisée destinée aux petits clients), *2b* étant pour les centres intermédiaires (ne pouvant concerner que les grands clients).

C'est ainsi que *T1* désigne de manière générique (sans distinguer ici petits ou grands clients), dans le diagramme présenté, la taille de l'envoi entre les unités de production et les centres de premier niveau qu'elles approvisionnent. La présentation des parties suivantes, sur la distribution, montrera que la détermination de T1 est soumise à un certain nombre de contraintes dans l'organisation des flux du réseau. Quant à la distance *D1*, qui est la distance moyenne entre les unités de production et les centres de premier niveau, elle dépend de deux variables. La première est l'aire de chalandise moyenne d'une unité de production, et l'autre correspond à l'aire de la région logistique (l'aire couverte par un centre de distribution de premier niveau). Le nombre de régions logistiques est un paramètre défini selon le type de produit et le secteur, et évoluant au cours de la simulation (voir la conception du modèle). Ce nombre théorique correspond à un *découpage* de l'Europe de l'Ouest, équivalent au nombre de centres de distribution de premier niveau de la firme, si elle est en mesure d'approvisionner

l'ensemble de l'Europe de l'Ouest. Ce sont ses parts de marché qui permettent de déterminer le nombre de régions logistiques qu'elle approvisionne, et donc le nombre effectif de centres de distribution de premier niveau (C1). D1 sera ainsi égale à la distance moyenne parcourue, soit dans l'aire de chalandise, si les unités de production sont supérieures en nombre, soit dans la région logistique si cette dernière est supérieure à l'aire de chalandise des unités.

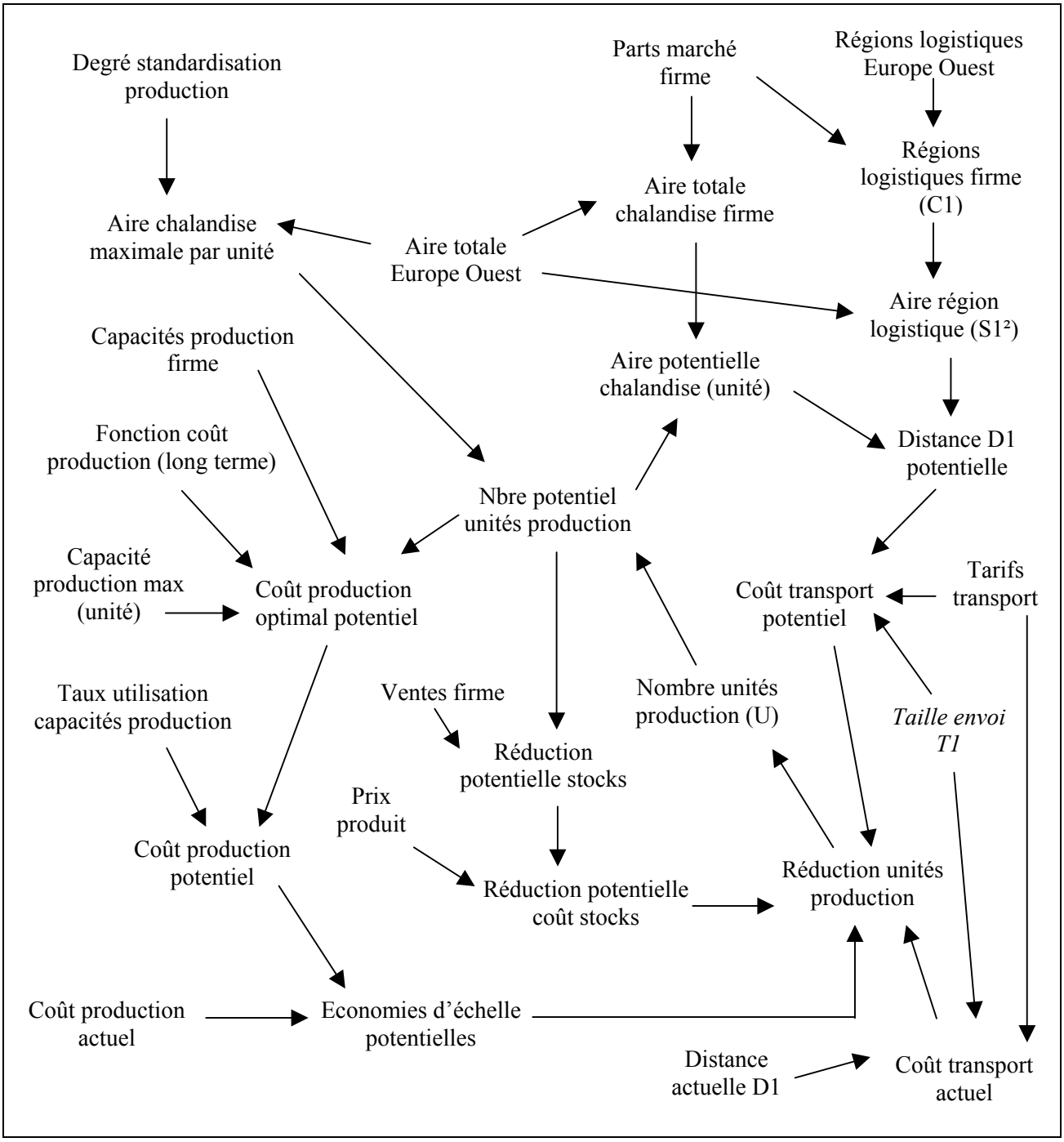
La taille T1 et la distance D1 permettent ainsi de déterminer le tarif de transport à la tonne (avec l'équation 1, établie lors de la conception du modèle, à partir de la Tarification Routière de Référence). Il est important de noter, cependant, que les deux constantes *0,063* et *11,029*, notées respectivement *a* et *b* dans le modèle, sont susceptibles d'être modifiées selon les scénarios d'évolution de ces tarifs. Cette question sera abordée avec les simulations du modèle ; pour la présentation de la construction du modèle, nous nous en tiendrons à l'équation établie à partir de la TRR.

$$Px(D,T)=(0{,}063D+11{,}029)\times 3{,}7037T^{-0{,}4431}$$

Ce coût de transport est ramené à un coût unitaire (par produit) grâce à un paramètre appelé *Quantité de produits équivalant 1 tonne*, permettant de tenir compte des rapports poids-volume ou poids-mètre linéaire (ils permettent de déterminer quelle quantité de produits correspond à un lot complet, pour un véhicule articulé de 40 tonnes de PTRA). Ce paramètre ne figurera pas sur les diagrammes suivants par commodité.

2.6 Moyens de production de la firme d'Europe de l'Ouest

Partie 6 : Moyens de production de la firme d'Europe de l'Ouest



Cette partie concerne la concentration éventuelle des moyens de production de la firme, c'est-à-dire une diminution du nombre des unités de production et, de fait, une capacité de production unitaire accrue. La décision de concentration des unités est soumise à un arbitrage entre coûts de production, de stockage et de transport. Pour ce faire, cette partie du modèle propose une simulation de la concentration (d'où le terme de *potentiel* employé dans le nom des variables), permettant d'évaluer un possible gain. Tous les coûts ont été ramenés, dans le modèle, à un coût par produit. La fonction de coût de production a déjà été explicitée dans les parties précédentes. Le coût de stockage concerne ici exclusivement le stock industriel, c'est-à-dire celui se situant sur les sites de production. Lorsque ceux-ci viennent à diminuer en nombre, le total des stocks industriels diminue également. Lors de la présentation de la conception du modèle, les arbitrages faisant intervenir les coûts des stocks ont montré que le niveau du stock moyen dans un centre de distribution était équivalent à la moitié de la taille de l'envoi reçu.

Nous avons supposé, dans le modèle, qu'il en était de même au niveau des unités de production (on retrouve cette hypothèse dans l'extension du modèle EOQ par Blumenfeld et al., 1985).

$$Stocks(industriels)=U\times\frac{T_1}{2}$$

En fait, dans le modèle, si le nombre de centres de premier niveau approvisionnés par chaque unité de production conduit à une fréquence d'envoi mensuelle supérieure à 20, il en sera tenu compte dans le calcul du stock de la manière suivante : $Stocks(industriels)=U\times\frac{T_1}{2}\times\frac{F_1\times C_1}{20U}$.

Il en sera tenu compte de la même manière dans une structure de distribution hiérarchisée, par exemple entre les centres de premier niveau et de niveau intermédiaire pour le réseau des grands clients (ce qui aura également de fait une incidence sur la taille d'envoi T1b).

En d'autres termes, le stock moyen à l'usine est équivalent à la moitié de la taille des envois qu'elle expédie ; pour une taille d'envoi inchangée, une réduction du nombre d'unités de production est donc équivalente à une augmentation du taux de rotation des stocks industriels (ce raisonnement n'est naturellement pas valable pour une réduction des centres de

distribution). Le calcul tient compte, en outre, dans le modèle, des différents envois constitués par les quantités destinées aux petits et aux grands clients.

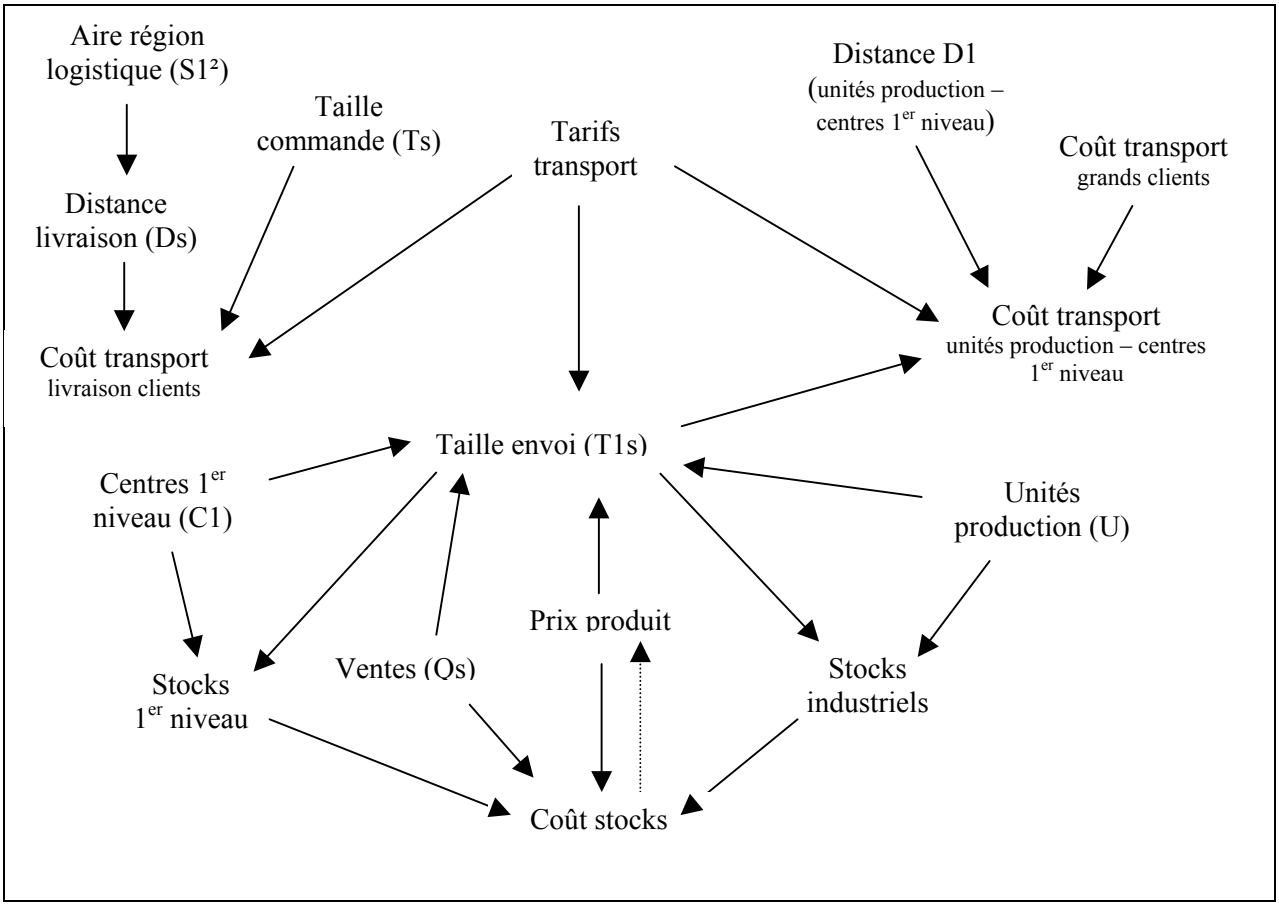
En effet, les deux réseaux ne peuvent être traités complètement indépendamment l'un de l'autre. De fait, si la taille des envois destinés au réseau des grands clients offre des tarifs de transport inférieurs à ceux des petits clients, grâce à une massification, les envois des petits clients en bénéficieront aussi, en supposant qu'ils sont expédiés en même temps, et donc à la condition que la fréquence des envois des grands clients soit supérieure, ou égale, à celle des petits clients. Ces différents calculs, liés à l'organisation des réseaux, seront présentés dans les parties suivantes sur la distribution.

Enfin si la décision de concentration est prise, l'aire de chalandise de chaque unité de production sera augmentée, et de fait, potentiellement la distance moyenne D1. C'est cette variation de la distance qui permettra d'évaluer l'augmentation du coût unitaire de transport. La variation de l'ensemble de ces coûts unitaires (production, stockage et transport) rendra ou non la décision de concentration effective.

Néanmoins, le diagramme indique qu'il existe une autre restriction à l'éventuelle concentration des moyens de production, il s'agit de l'aire maximale de chalandise d'une unité de production. Elle correspond au degré de standardisation de la production, évoquée dans la section précédente, et susceptible d'évoluer au cours de la simulation. L'Europe de l'Ouest est considérée comme un ensemble de régions présentant des marchés homogènes du point de vue de la production, selon le type de produit considéré. Nous pouvons également noter que le nombre minimum d'unités de production peut être également contraint par la capacité maximale d'une unité de production (ce qui n'a pas été indiqué sur le diagramme).

2.7 Le réseau de distribution des petits clients

Partie 9 : Structure de distribution centralisée (petits clients)



La structure de distribution centralisée comprend deux niveaux de distribution, le premier étant celui des unités de production, et le second étant celui des centres de distribution de premier niveau, correspondant aux régions logistiques (voir le schéma de l'annexe 3). La taille de commande moyenne pour ces clients est déterminée par un paramètre qui doit être fixé, dans le modèle, selon le type de produit étudié, tandis que la distance moyenne de livraison dépend de l'aire de la région logistique. Ces deux éléments permettent, en utilisant l'équation 1 des tarifs de transport, de déterminer les coût unitaire de transport pour la livraison aux clients.

En revanche, il existe un optimum à calculer, entre coûts de transport et coûts de stockage, pour déterminer la taille des envois T1s, provenant des unités de production et à destination

des centres de distribution de premier niveau. Cet optimum sera calculé en reprenant l'équation 1 des coûts de transport, et l'équation 2 en tenant compte des stocks industriels (sur les sites de production) et au niveau des centres de distribution.

La somme des coûts de transport et de stockage, exprimés à l'unité, en fonction de la taille de l'envoi T1s est donnée par l'équation suivante :

$$Cstocks(T_{1s})+Ctransport(T_{1s})=(0{,}063D_1+11{,}029)\times\frac{3{,}7037T_{1s}^{-0{,}4431}}{n}+\frac{Pni}{Qs}\times\frac{T_{1s}}{2}\times(U+C_1)$$

Qs, étant les quantités mensuelles vendues aux petits clients (l'ensemble des notations figurent également sur les schémas de l'annexe 3), et *n* correspondant à la variable *Quantité de produits équivalant 1 tonne*.

L'optimum de T1s étant donné lorsque la dérivée première s'annule, il vient :

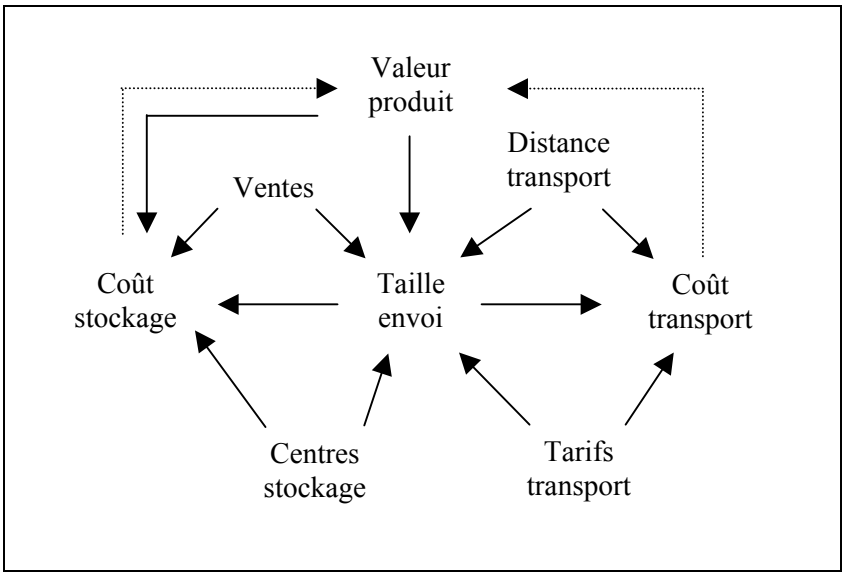
$$T_{1s}^{*}=\left(\frac{2Qs(0{,}063D_1+11{,}029)\times3{,}7037\times0{,}4431}{Pn^2i(U+C_1)}\right)^{\frac{1}{1{,}4431}}$$

(selon les hypothèses de variation des tarifs de transport, les constantes de l'équation seront modifiées).

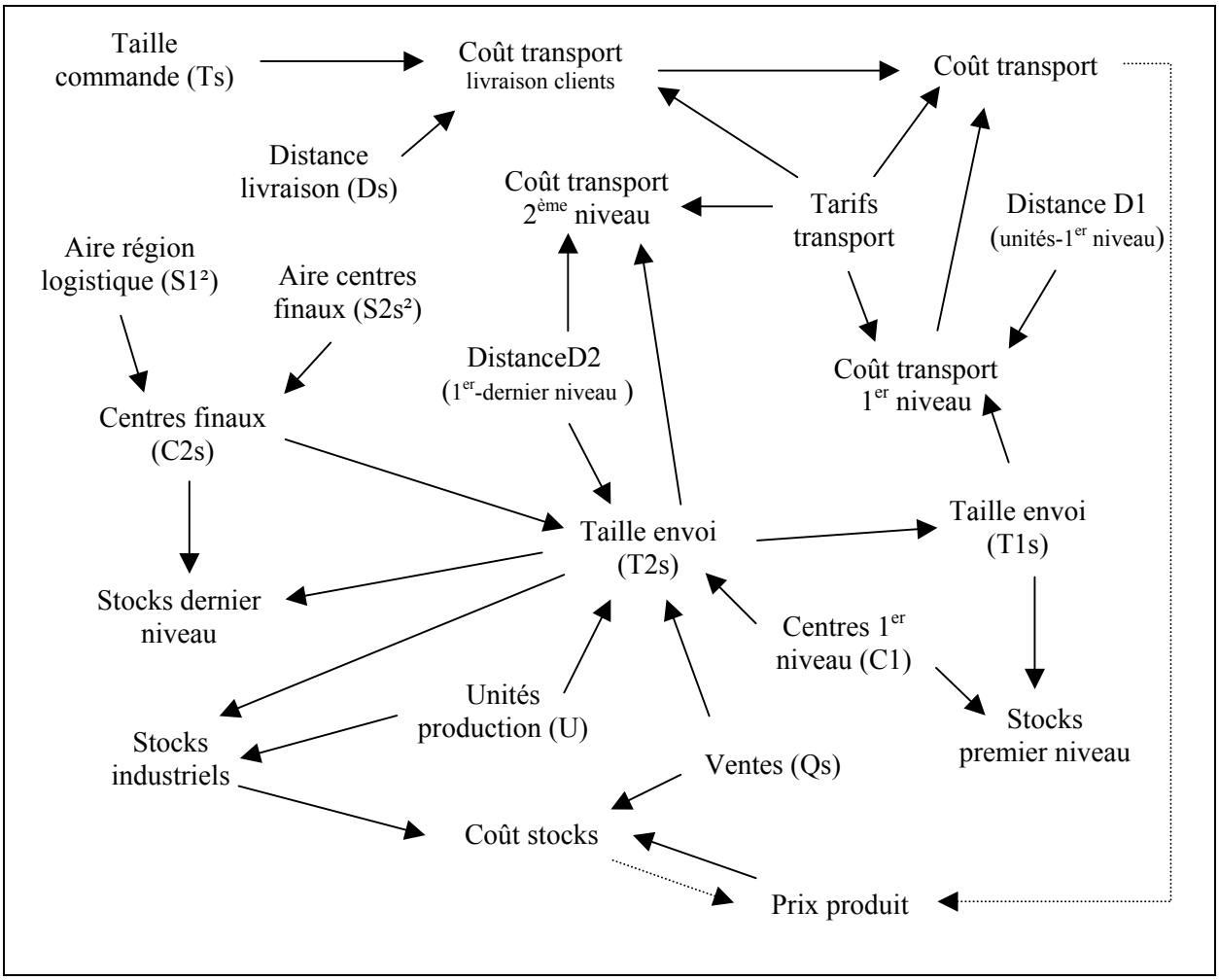
Par ailleurs, deux contraintes ont été posées, l'une porte sur la valeur de la taille de l'envoi, et l'autre sur celle de la fréquence (variable non indiquée sur le diagramme). D'une part, l'envoi est limité à 25 tonnes, car il s'agit de la charge utile maximale pour laquelle le tarif de transport est minimum ; d'autre part, si le calcul donne une taille d'envoi inférieure à 25 tonnes, avant même l'application de la première contrainte, la fréquence maximale mensuelle a été fixée à 20 (compte tenu des jours ouvrés moyens dans un mois). Ces contraintes sont, en fait, importantes dans l'interprétation des résultats d'une simulation. En effet, si les envois sont, par exemple, de 25 tonnes, cela signifie que tous les envois s'effectuent par camion complet, et si la fréquence est supérieure à 20, cela implique qu'il peut y avoir plusieurs camions complets certains jours. Ces notions de massification, de variations des quantités - fréquences des envois sont essentielles pour les flux de transport.

Enfin, les coûts de stockage et de transport agissent par rétroaction sur le prix du produit (l'influence des coûts de transport ne figure pas sur le diagramme afin de ne pas le surcharger). La détermination de la taille optimale d'un envoi, entre deux niveaux du réseau de distribution, peut être résumée simplement avec le diagramme d'influence suivant. Dans ce diagramme, comme dans les autres, les coûts de transport et de stockage sont exprimés à l'unité (à la tonne ou par produit, mais la variable *Quantité de produits équivalant une tonne* n'est pas indiquée).

Diagramme : détermination de la taille optimum de l'envoi entre deux niveaux du réseau de distribution



Partie 10 : Structure de distribution décentralisée (petits clients)



Dans le cas de la structure décentralisée, le réseau présente un troisième niveau de distribution constitué par des centres de distribution finaux. Leur nombre est déterminé de sorte que chacun de ces centres puisse couvrir une aire moyenne de 150 kilomètres de rayon, afin de permettre l'organisation de tournées de livraison.

Cette structure implique, comme dans le cas précédent, le calcul d'un optimum entre coûts de transport et de stockage, mais en faisant intervenir deux tailles d'envoi, T1s comme précédemment, et T2s entre les centres de premier niveau et de dernier niveau. Les calculer indépendamment peut conduire à des aberrations car T1s n'est pas indépendant de T2s, de même que les stocks moyens aux différents niveaux ne sont pas indépendants dans le réseau. D'une part les quantités de produits en stocks au premier niveau doivent être suffisantes pour réaliser les envois du deuxième niveau, et d'autre part parce que si les quantités sont très

importantes au premier niveau (peu de centres par exemple, faible coût des stocks par rapport au transport), il devient inutile de trop fractionner les envois à destination du dernier niveau. En effet, le coût du stockage n'est pas différencié dans le modèle selon le niveau du réseau de distribution, bien que cela puisse être envisagé par l'intermédiaire du taux *i*, valorisant le stock immobilisé. Dans la réalité, le coût intrinsèque des stocks peut effectivement augmenter au fur et à mesure que les produits parviennent jusqu'aux marchés de consommation, car ils sont de en plus différenciés vers l'aval.

Dans le modèle, il a donc été posé, par hypothèse, la relation suivante entre T1s et T2s : $T_{1s}=2\times(T_{2s})$

De cette manière, le stock moyen au premier niveau, égal à la moitié de T1s, étant équivalent à la taille d'envoi à destination du dernier niveau, il peut être jugé suffisant pour les expéditions. De plus, la condition sur la taille T2s empêche de fractionner inutilement les envois, dont la conséquence serait d'augmenter les coûts de transport sans diminuer les coûts de stockage en contrepartie.

La somme des coûts unitaires de transport (par produit) conduit ainsi à l'équation suivante :

$$Ctransport(T_{2s})=(0{,}063D_1+11{,}029)\times\frac{3{,}7037\times\left(2T_{2s}\right)^{-0{,}4431}}{n}+(0{,}063D_2+11{,}029)\times\frac{3{,}7037\times T_{2s}^{-0{,}4431}}{n}$$

La somme des coûts unitaires de stockage correspond à l'équation suivante :

$$Cstocks(T_{2s})=\frac{Pni}{Qs}\times\frac{2T_{2s}}{2}\times(U+C_1)+\frac{Pni}{Qs}\times\frac{T_{2s}}{2}\times C_2$$

L'optimum de T2s sera obtenu lorsque la dérivée première de la somme des ces coûts de transport et de stockage s'annule, il vient :

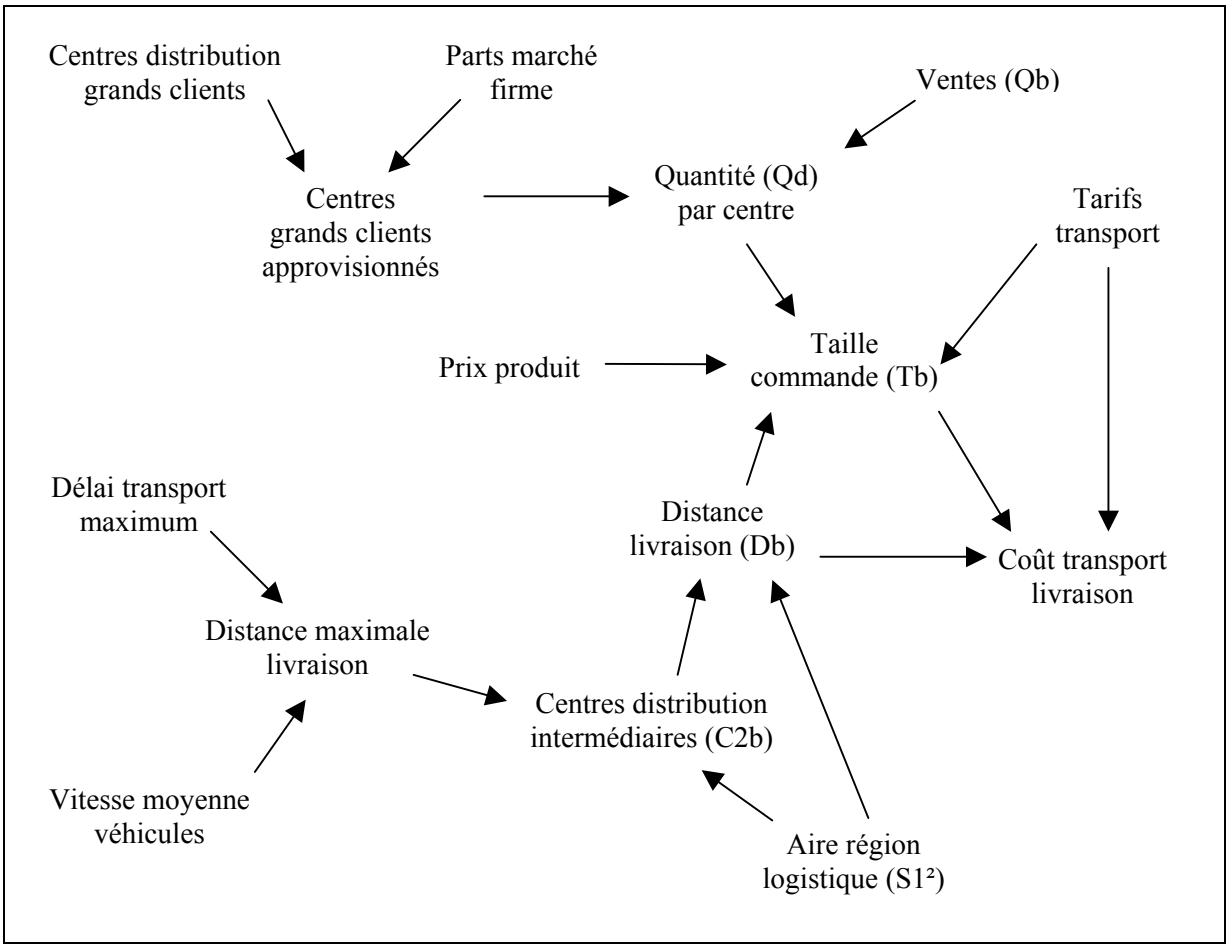
$$T_{2s}* = \left(\frac{2Qs \times 3{,}7037 \times 0{,}4431 \times \left[(0{,}063D_1 + 11{,}029)2^{-0{,}4431} + 0{,}063D_2 + 11{,}029 \right]}{Pn^2 i \times \left(2(U + C_1) + C_2 \right)} \right)^{\frac{1}{1{,}4431}}$$

La comparaison entre les coûts de distribution de l'une et l'autre structure permettra de déterminer si c'est une structure centralisée, ou décentralisée, qui approvisionnera les petits clients. Les coûts de distribution ont, de fait, une incidence sur les distances moyennes de transport, et les conditions peuvent naturellement conduire à un changement de la structure au cours d'une simulation.

2.8 Le réseau de distribution des grands clients

La structure du réseau de distribution des grands clients, comprenant deux niveaux de distribution, est semblable à celle des petits clients. Néanmoins, elle présente une différence majeure qui est la taille des commandes passées par ces clients. Alors que pour les petits clients elle est fixée par un paramètre ; dans le cas de la grande distribution, où les volumes ne sont pas comparables, la taille est déterminée par un optimum calculé par le client selon ses propres coûts. En d'autres termes, les grands distributeurs décident de la taille et de la fréquence de leurs approvisionnements, afin d'optimiser leurs coûts de transport et de stockage.

Parties 12 et 13 : La détermination de la taille de la commande des grands clients



La variable Qd représente la quantité mensuelle de produits livrée dans chaque centre de distribution appartenant à un grand distributeur (ou un grossiste). La somme des coûts unitaires de transport et de stockage conduit à l'équation suivante :

$$Cstocks(T_b)+Ctransport(T_b)=(0{,}063D_b+11{,}029)\times\frac{3{,}7037T_b^{-0{,}4431}}{n}+\frac{Pni}{Qd}\times\frac{T_b}{2}$$

D'où la taille optimale de la commande Tb :

$$T_b^* = \left(\frac{2Qd(0{,}063\,D_b+11{,}029)\times 3{,}7037\times 0{,}4431}{Pn^2 i}\right)^{\frac{1}{1{,}4431}}$$

Dans la structure centralisée des grands clients, comme dans celle comprenant des centres intermédiaires, les calculs pour déterminer T1b et T2b sont identiques à ceux correspondant

au réseau destiné aux petits clients. C'est pourquoi des diagrammes complets des parties 12 et 13 du modèle, consacrées au réseau des grands clients, n'ont pas été présentés dans cette sous-section.

Cependant, la détermination de la taille de la commande entraîne une différence essentielle, car la taille de l'envoi T1b (ou T2b s'il existe des centres intermédiaires) est contrainte par cette taille de commande Tb*. En effet, les stocks moyens situés au premier niveau de distribution (ou au deuxième niveau) devront être toujours en quantités suffisantes pour satisfaire les commandes de la grande distribution. Par hypothèse, il a été posé que ce stock moyen devait être égal, ou supérieur, à la taille de la commande (sur le principe de l'hypothèse présentée précédemment entre T1 et T2, à la différence que dans ce cas il n'y pas nécessairement égalité).

Outre la différence concernant la taille de commande des clients, la structure hiérarchisée diffère de celle présentée pour les petits clients par le mode de détermination des centres de distribution intermédiaires, ceux-ci n'ayant pas la même fonction. En effet, ils sont mis en place en fonction des exigences de délais des grands clients, définis selon des temps de transport maximum, et donc fonction de la vitesse moyenne des véhicules. Leur nombre variera selon l'aire moyenne de la région logistique et éventuellement selon des scénarios de congestion.

2.9 Présentation des résultats du modèle

L'évolution de chaque variable du modèle peut être présentée sous forme de graphiques (ou de tableaux). Mais certaines variables ont été spécifiquement créées afin d'analyser les flux de marchandises, il ne s'agit pas, de fait, à proprement parler de variables puisque celles-ci n'influencent pas le système.

L'évolution des flux sera ainsi présentée en termes de tonnes chargées, qui dépendent du nombre de liaisons de transport à l'intérieur des réseaux de distribution, en tonnes-kilomètres,

selon des distances moyennes de transport, et la distance totale parcourue par un produit dans les réseaux. Les flux seront aussi représentés sous la forme de quantités – fréquences, par l'intermédiaire de la variation des tailles d'envoi et de leur fréquence aux différents niveaux de distribution. Comme cela a déjà été précisé précédemment, la taille de l'envoi est rarement considérée comme une variable dans les modèles d'optimisation analysant les réseaux de distribution. Pourtant, elle joue un rôle essentiel dans les coûts de transport et de stockage. Elle peut également rendre compte de la capacité ou non du chargeur à massifier certains flux, élément essentiel du point de vue des trafics et des considérations de développement durable. Certains professionnels de la logistique évoquent une notion de *rythmisation*[53] des flux, qui ne peut être considérée dans les mesures statistiques, en tonnes ou tonnes-kilomètres, et pourtant elle est souvent mise en cause dans les pratiques en juste-à-temps.

Les simulations du modèle devront donc aider à analyser l'incidence de l'ensemble de ces éléments sur les flux de marchandises, depuis la centralisation des réseaux de distribution et la concentration des moyens de production, jusqu'à la taille des envois, avec une évaluation de l'influence des coûts de transport et du rôle qu'ils peuvent jouer.

[53] Ce terme n'existe pas dans la langue française.

Troisième partie :
Résultats du modèle SANDOMA

1 Présentation des simulations du modèle

Les descriptions de la conception et de la construction du modèle ont montré qu'il pouvait éventuellement être adapté à des cas d'application précis, nous présenterons donc en illustration un cas spécifique, qui est celui de la production et de la distribution des œufs. Mais le modèle a été conçu, avant tout, afin d'éclairer d'une part, le lien complexe qui existe entre l'évolution des flux de marchandises et les systèmes logistiques, et d'autre part le rôle des coûts de transport dans ces organisations. Enfin, il devra aider à répondre à la question posée sur les incidences éventuelles d'une hausse des prix de transport sur les systèmes logistiques, et de fait sur les flux de marchandises. Deux types de scénarios distincts ont ainsi été utilisés simultanément pour réaliser les simulations du modèle.

Le premier type de scénarios permet d'introduire des hypothèses fortes, relatives aux évolutions des organisations logistiques, dont les tendances émergentes et pressenties ont été mises en avant dans de nombreuses études, signalées en première partie. Sans être adapté à des cas d'application précis, le modèle simulera quelques grands types de produit dont les caractéristiques génériques et le marché seront précisés. L'objet de ces simulations est de mettre en avant cette interdépendance entre organisations logistiques, depuis la production jusqu'à la distribution finale, et flux de marchandises. Dans un second temps, ces simulations seront, elles-mêmes, soumises à des hypothèses différenciées d'évolution des prix de transport. Il est sous-entendu que ces hypothèses de hausse des prix sont liées aux politiques de tarification des transports, et principalement aux mesures qui seront prises à un niveau européen.

1.1 Modalités d'application du modèle

Un certain nombre de variables, dans le modèle, doivent être ajustées en fonction des caractéristiques du produit que l'on souhaite étudier, des caractéristiques de son marché et de son mode de distribution. Ces modalités d'adaptation au cas étudié consistent :

- à fixer la valeur initiale de certaines variables (le prix du produit par exemple) ;
- à déterminer des constantes, telle la quantité de produits équivalant à une tonne ;
- à ajuster certaines fonctions, telle l'élasticité de la demande au prix ;
- ou encore à définir l'évolution de certains paramètres durant la durée de la simulation, en référence à des hypothèses, relatives par exemple, au degré de standardisation d'une production sur les 25 ans à venir (tous ces paramètres peuvent également rester constants).

Certaines de ces variables sont donc des constantes, d'autres prennent la forme de fonctions (permettant par exemple de représenter des élasticités non constantes et asymétriques). Enfin, d'autres correspondent à des séries de données évoluant ainsi au cours de la simulation, selon des hypothèses qui feront l'objet de scénarios explicités dans les sous-sections suivantes. Le tableau suivant propose une présentation des variables permettant de spécifier le produit étudié, son marché, et son mode de distribution, selon un certain nombre de caractéristiques, et en précisant chaque fois s'il s'agit d'une valeur initiale, d'une fonction ou d'un paramètre évoluant au cours du temps (il est alors marqué d'un astérisque). Ces derniers ont été choisis comme tels afin de faire l'objet de scénarios ; tandis que les variables pour lesquelles rien n'est précisé correspondent en principe à des constantes, mais elles peuvent toujours, si nécessaire, faire l'objet d'hypothèses d'évolution dans le temps (par exemple, une diminution de la quantité de produits équivalant une tonne pourrait indiquer une baisse de la masse volumique des produits transportés).

Principales variables à ajuster dans le modèle

Variables caractérisant :		Signification pour le modèle :
le produit	• taux *i*	valorise le coût intrinsèque des stocks
	• quantité de produits équivalant une tonne (constante)	prend en compte les rapports poids-volume et poids-mètre linéaire pour la détermination des tarifs de transport
la demande	• demande initiale (en Europe de l'Ouest) • élasticité de la demande au prix (fonction) • élasticité de la demande aux revenus (fonction)	ces variables dépendent du type de produit étudié et de son marché (produit de grande consommation, de luxe, indispensable, etc.)
	• consommation maximale mensuelle par personne	indique un possible niveau de saturation de la consommation
l'offre	• capacité initiale de production de la firme • capacité initiale de production en Europe de l'Ouest	le rapport de ces deux valeurs détermine le degré de concentration initial des producteurs, leur somme, confrontée à la demande initiale, détermine le taux initial d'utilisation des capacités de production
	• fonction de production (de long terme)	détermine le coût de production (optimal) pour chaque capacité de production, et la capacité de production optimale d'une unité ; rend compte d'éventuelles économies d'échelle
	• nombre initial d'unités de production de la firme	indique la capacité de production initiale des unités, et le degré initial de concentration des moyens de production de la firme
	• prix de vente initial (offert par la production d'Europe de l'Ouest)	détermine la valeur du produit et la marge initiale
	• capacité maximale de production d'une unité	influence le nombre total des unités de production
	• degré de standardisation de la production*	influence la concentration des moyens de production, en déterminant l'aire maximale de chalandise d'une unité de production
	• quantités initiales importées • rapport entre le prix de vente des importations et le prix de vente offert par la production d'Europe de l'Ouest*	à définir à une date t dépend en particulier du taux de main-d'œuvre et d'hypothèses d'évolution relative de son coût par rapport à celui d'Europe de l'Ouest

Variables caractérisant :		Signification pour le modèle :
la distribution	• nombre de régions logistiques en Europe de l'Ouest*	influence le nombre de centres de distribution de premier niveau (c'est-à-dire la centralisation des réseaux de distribution)
	• indice de concentration de la grande distribution*	détermine les parts de marché de la grande distribution dans les ventes, et influence le rapport offreurs/acheteurs
	• Nombre de centres *grands clients* en Europe de l'Ouest à livrer	correspond aux entrepôts de la grande distribution et des grossistes, ou aux grandes surfaces (selon les cas)
	• temps de transport maximum exigé • vitesse moyenne des camions*	exigence de temps de livraison de la grande distribution, ces variables agissent sur la structure du réseau de distribution
	• taille de commande moyenne des petits clients	détermine la fréquence de leurs livraisons
	• tarifs de transport*	évoluent selon la politique des transports

Nous pouvons rappeler que le taux *i*, qui permet de valoriser le coût intrinsèque des stocks, doit tenir compte de risques propres au produit telles l'obsolescence, son caractère périssable ou fragile, etc. (voir deuxième partie). Il n'est donc pas uniquement lié à l'immobilisation du capital et à l'occupation d'un espace de stockage, et sa détermination est essentielle dans le calcul des coûts de stockage.

L'ensemble des variables présentées dans ce tableau figurent dans la deuxième partie, avec la construction du modèle. Les variables sur lesquelles elles agissent y sont également décrites.

Bien d'autres variables peuvent être naturellement ajustées ou d'autres paramètres considérés pour des scénarios. L'ensemble de ces éléments ont également été mentionnés en deuxième partie, mais n'ont pas été retenus dans la liste des principales variables à adapter. A titre d'exemple, le délai introduit entre la prise de décision d'un investissement, et l'augmentation effective et progressive des capacités de production, peut être ajusté selon le secteur de production. De même la distance maximale de 150 kilomètres, définie pour organiser une tournée de livraison à partir d'un centre de distribution final, peut être modifiée.

Le nombre de variables présentées ici a été volontairement réduit, afin de faciliter l'utilisation du modèle et l'interprétation des résultats lorsqu'il est appliqué à des cas génériques. Il s'agit des variables principales qui doivent être adaptées quelle que soit la simulation. Deux approches sont à considérer, d'une part celle qui consiste à simuler un cas d'application réel, nécessitant aussi l'ajustement de certaines relations entre variables, et d'autre part, celle dont la finalité est principalement l'aide à la compréhension des phénomènes. Cette vocation explicative, essentielle, conduit à utiliser des ordres de grandeurs et des valeurs génériques pour spécifier un type de produit, son marché. Elle correspond à la série de simulations proposées après le cas d'application des œufs, et éventuellement seules les variables retenues ici peuvent être modifiées.

1.2 Hypothèses d'évolution des systèmes de production et de distribution

Les scénarios d'évolution du système logistique font référence aux tendances évoquées en première et deuxième partie. Ils concernent d'une part des hypothèses relatives à la concentration des moyens de production, par le biais d'un paramètre appelé *Standardisation de la production*, et d'autre part des hypothèses relatives au degré de centralisation des structures de distribution.

Le paramètre de standardisation de la production permet, en fait, de déterminer une aire de chalandise maximale pour une unité de production. Celle-ci correspond à la taille moyenne d'une région dont la demande, grâce à l'homogénéité de ses caractéristiques, peut être satisfaite par la même production. Cependant, la concentration des moyens de production est aussi soumise dans le modèle à des contraintes de coûts, liés à des économies d'échelle potentielles et à la distribution, et éventuellement à une taille maximale de capacité de production pour une unité.

En ce qui concerne les hypothèses de concentration des réseaux de distribution, il s'agit ici uniquement d'une possible réduction des centres de distribution de premier niveau. En effet, ces derniers dépendent d'un paramètre appelé *Régions logistiques*, explicité lors de la construction du modèle. Leur concentration pourrait être assimilée, dans certains cas, à une standardisation de la distribution des produits. Le nombre de centres de premier niveau est donc déterminé dans le modèle par l'intermédiaire de ce paramètre, et en fonction des parts de marché de la firme.

L'existence de centres de distribution intermédiaires ou finaux, ainsi que leur nombre, sont quant à eux déterminés par l'évolution du modèle selon des critères de coûts et de délais de livraison.

L'ensemble de ces hypothèses seront explicitées avec les différents cas d'application du modèle.

1.3 Scénarios d'évolution des prix de transport

Pour les simulations du modèle SANDOMA, quatre grands scénarios d'évolution des tarifs de transport sont proposés. Ils ont été établis en se référant, d'une part, aux scénarios réalisés en France dans le cadre de l'élaboration des schémas de service de transport, par le Service Economique et Statistique (SES) du Ministère de l'Equipement[54], et d'autre part à des scénarios établis par des consortiums européens, dans le cadre de projets de recherche réalisés à la demande de la Direction Générale Transport et Energie (DG TREN). Pour ces derniers, il s'agit plus précisément du projet SCENES (rapport final, 2002) ainsi que du rapport du cabinet d'études et de recherche néerlandais TNO, *Definition of Scenarios* publié en 1999. L'ensemble de ces scénarios ont pour objectif de permettre de réaliser des projections de la demande de transport, de personnes et de biens, à l'horizon 2020. Tous tiennent compte

[54] DATAR, automne 2000, p.107-111 ; Girault et Grima, 1998.

d'hypothèses variées sur l'évolution des prix du transport, définies essentiellement selon les interventions des pouvoirs publics. Pour le transport routier de marchandises, les scénarios tendanciels ou de référence proposent soit une baisse des tarifs routiers sur la base des décennies passées, soit une légère hausse en tenant compte des inflexions récentes en matière de politique des transports. A l'inverse des scénarios alternatifs, plus ou moins volontaristes, proposent des hausses de tarifs variant, sur une période de 24 ou 25 ans (de 1995-96 à 2020), de 17 à 65%, dans un but de développement durable et d'internalisation des coûts externes.

Les scénarios ainsi retenus pour les simulations du modèle sont présentés dans le tableau suivant[55].

Scénarios d'évolution des tarifs de transport dans le modèle SANDOMA

Intitulé	Taux de croissance annuel moyen	Croissance sur la période 2000-2025
Scénario de référence	*0*	*0%*
Scénario tendanciel	-0,005	-12%
Scénario de base	0,002	+5%
Scénario de développement durable	0,015	+45%
Scénario interventionniste	0,02	+64%

Le premier scénario sera utilisé uniquement à titre de référence et donc de comparaison avec les autres scénarios. Il correspond, en effet, à un taux de croissance nul des tarifs de transport,

[55] L'évolution des tarifs de transport s'effectue, dans le modèle, par l'intermédiaire des constantes notées *a* et *b* de l'équation 1, explicitées dans la deuxième partie. L'évolution de ces paramètres selon les quatre scénarios figure dans l'annexe 4 (elle est calculée sur la base de la TRR mise à jour en avril 2002).

mais également des revenus (alors que pour tous les autres ce dernier est conforme aux projections du CEPII). Le scénario dit de *référence* sera, en fait, celui pour lequel l'ensemble des paramètres resteront à leur valeur initiale, il en sera donc de même concernant les hypothèses d'évolution des systèmes de production et logistique.

Le second scénario, appelé *tendanciel*, correspond donc aux tendances d'évolution observées par le passé, et le troisième à un scénario de base plus en conformité avec les évolutions récentes de la politique des transports. Ce dernier sera également utilisé comme référence, et en particulier à titre de comparaison avec les deux derniers scénarios qui sont volontaristes. D'après le rapport de TNO, le scénario dit *de développement durable* permettrait d'internaliser 50% des coûts externes générés par le transport routier (calculs effectués par IWW, Université de Karlsruhe). Cependant les aspects relatifs à l'appréhension et à la valorisation des effets externes négatifs, générés par les transports, sont complexes, et ne seront pas abordés ici. Enfin le dernier scénario intitulé *interventionniste* (le précédent l'étant également) serait celui qui, d'après les évaluations du SES, conduirait à un maintien des parts modales, ou en d'autres termes à un ralentissement de la croissance du transport routier permettant de conserver sa part en 2020 au même niveau qu'en 1996 (à 80% en tonnes-km en France).

Il est important de garder à l'esprit que de tels scénarios, comme le rappelle le SES, ne sont envisageables qu'à un niveau européen, et doivent s'accompagner d'une harmonisation fiscale et sociale forte.

2 Simulations et analyse des résultats du modèle

Un cas d'application, quel qu'il soit, présente toujours des particularités, ce qui est naturellement vrai pour la production et la distribution des œufs. Il s'agit, en effet, d'un produit fragile, périssable, dont le prix de revient ne s'élève qu'à quelques centimes, et à faible valeur ajoutée. Mais les spécificités du cas ne doivent pas empêcher qu'il puisse être simulé, c'est pourquoi il sera utilisé ici à titre d'exemple.

Par la suite, nous proposerons des simulations, sur la base de produits aux caractéristiques génériques, et à partir desquelles une analyse du rôle des coûts de transport, et de ses incidences sur les flux de marchandises sera réalisée.

2.1 Un cas d'application : les œufs

L'ensemble des données relatives à l'organisation de cette filière en France, depuis la production jusqu'à la distribution finale, proviennent d'un rapport datant de 1997 (Gacogne et Say, Paris XII). Cette étude logistique a conduit à rencontrer les différents acteurs de la filière, et permet de disposer de données précises sur les modes de production et de distribution (stockage et transport), y compris sur la part des différents coûts dans le prix de revient de l'œuf, destiné à la consommation humaine. Ces informations ne concernent cependant que la France, certaines données seront donc ici étendues à l'Europe de l'Ouest.

Sans préciser les détails de la réglementation, assez contraignante pour ce produit, nous indiquerons simplement que l'étude concerne l'œuf de poule, en coquille, et destiné à la consommation humaine.

Description du cas d'application

Le secteur de la production des œufs est particulièrement atomisé, en 1997 les deux plus grandes marques, Matines et Lustucru, ne détenaient chacune d'elle qu'une part de marché comprise entre 5 et 7% des ventes totales en France. En réalité, ces deux marques regroupent plusieurs entreprises, l'une sous la forme d'une Société Anonyme (SA), appartenant à sept entreprises avicoles indépendantes, et l'autre sous la forme d'un Groupement d'Intérêt Economique (GIE), comprenant quinze adhérents. Ces entreprises sont des producteurs et possèdent des centres de conditionnement, quinze au total pour chacune des deux marques, dont la distribution est principalement régionale. Ces centres permettent de conditionner, distribuer et commercialiser les œufs produits par les entreprises de la marque, ainsi que la production de nombreux autres petits producteurs. Ces derniers n'ont pas d'autre choix que de confier leur production à ces marques, ou à d'autres structures fédératrices en mesure d'en assurer la commercialisation (regroupant en général quelques fermes de ponte importantes), car la grande distribution vend 70% des œufs consommés à domicile.

Le modèle sera ainsi appliqué à une entreprise[56], de l'une de ces deux marques, qui compte parmi les plus grandes de France. Chaque entreprise fonctionne de manière autonome et a son propre marché, régional. Le rôle de la marque est en fait principalement commercial. L'entreprise présentée possède un centre de conditionnement, qui sera assimilé à un centre de distribution de premier niveau. C'est en effet celui-ci qui reçoit la production de l'entreprise, et celle de nombreux autres petits producteurs de la région. Les œufs y sont calibrés, conditionnés (si ces opérations n'ont déjà été réalisées chez le producteur), puis expédiés directement soit dans des grandes surfaces, soit dans des petits magasins ou par exemple chez des boulangers. Nous distinguerons ainsi d'une part les grands clients, c'est-à-dire les grandes et moyennes surfaces (GMS), et d'autre part les petits clients, composés de petits commerces essentiellement (revendeurs, boulangers ou pâtissiers, etc.). La structure des réseaux de distribution, dans ces deux cas, correspondra naturellement, dans le modèle, à une structure

[56] Toutes les données utilisées dans le modèle concernant cette entreprise sont réelles, et avaient été communiquées directement par celle-ci.

centralisée *petits clients* et *grands clients* (voir les illustrations en annexe 3). Par conséquent, il n'existera qu'une seule et même structure, du moins à l'état initial de toute simulation, puisque les centres de distribution de premier niveau sont toujours partagés par ces deux types de clients (voir deuxième partie).

Cette entreprise produit et récolte chez les aviculteurs chaque jour en moyenne 1,5 million d'œufs, ce qui représente un peu moins de 550 millions d'œufs par an, soit le tiers des volumes de la marque (l'entreprise étant l'une des plus grandes), mais seulement 3,5% de la production française, qui est par ailleurs globalement autosuffisante (avec des variations selon les années). A titre de comparaison, une ferme de ponte familiale pourra compter, par exemple, 45 000 poules en batterie produisant ainsi 35 000 œufs par jour. C'est pourquoi la firme présentée, bien que n'ayant qu'une faible part de marché dans les ventes totales, peut être considérée comme une firme leader parmi les producteurs.

Enfin, nous préciserons que les œufs peuvent être transportés soit sur des palettes filmées (plaques d'œufs superposées sur 30 hauteurs et comptant ainsi au total 10 800 œufs), soit dans des caisses en carton de 360 oeufs, ou encore sur des plateaux placés dans des *rolls* (ou armoires). La palette filmée est généralement utilisée pour le transport entre les producteurs et les centres de distribution, c'est-à-dire avant le calibrage et le conditionnement. Une fois conditionnés, ils sont livrés aux magasins, le plus souvent dans des *rolls*, pour des raisons pratiques, tandis qu'ils sont livrés par caisses, chez les boulangers notamment. Le nombre d'œufs équivalant une tonne étant le même pour une palette et une caisse, nous retiendrons uniquement ces deux types d'emballages, par simplification, dans le modèle.

L'ensemble de ces données concernant la filière, et celles spécifiques à l'entreprise étudiée, ont été introduites dans le modèle. Elles proviennent toutes de l'étude logistique déjà mentionnée, et ont permis d'ajuster l'ensemble des variables présentées dans le tableau de la sous-section 1.1, sur les modalités d'application du modèle. Certaines de ces informations seront reprécisées avec la présentation des résultats des simulations.

Scénarios proposés

Deux types de scénarios, relatifs aux évolutions du système de production et de distribution, sont proposés ici. Ils permettent d'étudier leurs incidences sur les flux de transport, notamment par le biais de l'évolution des coûts de distribution, en utilisant parallèlement les scénarios de base et de référence des prix de transport définis précédemment. Ces hypothèses d'évolution de la production et de la distribution sont, par la suite, analysées selon les différents scénarios de croissance des prix de transport, afin de répondre à la question *Que se passerait-t-il si les prix du transport routier étaient augmentés de ... ?*; tout en gardant à l'esprit qu'il s'agit ici d'un cas d'application, et qu'il devra être analysé en tenant compte de ses spécificités.

Un scénario de concentration des moyens de production (*hypothèse 1*)

Ce premier scénario correspond à une éventuelle concentration des moyens de production, fort probable dans ce secteur très atomisé. En fait déjà en 1992 le premier producteur d'œufs en Europe, l'Allemand Pohlmann, voulait implanter en France un élevage de 5,6 millions de poules. Une industrie d'une telle taille correspond à une production journalière de presque 4,5 millions d'œufs (une poule produit, en moyenne, 0,8 œuf par jour). Le projet n'a pu voir le jour en raison d'une forte opposition des éleveurs français, mais il permet de comprendre que la taille optimale et maximale d'un élevage est loin d'être atteinte aujourd'hui. A titre de comparaison, la production *en propre* de l'entreprise étudiée correspond à seulement 240 000 œufs par jour, c'est-à-dire sans tenir compte de celle provenant de l'ensemble des petits producteurs qui lui sont *intégrés*.

Ce premier type de scénario sera intitulé *Hypothèse 1*. L'ensemble des petits producteurs, et la production de l'entreprise, correspondent aux unités de production du modèle, qui approvisionnent le centre de distribution de premier niveau de l'entreprise. Ce dernier remplit également, pour les œufs, la fonction de centre de conditionnement.

La taille moyenne des unités étant assez faible, l'hypothèse posée consiste à proposer une évolution très progressive de l'aire maximale de chalandise de chaque unité, conduisant ainsi à une éventuelle concentration des moyens de production. Celle-ci n'est naturellement rendue possible que s'il existe des gains à réaliser, c'est-à-dire des économies d'échelle avec d'éventuelles baisses des coûts de stockage, à évaluer face à une augmentation potentielle des distances, et donc des coûts de transport (voir explications en deuxième partie). Nous devons noter que dans ce cas d'application, non seulement il existe d'importantes économies d'échelle à réaliser, mais que de surcroît le coût de stockage des œufs est particulièrement élevé en raison du caractère périssable du produit. L'hypothèse retenue ne pourra probablement conduire qu'à une faible concentration face aux potentialités existantes, mais elle a été choisie afin de tenir compte des spécificités de ce secteur (nombreuses petites fermes de ponte et entreprises familiales).

Théoriquement, dans le modèle, les hypothèses relatives à la taille maximale de l'aire de chalandise d'une unité de production s'effectuent par l'intermédiaire du paramètre intitulé *Standardisation de la production*, explicité lors de la construction du modèle. Dans le cas spécifique des œufs, ce terme n'a pas de sens, mais il permet de rendre compte de la même manière d'une volonté ou non de concentration du secteur, certes non pas contrainte par des questions de standardisation, mais plutôt liées au caractère encore peu industriel de nombre de ces entreprises, malgré les élevages en batterie.

Dans ce scénario, une hypothèse de continuité relative à la part croissante de la grande distribution dans les ventes a également été posée, conduisant ses parts de marché à passer progressivement d'environ 65% à 85% (sachant qu'en France elle est déjà à plus de 70% pour ce produit[57]).

Enfin, aucune hypothèse relative à de quelconques importations n'a été proposée pour ce produit, dont la production et la distribution restent à l'heure actuelle très locales.

[57] La France possède une densité de GMS par habitant supérieure à la moyenne de l'Europe.

Un scénario de centralisation des réseaux de distribution (*hypothèse 2*)

Un deuxième type de scénario, intitulé *hypothèse 2*, reprend les hypothèses précédentes relatives à la concentration de la production et au poids grandissant de la grande distribution, mais tient compte, en plus, d'une éventuelle concentration des régions logistiques. Cette dernière fait référence à une tendance récente, déjà évoquée, mise en avant dans l'évolution des organisations des systèmes de distribution. Dans le modèle, les régions logistiques correspondent au nombre de centres de distribution de premier niveau. L'aire d'une région logistique est donc la superficie qui est couverte par chacun de ces entrepôts centraux (le mode de détermination et la définition exacte de ces régions figurent en deuxième partie).

Comme cela a été précisé précédemment, les deux grandes marques possédaient en 1997 chacune quinze centres, correspondant ainsi dans le modèle à la définition des régions logistiques, et qui sont donc à assimiler aux centres de distribution de premier niveau. Ce chiffre, rapporté à l'ensemble de l'Europe de l'Ouest, correspondrait à une centaine de régions logistiques. Ce scénario fait donc l'hypothèse d'une réduction potentielle de moitié de ces centres, conduisant ainsi par exemple un pays comme la France à être approvisionné par sept ou huit centres, au lieu de quinze d'ici à 2025, si une marque souhaite couvrir l'ensemble du territoire. La distribution demeurera néanmoins toujours très régionale.

A ce titre, nous pouvons signaler que la réglementation européenne a conduit, en janvier 1997, à standardiser un peu plus l'œuf, d'une manière purement artificielle, pour en faciliter sa distribution. En effet, le nombre de calibres a été réduit de six à quatre, car les productions sont confrontées à des phénomènes cycliques, et cela les conduisait trop souvent à ne pas disposer toujours de quantités suffisantes dans toute la gamme (du petit au très gros œuf).

Les scénarios de *référence* et de *base*

Enfin, outre ces deux types de scénarios, l'un relatif à une concentration éventuelle de la production et l'autre proposant simultanément une concentration des régions logistiques, deux scénarios sont proposés à titre de comparaison. Le premier dit de *référence* propose, en quelque sorte, de laisser les systèmes de production et de distribution à leur état initial, c'est-à-dire que l'évolution des coûts de transport est nulle, tout comme les revenus, et il n'existe aucune hypothèse relative à la concentration de la production, aux régions logistiques, ou encore au poids accru de la grande distribution. Cela ne contrevient naturellement pas à une évolution du modèle, car l'état initial est le plus souvent un équilibre instable.

Le deuxième scénario, dit de *base*, ne fait également aucune hypothèse de changement relatif aux systèmes de production et de distribution, mais propose une évolution des coûts de transport conforme à la réalité en utilisant le scénario de base des coûts de transport, qui est aussi appliqué aux scénarios de l'hypothèse 1 et de l'hypothèse 2 exposés précédemment. Ce scénario de base conserve par ailleurs les hypothèses de croissance des revenus issues des projections du CEPII.

Ces deux scénarios ne proposant aucune hypothèse spécifique au cas simulé, ils ont été appelés du même nom que celui des coûts de transport auquel ils se réfèrent.

L'ensemble des éléments relatifs à cette première série de simulations sur les œufs sont résumés dans le tableau suivant, nous appliquerons ensuite des scénarios d'évolution différenciée des tarifs de transport. Afin de faciliter la lecture des graphiques, le nom attribué aux simulations dans le modèle figure en italique dans ce tableau.

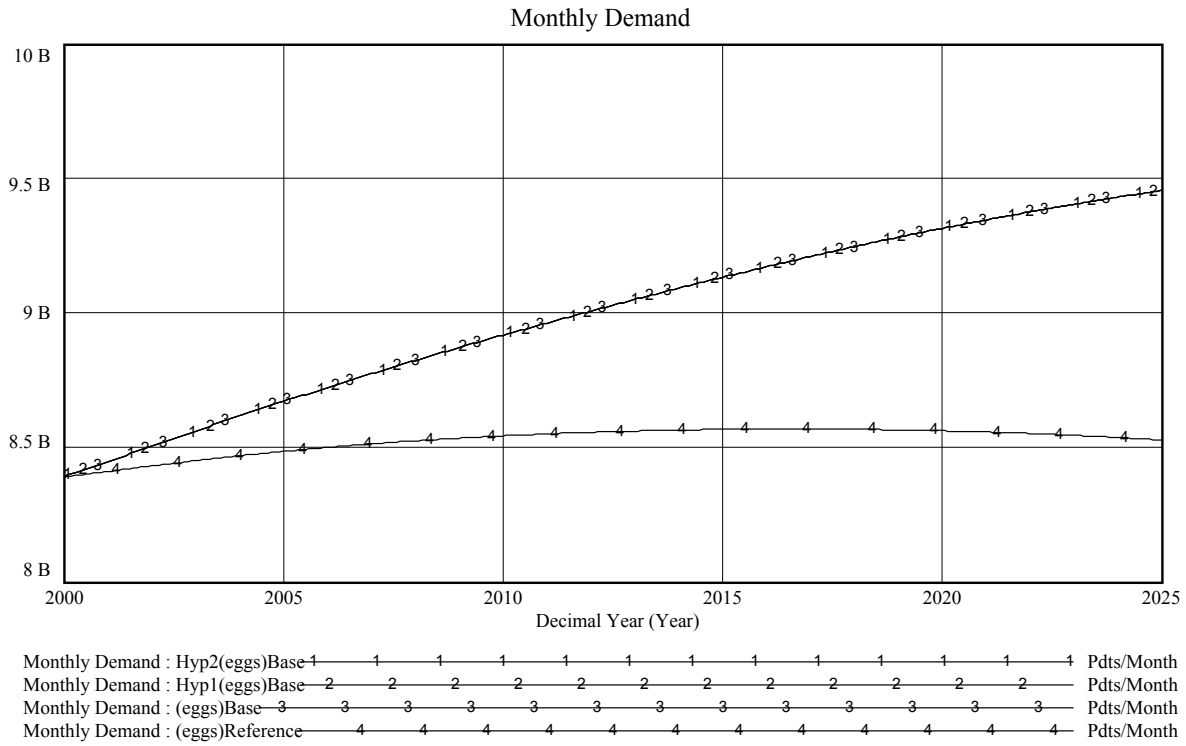
Les œufs : première série de simulations, résumé des scénarios proposés

	Système de production : concentration accrue des moyens de production	Système de distribution : concentration des régions logistiques	Système de distribution : part de la grande distribution	Scénario des tarifs de transport
scénario de référence *(eggs)Reference*	non	non	stable	référence (taux annuel 0% - et croissance des revenus nulle)
scénario de base *(eggs)Base*	non	non	stable	base (taux annuel 0,2%)
scénario hypothèse 1 *Hyp1(eggs)Base*	oui	non	croissante	base
scénario hypothèse 2 *Hyp2(eggs)Base*	oui	oui	croissante	base

Résultats de la première série de simulations

Les premiers graphiques présentent des résultats assez généraux sur l'ensemble des scénarios. Ils permettent de montrer assez brièvement le fonctionnement du modèle, en particulier lorsqu'il est appliqué à un cas spécifique exploitant des données réelles (les simulations des produits dits *génériques* ne seront pas détaillées). Les résultats suivants, toujours présentés sous forme de graphiques, permettent de comprendre et d'analyser les incidences des différentes hypothèses d'évolution des systèmes de production et de distribution, à la fois en termes de coûts et sur les flux de marchandises.

Les œufs : graphique 1 – la demande mensuelle



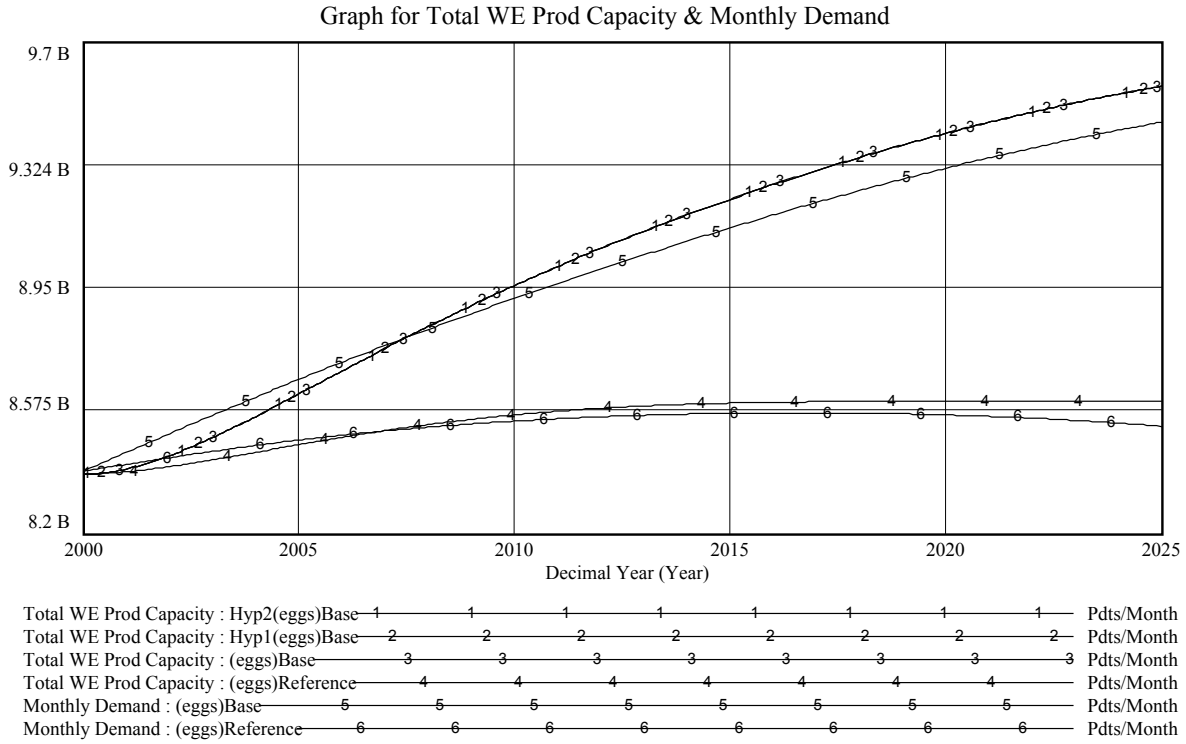
Ce graphique montre que la consommation par personne progresse légèrement dans les scénario de base, de l'hypothèse 1 et de l'hypothèse 2. Elle passe, en fait, de 22 œufs en moyenne par personne et par mois (consommation française actuelle[58]), à 24 du fait de la croissance des revenus, qui n'a en fait que peu d'influence sur ce type de consommation. Tandis que dans le scénario de référence, la consommation initiale suit simplement l'évolution des projections de la population d'Europe de l'Ouest jusqu'en 2025.

Cette hypothèse de base sur la consommation permet de conserver un ordre de grandeur réaliste et une évolution conforme à la tendance. En effet, une croissance même modérée de la consommation implique une hausse globale des volumes de production, dont il faut tenir

[58] Une partie de cette consommation correspond aux ovoproduits (œufs transformés industriellement), destinés à la restauration hors foyer ou intégrés à la composition d'autres produits. Cette filière particulière n'est pas décrite dans le cas d'application, mais ces œufs sont produits sur les mêmes sites puis envoyés dans des casseries pour fabriquer la *coule* (sorte d'omelette).

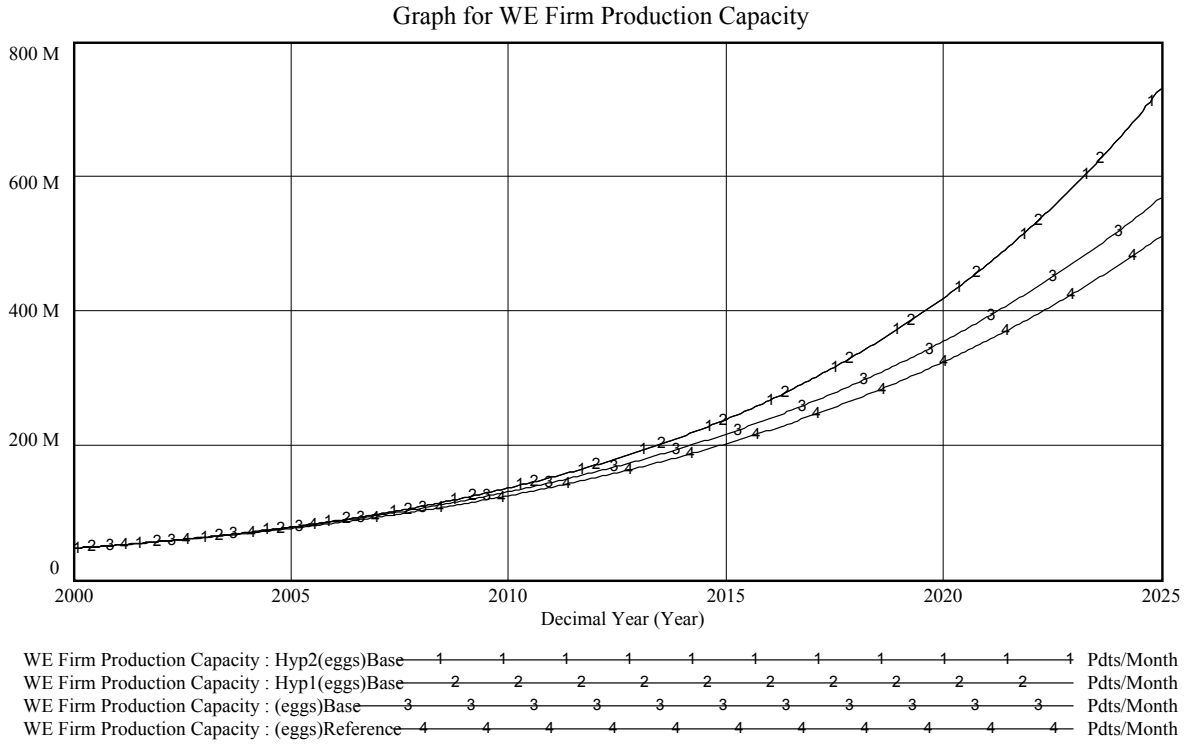
compte dans le sens des évolutions, mais celle-ci ne modifiera pas l'interprétation des résultats attendus.

Les œufs : graphique 2 – offre (capacité de production totale en Europe de l'Ouest) et demande



Ce graphique montre simplement que l'offre est, conformément à la réalité, globalement autosuffisante et tend à s'adapter à la demande en étant dans un premier temps légèrement en sous capacité puis en surcapacité grâce à des investissements. Cette inadéquation est due à des délais entre les décisions d'investissements et l'augmentation effective de la capacité de production[59] (on notera que seule la demande du scénario de base a été conservée puisqu'elle est identique à celle des scénarios des hypothèses 1 et 2). Quant au scénario de référence, son évolution est naturellement contrastée par rapport à celle des autres.

Les œufs : graphique 3 – Capacité de production de la firme étudiée

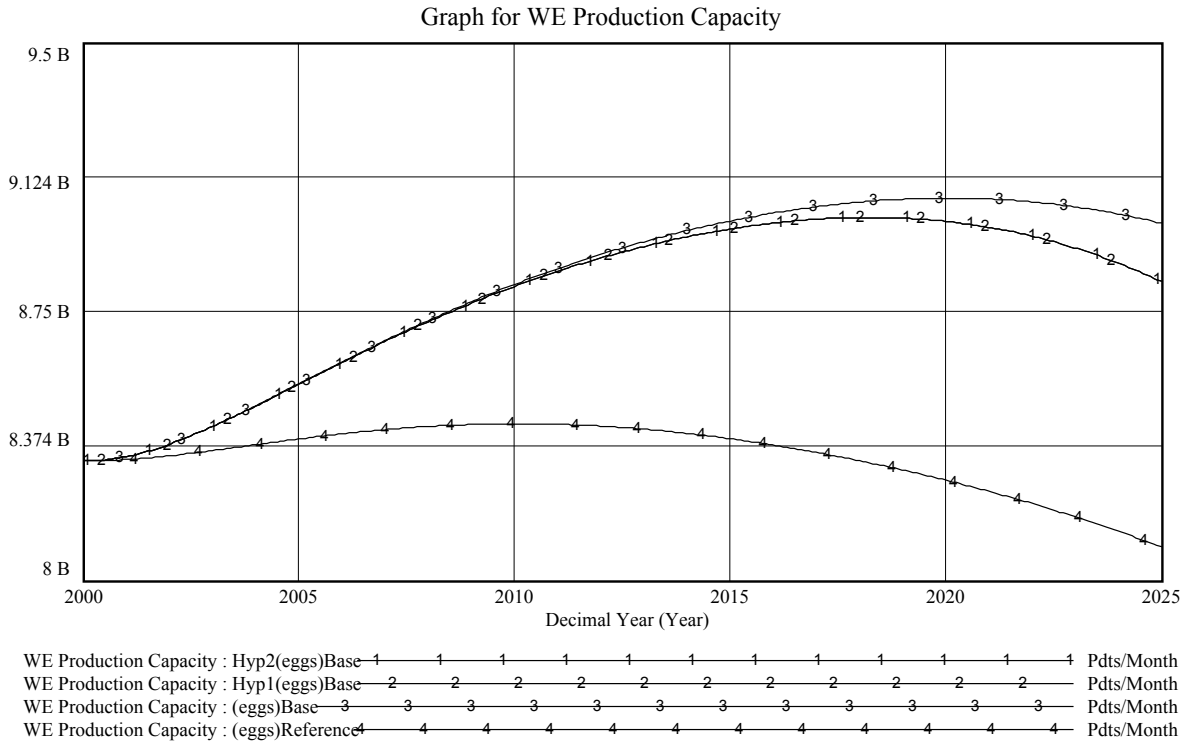


Ce graphique, en apparence simple, indique que la capacité de production de la firme étudiée croît plus vite, et de manière identique, pour les scénarios des hypothèses 1 et 2. Or le graphique précédent avait montré une évolution identique de la capacité totale de la production en Europe de l'Ouest, pour ces deux scénarios, et le scénario de base. Alors que la comparaison des scénarios de base et de référence pourrait être interprétée comme des investissements supplémentaires, cette différence semble correspondre à une concentration accrue du secteur. Ce graphique doit donc être comparé, en premier lieu, à l'évolution du reste de la capacité de production en Europe de l'Ouest. Car, comme cela avait été précisé lors de la construction du modèle (en deuxième partie), la firme étudiée doit être représentative soit de l'entreprise moyenne dans un secteur plus ou moins atomisé, soit d'une firme leader s'il en existe. Dans le cas particulier de la production des œufs, le secteur est très atomisé, mais

[59] Par commodité, les termes utilisés sont ceux du modèle, même s'ils peuvent paraître parfois inadaptés à ce cas d'application.

l'entreprise choisie figure malgré tout parmi les plus grandes. Son évolution doit être, dans tous les cas, le reflet de celle du secteur.

Les œufs : graphique 4 – Capacité de production en Europe de l'Ouest (hors firme)

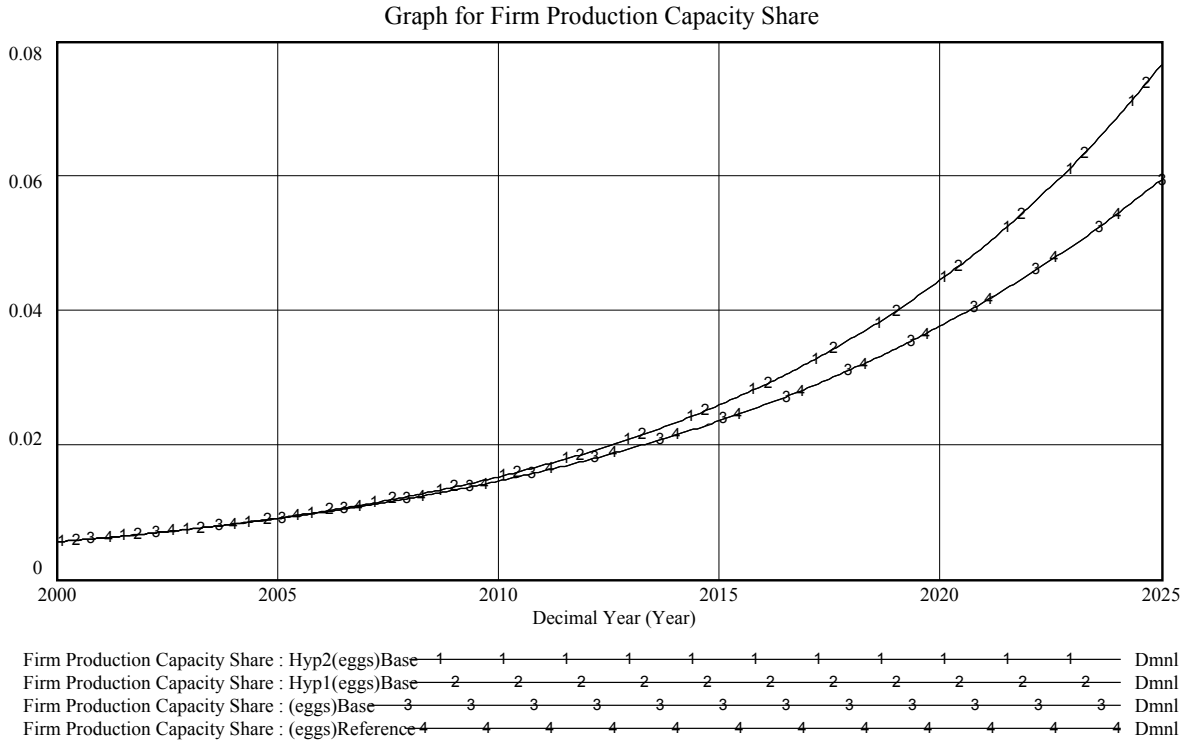


L'évolution de la capacité d'Europe de l'Ouest, qui ne comprend pas sur ce graphique celle de la firme, doit théoriquement suivre celle de la demande (graphiques 1 et 2). Or l'évolution contrastée des courbes de ce graphique, avec le précédent, indique clairement un phénomène de concentration du secteur qui tend à s'accélérer. Cette accélération semble également vraie pour le scénario de référence. Néanmoins, il existe un écart net entre le scénario de base d'une part, et les scénarios des hypothèses 1 et 2 d'autre part, alors que la capacité totale de production est la même pour les trois (graphique 2). Cet écart doit donc être interprété comme une concentration accrue du secteur dans le cas des hypothèses 1 et 2, par rapport au scénario de base.

La variable *fusions-acquisitions* (non représentée ici) montre, en fait, que ce phénomène de concentration existe pour tous les scénarios. Il est dû, en effet, à un rapport offreurs – acheteurs particulièrement disproportionné sur ce marché, en raison non seulement de la taille moyenne des producteurs, qui est faible, mais également du poids de la grande distribution. Cette dernière accentue encore ce déséquilibre (simulé par l'intermédiaire de la variable *Perception du niveau de concurrence*). Il entraîne alors une volonté de concentration du secteur de production.

Or dans les scénarios des hypothèses 1 et 2, nous avons de surcroît posé l'hypothèse que la part de la grande distribution, déjà prépondérante dans les ventes, continuait d'augmenter. Elle accélère ainsi un peu plus ce phénomène de concentration, néanmoins très modéré (en valeur absolue), comme l'indique le graphique suivant.

Les œufs : graphique 5 – Part de la capacité de production de la firme dans la capacité totale

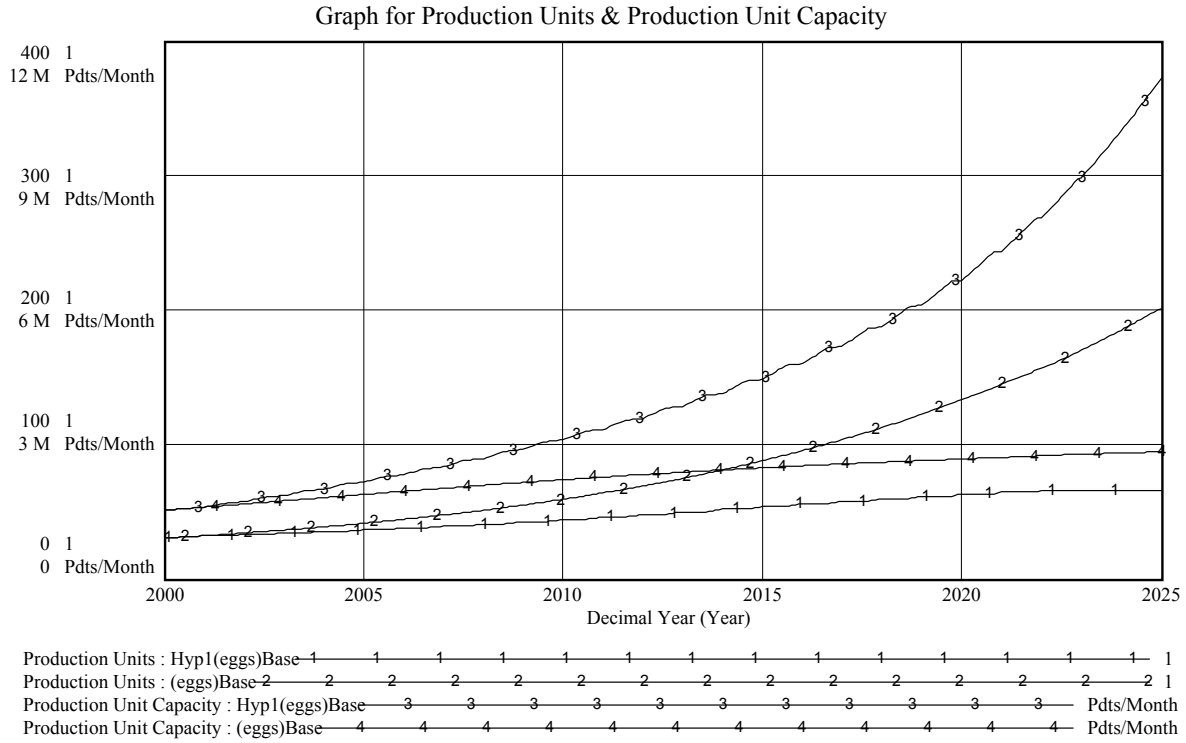


La part de la capacité de production de la firme passe ainsi de moins de 1% à un peu plus de 7% pour ces scénarios, en rappelant que sa part est ici à l'échelle de l'Europe de l'Ouest, et non plus de la France comme lorsqu'elle avait été présentée précédemment.

Cette évolution progressive correspond à un secteur composé de nombreuses petites entreprises à caractère familial, et une concentration brutale pourrait sembler peu réaliste. Il ne faut, néanmoins, pas négliger la possibilité de scénarios liés à des événements tel le projet envisagé par le producteur allemand Polhmann. L'élevage aurait été 18,5 fois plus grand que celui possédé en propre par la firme étudiée, et bouleverserait nécessairement les simulations. Cependant, il a été choisi de ne pas tenir compte de ce type de projet dans les scénarios du cas d'application.

Avec le graphique suivant, les effets de l'hypothèse 1, relative à la concentration des moyens de production, peuvent être observés en la comparant au scénario de base. Une concentration des moyens de production doit entraîner une diminution du nombre des unités de production, avec pour conséquence une augmentation de la capacité moyenne de production. Ce phénomène n'est pas indépendant du précédent, dans la mesure où la concentration des moyens de production peut être réalisée après des opérations de fusions-acquisitions, ou s'en trouve accélérée.

Les œufs : graphique 6 – Capacité de production d'une unité et nombre d'unités de production de la firme



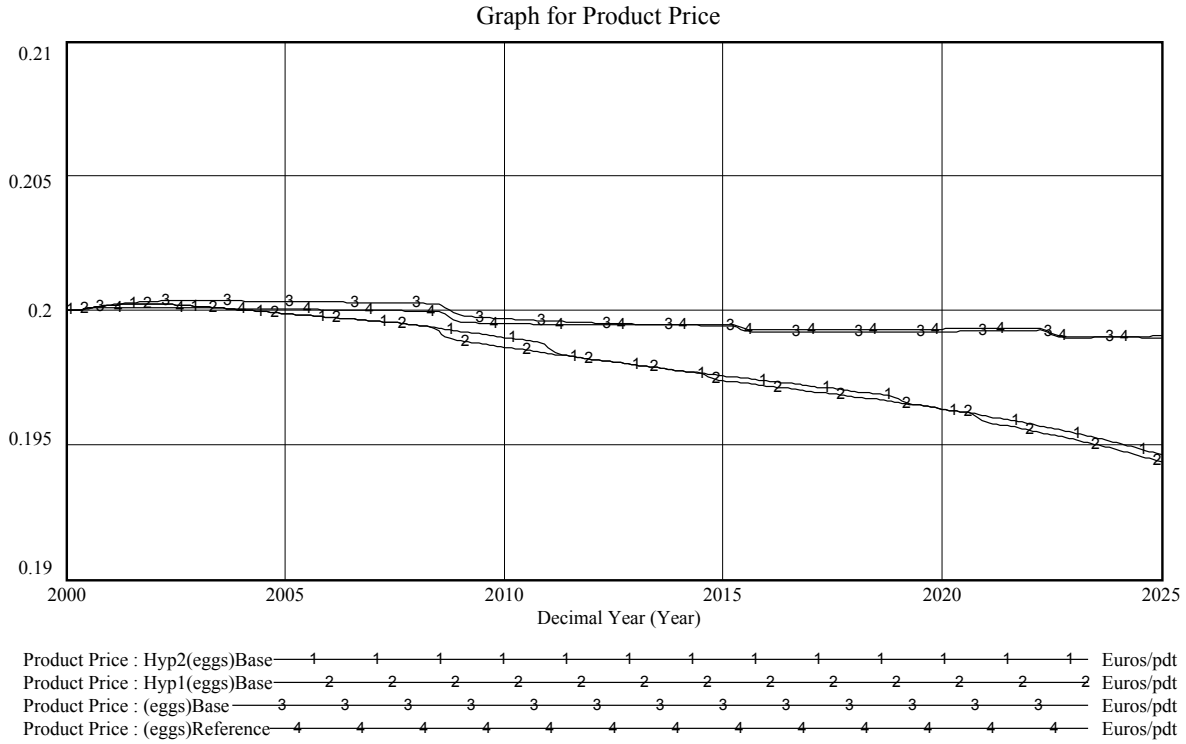
Le scénario de l'hypothèse 1 montre effectivement une augmentation assez faible du nombre des unités de production, comparativement au scénario de base, alors même que la capacité de production de la firme augmente plus rapidement, comme l'indiquait le graphique précédent. Cette évolution correspond à des opérations de concentration, qui sont naturellement une conséquence de l'hypothèse 1. Celle-ci les a rendues possibles, et conformément à l'hypothèse il n'y a aucune réduction brutale à une date t.

La concentration des moyens de production est néanmoins soumise, dans le modèle, à des contraintes en termes de coûts, de taille maximale des unités de production, etc. Les résultats dans le cas des œufs étaient attendus, puisque la production est extrêmement atomisée et toutes les conditions sont remplies. Dans d'autres cas, les évaluations des divers coûts et les contraintes liés à d'autres variables peuvent rendre l'évolution du système complexe.

Nous pouvons également noter que l'ajustement de ce paramètre, dans l'hypothèse 1, permet ainsi de tenir compte éventuellement de conditions particulières, en limitant ou empêchant, des opérations de concentration dans un secteur, bien que théoriquement et d'un point de vue purement rationnel elles s'avèreraient bénéfiques. Il faut rappeler que les restrictions imposées par ce paramètre prennent la forme d'une aire maximale de chalandise, déterminée pour chaque unité de production.

Ici, c'est le caractère familial d'une partie de ces entreprises qui est pris en compte, dans d'autres cas c'est une question liée, par exemple, aux habitudes de consommation qui rend impossible une certaine standardisation de la production. Enfin dans d'autres scénarios, ces aspects peuvent être complètement écartés, et ce paramètre n'exercera alors aucune restriction sur les éventuelles opérations de concentration.

Les œufs : graphique 7 – Prix du produit

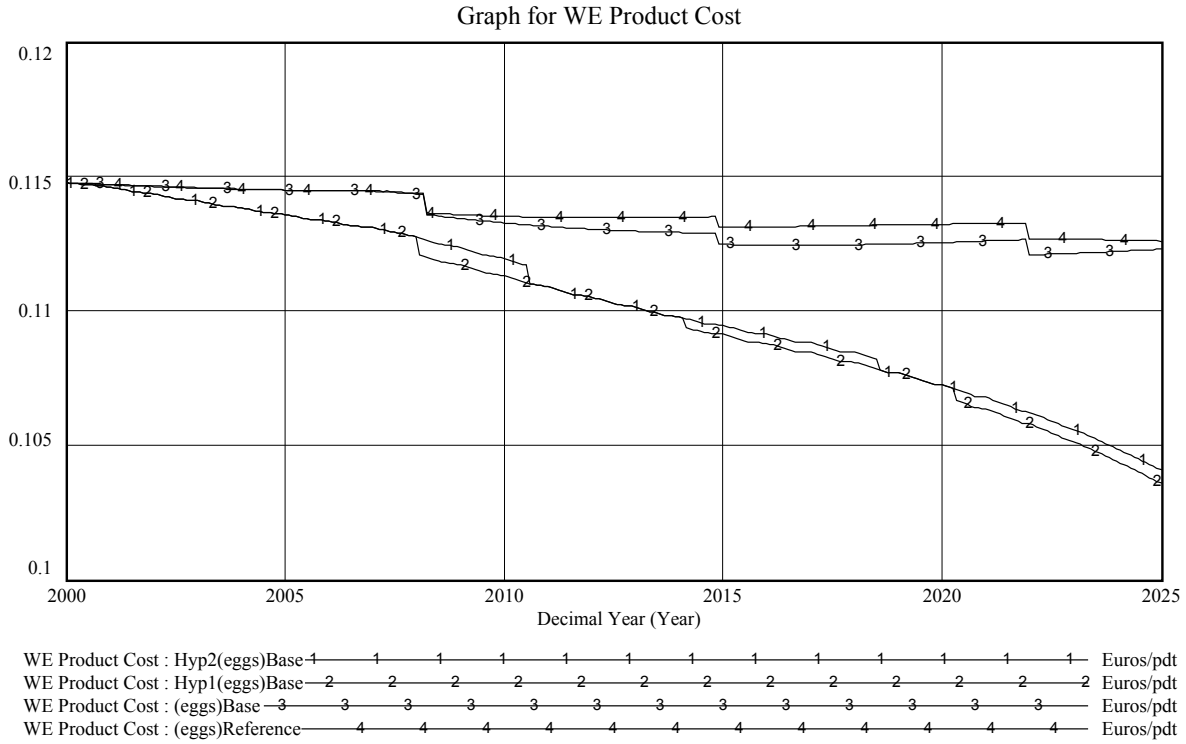


Ce graphique montre que le prix de l'œuf décroît avec les hypothèses 1 et 2, et suit en quelque sorte les évolutions du coût de revient de l'œuf, visualisées sur le graphique suivant. Une analyse de l'évolution des coûts de production et de distribution, comprenant le transport et le stockage, est nécessaire pour déterminer leur contribution éventuelle à cette baisse, ainsi que leur mode d'évolution qui est aussi lié à l'organisation des flux.

Ce graphique permet, néanmoins, déjà de noter que les deux hypothèses retenues ne présentent pas de différence notable. L'origine de cette baisse des coûts est donc nécessairement le fait de la concentration des moyens de production. Quant à la concentration des régions logistiques (hypothèse 2), elle ne semble pas contribuer à cette baisse, et même la ralentirait.

Pour les scénarios de base et de référence, la légère baisse est due à une petite augmentation de la capacité de production des unités existantes, correspondant à l'évolution de la demande (l'aire de chalandise des unités de production étant constante dans ces scénarios).

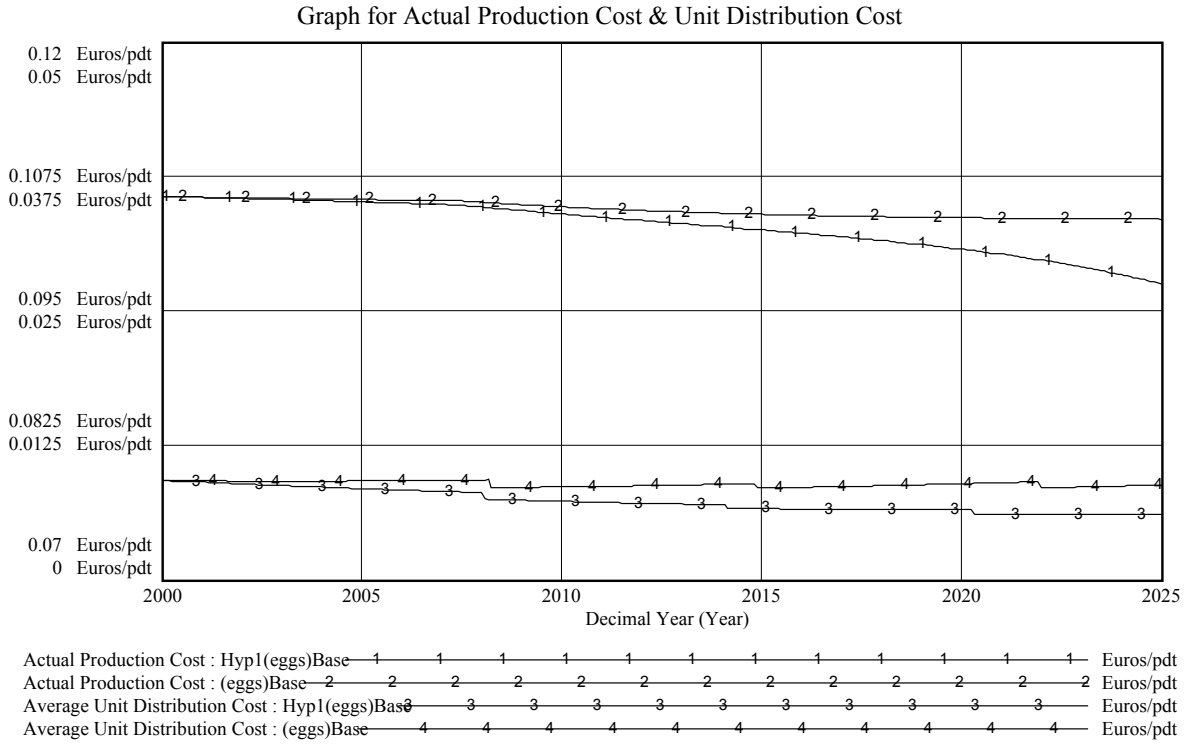
Les œufs : graphique 8 – Coût de revient de l'oeuf



Ce graphique sur le coût de revient de l'œuf est en fait à la même échelle que le précédent, une simple comparaison des deux permet d'indiquer que la baisse des coûts n'a pas été totalement répercutée sur le prix. Il s'agit d'un produit dont le marché demeure assez local, et la seule pression ressentie par les producteurs provient du déséquilibre entre le poids de la grande distribution et la structure de l'offre. Dans le modèle, les producteurs profitent donc de cette baisse pour accroître légèrement leur marge.

Le graphique suivant propose à présent un détail de l'évolution du coût de revient, en le décomposant en un coût unitaire de production et de distribution.

Les œufs : graphique 9 – Coûts unitaires de production et de distribution du produit

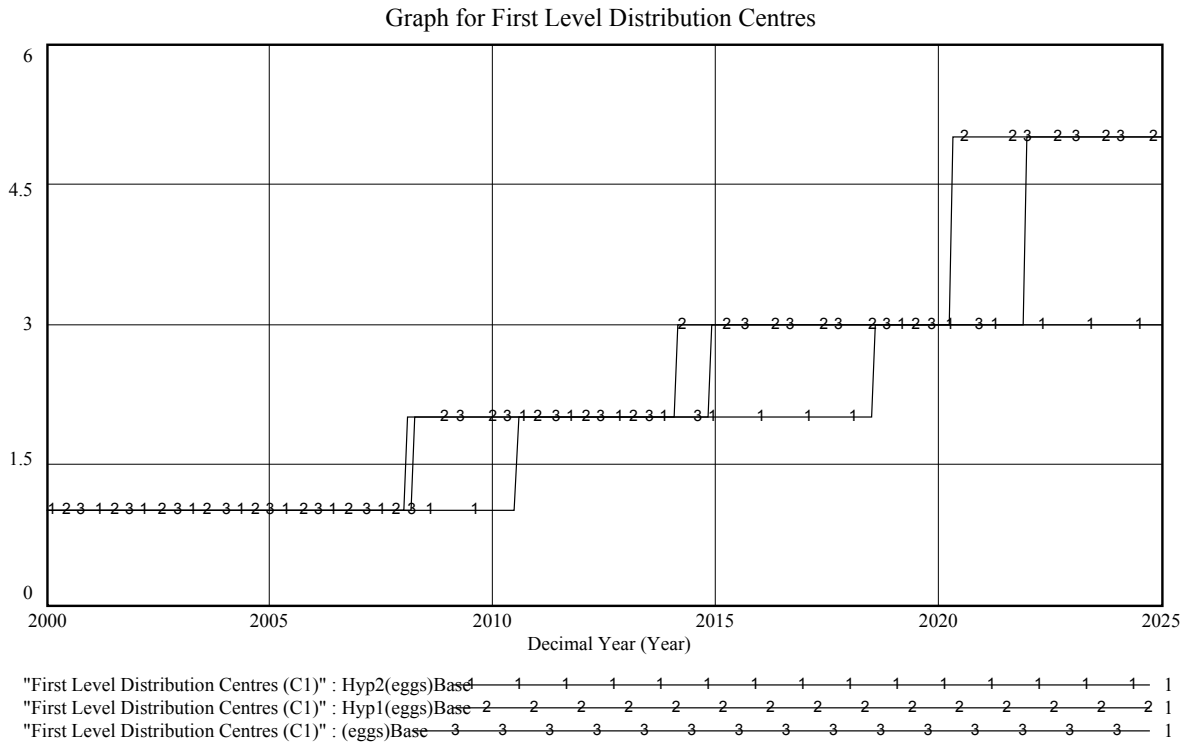


Pour plus de clarté, seuls les scénarios de base et de l'hypothèse 1 ont été visualisés. Deux éléments sont à remarquer sur ce graphique, premièrement les coûts de production et de distribution diminuent, deuxièmement cette baisse s'effectue dans des proportions comparables (ils sont à la même échelle sur le graphique). Le fait que le coût de production diminue était attendu puisque la concentration des moyens de production y est soumise, mais l'évolution du coût de distribution est remarquable. Ces variations de coûts sont faibles en apparence, mais elles doivent en fait être mesurées relativement au coût de revient du produit. En effet, à la fin de la simulation c'est-à-dire en 2025, le coût de production a baissé de 6% entre le scénario de base et de l'hypothèse 1, tandis que le coût de distribution a diminué de 20% alors qu'il pesait 8% du coût de revient au début de la simulation. Ces évolutions pour un produit tel que celui-ci, à faible valeur ajoutée, sont loin d'être négligeables. Or les hypothèses de concentration de la production sont certes réalistes mais modérées, et nous devons rappeler que la part des différents coûts correspond à des éléments réels de cette

filière. Tout permet donc de supposer qu'une telle évolution est plus que probable car la filière a beaucoup à y gagner.

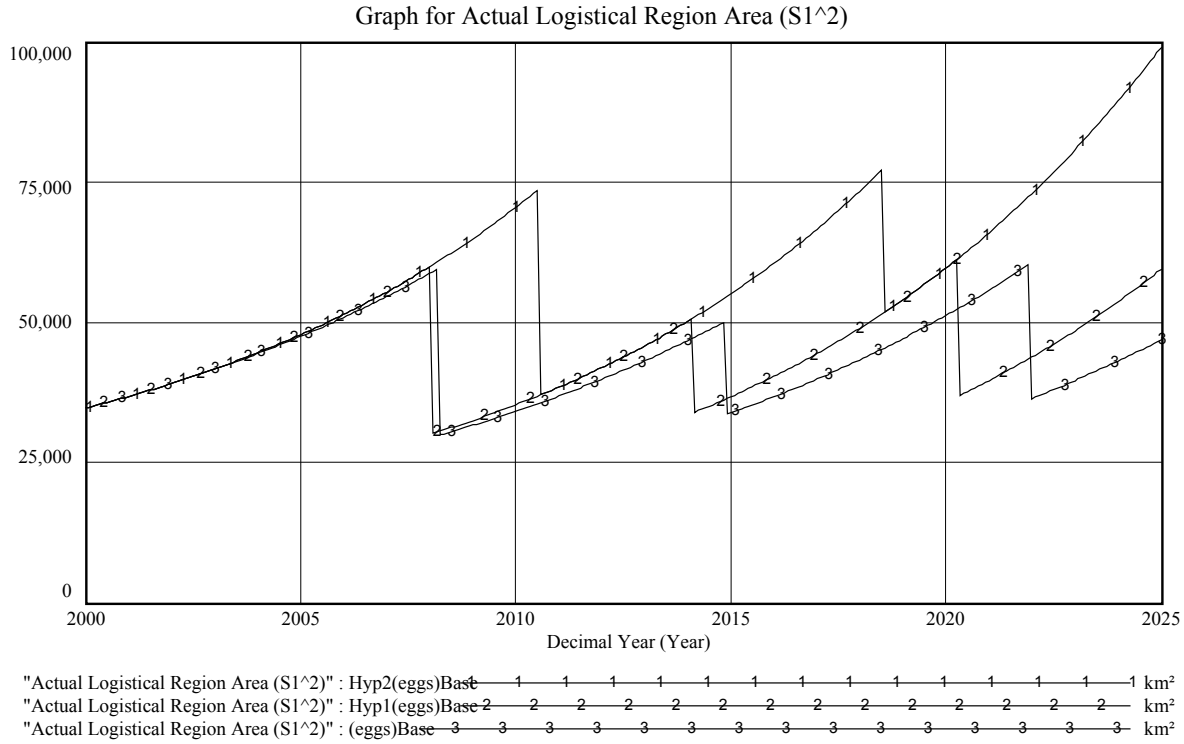
Il reste, à présent, à analyser en détail l'évolution des coûts qui composent le coût de distribution, c'est-à-dire le transport et le stockage, afin d'évaluer l'incidence de la concentration de la production sur le système de distribution. Il reste, par ailleurs, à interpréter les effets de l'hypothèse 2, c'est-à-dire la concentration des régions logistiques (ou la diminution du nombre de centres de premier niveau), nuls en apparence. Ce dernier point peut, en effet, paraître surprenant alors que de nombreuses études semblent indiquer qu'elle est génératrice de gains dans la distribution de beaucoup de produits finis, en particulier parce qu'elle contribue à réduire les stocks. Ce résultat peut ainsi sembler contre intuitif, car précisément les coûts de stockage de l'œuf sont élevés.

Les œufs : graphique 10 – Nombre de centres de distribution de premier niveau



Par commodité, le scénario de référence ne sera dorénavant plus représenté sur les graphiques, c'est donc le scénario de base qui sera seul utilisé à titre de comparaison. Ce premier graphique, sur le réseau de distribution de la firme, montre l'évolution du nombre de centres de distribution de premier niveau. Il dépend des parts de marché de la firme, et explique ainsi le décalage entre le scénario de base et celui de l'hypothèse 1. Ce nombre est naturellement soumis aux hypothèses de centralisation du réseau, c'est pourquoi le scénario de l'hypothèse 2 donne un nombre moins élevé de centres, alors que les parts de marché sont les mêmes que dans le cas de l'hypothèse 1. Selon les cas, la firme étudiée possèderait ainsi à terme entre trois et cinq centres de distribution/conditionnement.

Les œufs : graphique 11 – Aire d'une région logistique

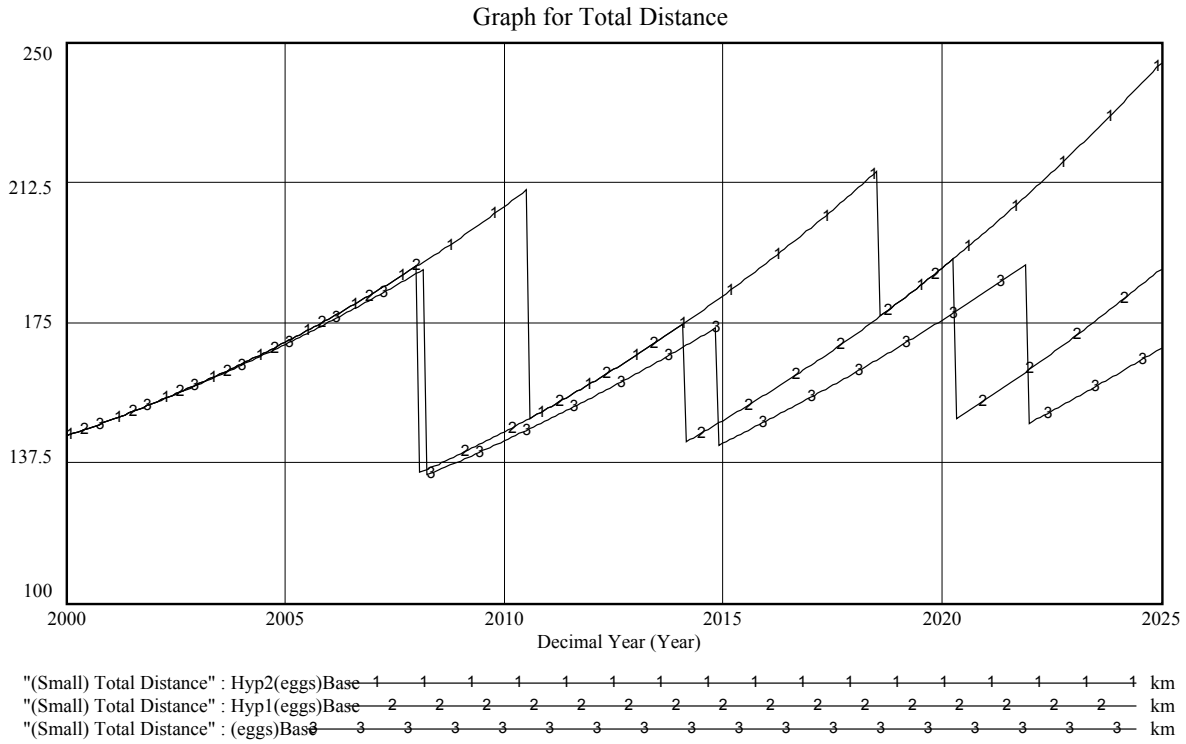


Le terme de *région logistique*, explicité en deuxième partie, correspond à la région couverte par un centre de distribution de premier niveau. Contrairement aux autres variables du modèle, elle comporte des valeurs discrètes pour des raisons logiques liées à la compréhension de l'évolution du système. De fait, lorsque les parts de marché de la firme augmentent, l'aire couverte par ces centres croit progressivement jusqu'à un certain point, correspondant en quelque sorte à un seuil. Ce dernier est de fait déterminé par les hypothèses de concentration des régions logistiques, qui déterminent aussi l'aire maximale couverte par chacun de ces centres. Lorsque ce seuil est franchi, le nombre de régions est modifié (il augmente) provoquant ainsi une baisse brutale de la surface moyenne de chaque région logistique.

Dans le cas présenté, le nombre de centres augmente puisque les parts de marché croissent et lorsque l'on considère les scénarios de base et de l'hypothèse 1, on remarque que chaque fois que ce seuil est atteint l'aire d'une région *retrouve* en quelque sorte son état initial. En revanche, ce n'est pas le cas pour l'hypothèse 2 puisqu'elle rend précisément compte d'un

phénomène de concentration des centres de premier niveau. L'interprétation de ces courbes est importante, car cela signifie que seulement dans le cas de l'hypothèse 2 un allongement des distances totales sera réellement constaté au fil du temps. C'est ce que montre le graphique suivant avec la distance totale parcourue par un œuf, depuis l'unité de production jusqu'au client final (et dans lequel on retrouve le même effet de seuil).

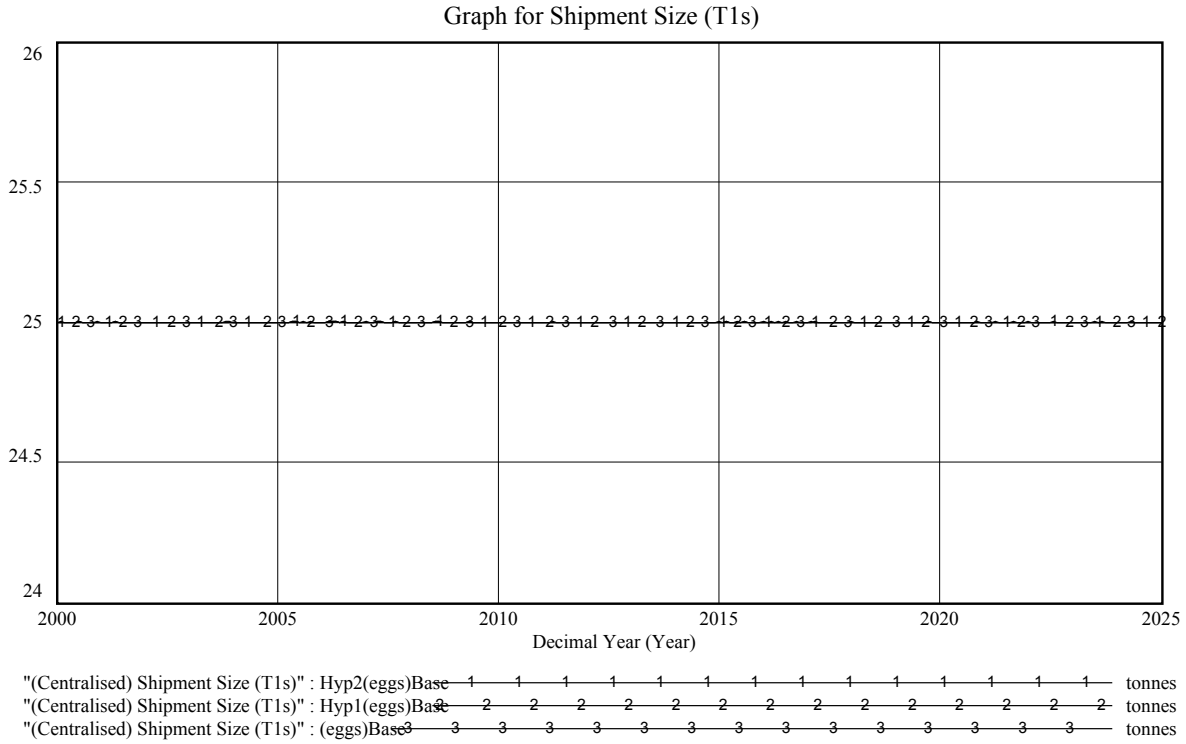
Les œufs : graphique 12 – Distance totale parcourue par un oeuf



Le modèle propose, logiquement, toujours la même structure centralisée pour les petits comme pour les grands clients (c'est-à-dire constituée uniquement par le premier niveau de distribution). C'est pourquoi le graphique précédent ne distingue pas une distance moyenne totale pour les petits et pour les grands clients, elle est relativement faible et correspond à une distribution très locale. Compte tenu des distances, les exigences de délai maximal de livraison de la grande distribution ne peuvent avoir aucune influence sur la structure du réseau.

Théoriquement, les distances totales parcourues dépendent de plusieurs éléments qui sont liés à la concentration des moyens de production, au nombre de régions logistiques, ainsi qu'au niveau de centralisation des structures de distribution (c'est-à-dire au nombre de niveaux de distribution dans une même structure). Le cas des œufs est particulièrement simple, puisque les distances moyennes entre les producteurs et le centre de distribution/conditionnement ne varient évidemment pas avec la faible concentration des moyens de production, et les réseaux de distribution ne deviennent jamais hiérarchisés car les distances entre le centre et les clients restent également faibles.

Les œufs : graphique 13 – Taille des envois réceptionnés dans les centres de distribution



Sachant que le réseau de distribution présente une structure centralisée (à un seul niveau), trois types d'envoi seulement peuvent être distingués. Il s'agit de la collecte des œufs chez les producteurs et à destination du centre de distribution/conditionnement, puis des expéditions à destination soit des grandes surfaces soit des petits clients. Le graphique précédent indique

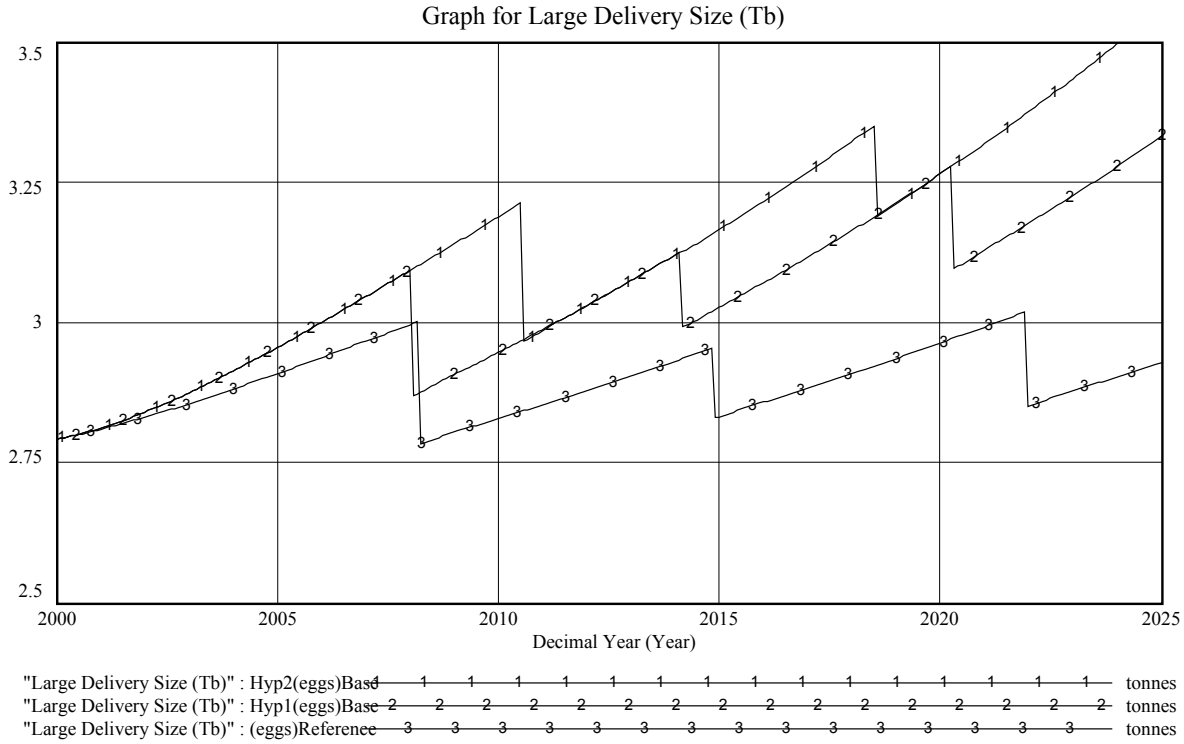
que les œufs sont livrés sous forme de camions complets jusqu'au centre de distribution, la fréquence est ensuite naturellement fonction des quantités. Ce résultat est, fort heureusement, conforme à la réalité. Les faibles distances permettent à la firme d'organiser des tournées de ramassage quotidiennes, mais un passage quotidien chez chaque producteur n'est pas obligatoire (là encore nous ne mentionnerons pas la réglementation liée à l'appellation des œufs, et qui contraint la fréquence des collectes).

Une seule restriction sera formulée, elle concerne l'utilisation du type de véhicules, qui sont le plus souvent des camions isothermes ou réfrigérés, ce qui peut par ailleurs sembler contradictoire avec les surfaces de vente, pour lesquelles aucun système de température dirigée n'est exigé. Dans le modèle, par simplification, aucune modification sur la taille maximale des envois (fixée par défaut à 25 tonnes) n'a été introduite, de la même manière les tarifs de transport n'ont pas été réévalués compte tenu de la spécificité de ce type de véhicule.

Sachant que la taille de la commande d'un petit client est fixée par défaut dans le modèle, seule la commande d'un grand client varie. En effet, comme cela avait été explicité lors de la construction du modèle, ce dernier calcule ses propres optimums entre coûts de transport et de stockage, et détermine ainsi la taille de sa commande. C'est ce qui est illustré sur le graphique suivant.

Ces commandes sont a priori directement livrées dans les magasins, et le plus souvent les producteurs gèrent eux-mêmes les œufs en linéaires. Les œufs extra-frais doivent, par exemple, changer de mention après sept jours de ponte, pour être appelés *frais*. Dans certains cas, ils transitent par des plates-formes de groupage/dégroupage de la grande distribution ; le lieu de destination considéré dans le modèle est alors la plate-forme.

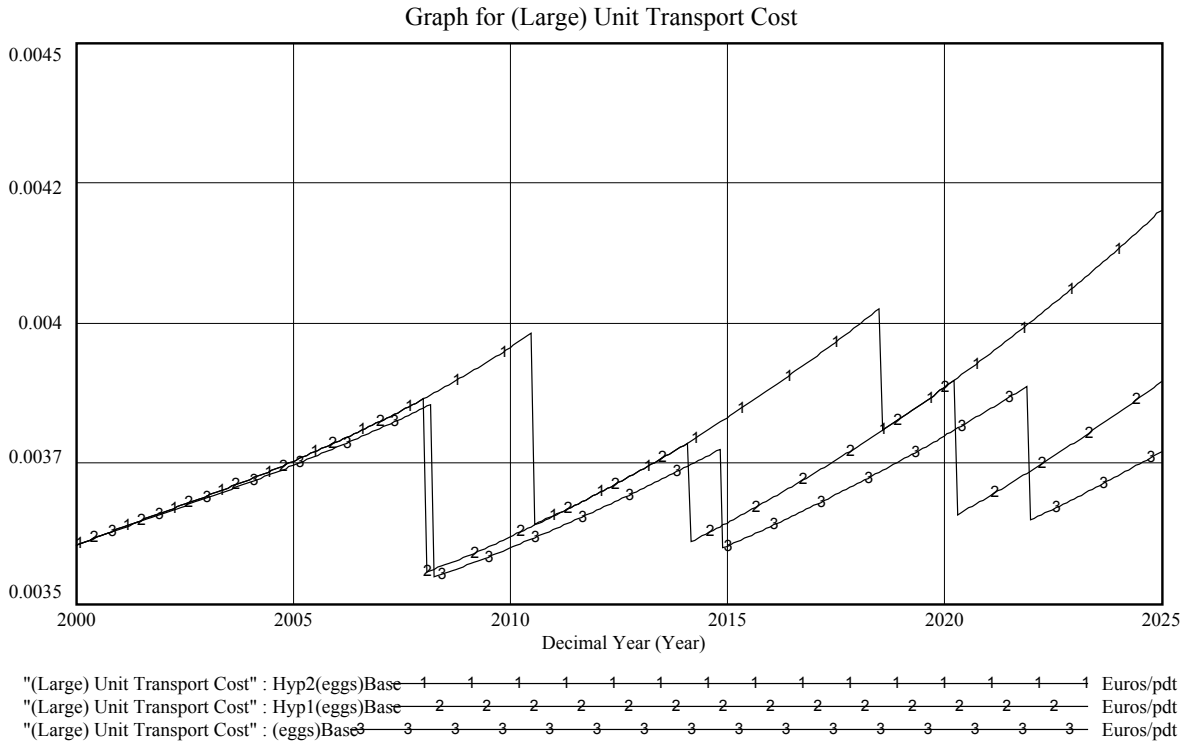
Les œufs : graphique 14 – Taille des commandes de la grande distribution



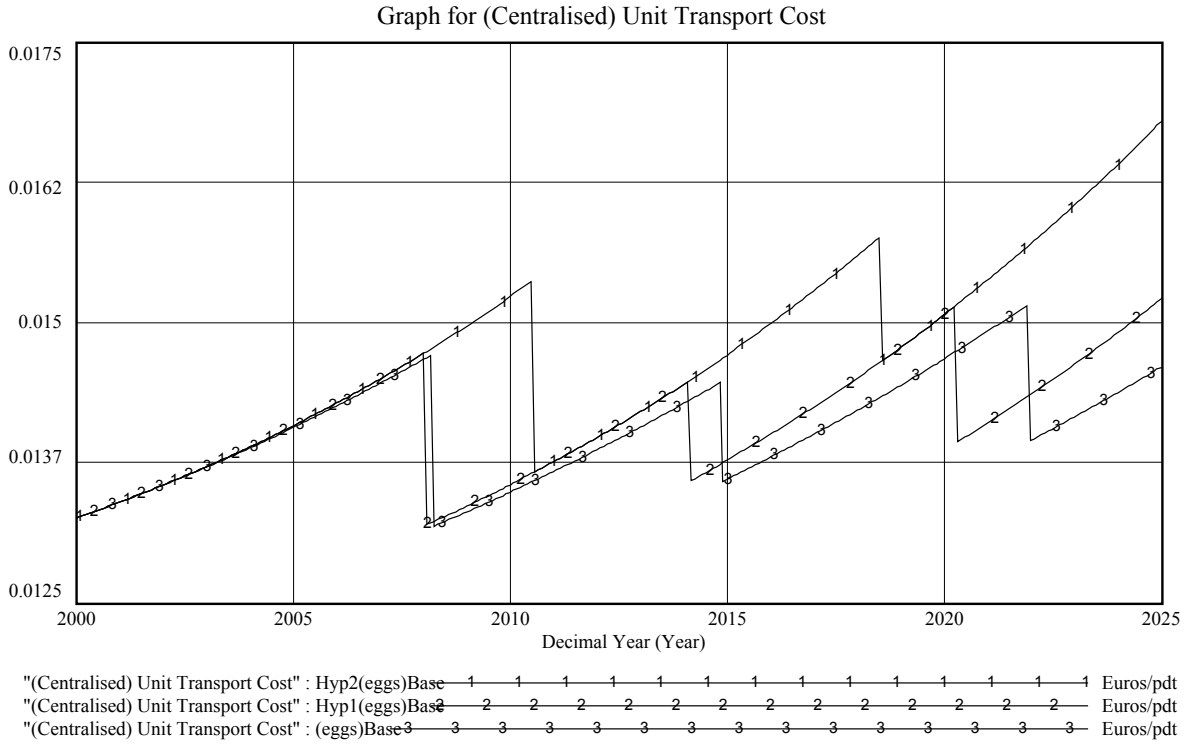
Pour ce graphique, c'est le scénario de référence qui a été retenu à titre de comparaison, le seul pour lequel le taux de croissance des coûts de transport est nul. Cette augmentation progressive de la taille des commandes est influencée d'une part par la hausse des coûts de transport, ce qui peut être constaté en comparant l'hypothèse 1 au scénario de référence, et d'autre part par l'augmentation des distances. Cette dernière entraîne évidemment une augmentation des coûts de transport, et explique de nouveau la présence de *paliers*, correspondant à la mise en place d'un nouveau centre de distribution, suite à un accroissement progressif de l'aire de chalandise totale de la firme (et de fait de chaque centre de distribution). Surtout l'hypothèse 2, qui entraîne dans le temps une augmentation réelle des distances totales, est à l'origine d'une hausse de la taille des commandes. Cette évolution permet ainsi de compenser la hausse des coûts de transport, grâce à la dégressivité des tarifs en fonction de la taille de l'envoi. Celle-ci s'accompagne naturellement d'une légère diminution de la fréquence des envois.

Ce dernier point est important, car en effet, même si l'hypothèse 2 ne semble par devoir être retenue dans le cas des œufs (elle n'apporte aucun gain), elle montre les effets de la concentration des régions logistiques. Une diminution du nombre de centres de premier niveau contribue certes à augmenter les distances, mais aussi à massifier les flux et à augmenter la taille moyenne des envois. Or ce résultat au regard des considérations actuelles de développement durable doit être considéré, alors même qu'il ne peut être mesuré statistiquement.

Les œufs : graphique 15 – Coût unitaire de transport (par œuf) pour les grands clients

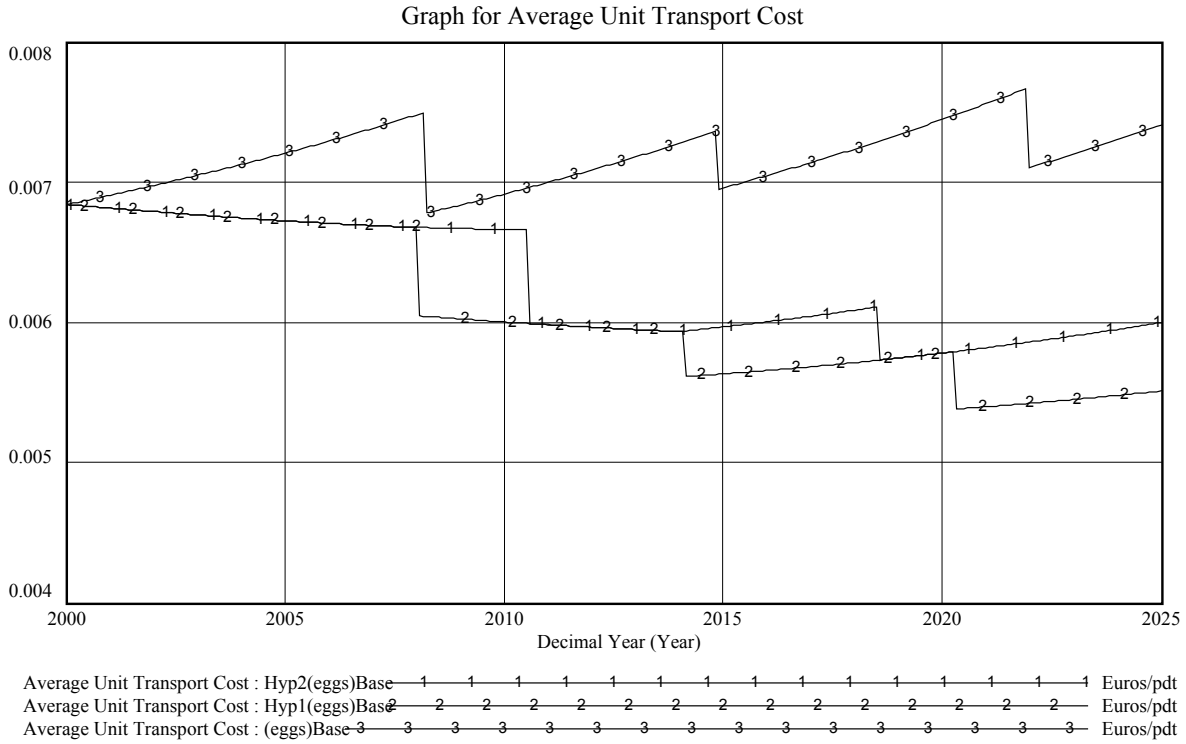


Les œufs : graphique 16 – Coût unitaire de transport (par œuf) pour les petits clients



Ces deux graphiques correspondent aux constatations précédentes d'une hausse logique des coûts de transport avec les distances moyennes. Ils présentent des évolutions tout à fait analogues, bien que les coûts d'envoi pour les petits clients soient nettement plus élevés puisque les tailles de commandes ne sont pas comparables. Enfin, le graphique suivant permet d'observer l'évolution du coût de transport par œuf, tout type de client confondu.

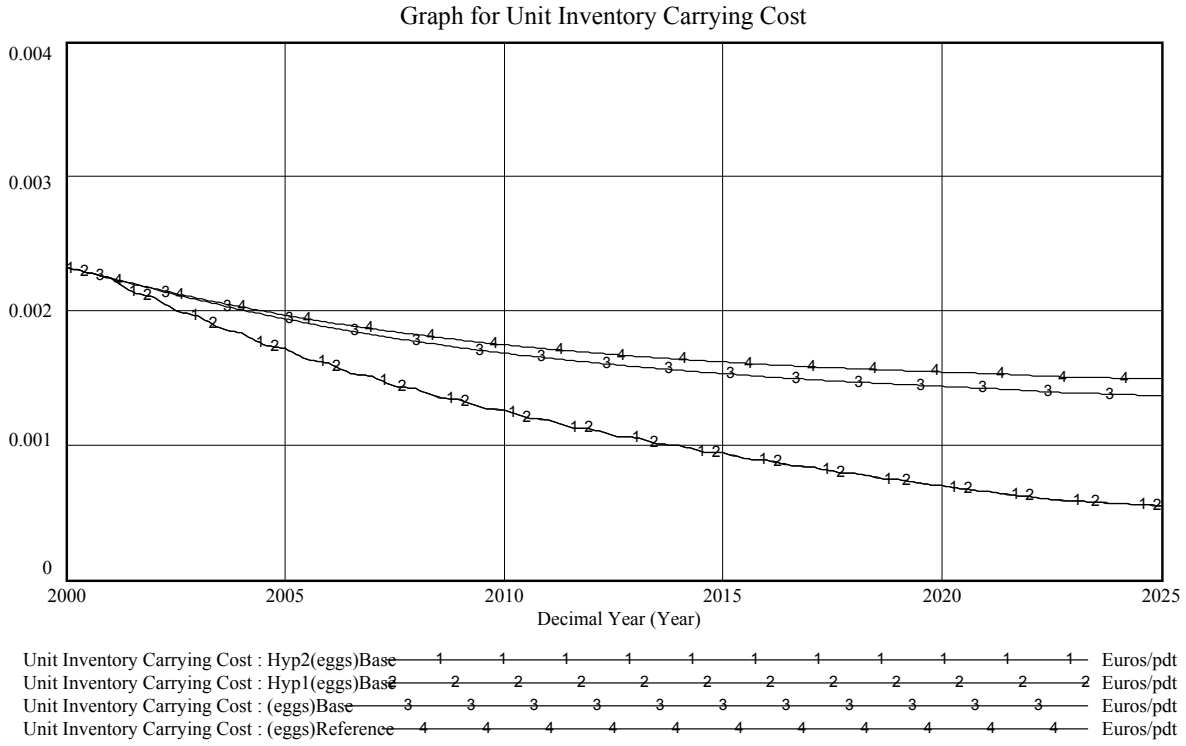
Les œufs : graphique 17 – Coût unitaire de transport (par œuf) tous clients



Les résultats de ce graphique peuvent paraître a priori contradictoires compte tenu des précédents, puisque le coût unitaire de transport augmente à la fois pour les petits et les grands clients. Or ici il diminue très nettement. Ce phénomène s'explique simplement par le fait que les hypothèses 1 et 2 introduisent un poids croissant progressif de la grande distribution dans les ventes (passant de 65% à 85% en 25 ans). Sa part croissante dans les ventes conduit ainsi malgré tout à une baisse du coût de transport moyen de l'œuf, de telle sorte que la hausse des tarifs de transport, certes modérée dans ces scénarios, n'a aucun impact sur le coût de revient moyen.

Enfin le dernier graphique présente l'évolution du coût unitaire moyen de stockage (coût intrinsèque des stocks défini en deuxième partie).

Les œufs : graphique 18 – Coût unitaire moyen de stockage (par œuf)



De ce graphique, nous pourrons essentiellement retenir une baisse qui est due à la concentration des moyens de production, permettant en fait un accroissement du taux de rotation des stocks chez les producteurs. En d'autres termes, la fréquence de la collecte des œufs chez les producteurs est intensifiée.

La couverture en jours[60] des stocks d'œufs, situés chez les producteurs et dans le centre de distribution/conditionnement, passe d'environ 5,5 jours à 1,5 jours pour le scénario de l'hypothèse 1, et de 5,5 jours à un peu plus de 3 jours pour le scénario de base (où il y avait déjà une concentration de la production). Les acteurs de la filière donnaient un stock moyen total variant entre 4 et 6 jours de couverture dans l'étude. Les valeurs initiales du modèle donnent donc des ordres de grandeur réalistes.

[60] Les quantités en stocks sont rapportées aux ventes.

Conclusions (première série de simulations sur les œufs)

Cette première série de simulations a permis de tester le modèle sur un cas d'application particulier, et certaines conclusions concernent ainsi plus spécifiquement les œufs. Mais elle constitue également une première étape dans l'analyse des résultats du modèle, en donnant des éléments d'interprétation plus généraux.

- A l'issue de cette première série de simulations, nous pouvons mentionner en tout premier lieu que le modèle a permis d'obtenir des résultats conformes à la réalité, sans être modifié. En effet, les données disponibles relatives à la filière, et tout particulièrement à la firme étudiée, ont été introduites et certaines relations ajustées (telle l'élasticité de la demande au prix). Néanmoins, le modèle a convenablement simulé le réseau de distribution qui était, dans tous les cas, centralisé (ne comportant qu'un seul niveau de distribution). Il en était de même pour l'approvisionnement du centre de distribution réalisé par lots complets, des fréquences d'envoi pour la grande distribution (hebdomadaires), ainsi que des stocks moyens chez les producteurs et dans les centres de conditionnement dont les ordres de grandeur étaient aussi conformes à la réalité. Ces résultats laissent à penser qu'avec des ajustements corrects, en particulier de la variable *i* (valeur intrinsèque du stock), le modèle peut rendre compte de la réalité des arbitrages, faisant intervenir les coûts de transport et de stockage dans le système de production et de distribution, même pour un cas d'application a priori spécifique.

- Les hypothèses relatives à l'évolution des systèmes de production et de distribution ne peuvent évidemment correspondre à des certitudes, mais elles essaient avant tout de traduire des tendances réalistes, et relativement modérées dans les valeurs retenues. Les simulations ont pour le moins montré qu'une concentration des moyens de production est, certes, source de gains, mais que dans le cas particulier des œufs une concentration des centres de distribution/conditionnement serait plutôt

désavantageuse. Ce dernier résultat pouvait paraître de prime abord étonnant, il s'explique par le fait que les œufs étant un produit périssable, les stocks sont déjà considérablement réduits avec un fort taux de rotation dans les centres de distribution/conditionnement. De fait, une diminution de ces centres se traduit principalement par une augmentation des distances moyennes, il en résulte une hausse du coût de transport qui ne peut être compensée qu'en augmentant la taille des commandes de la grande distribution.

Le modèle a montré que la meilleure façon de réduire un peu plus les stocks était de concentrer la production. En effet, cela permet d'augmenter le taux de rotation des stocks chez le producteur. Dans la réalité, cela se traduira par une augmentation de la fréquence de la collecte, notamment pour les petits producteurs qui ne font pas l'objet d'un ramassage quotidien.

- Un premier élément relatif à la notion de massification des flux et à la taille moyenne des envois a été mentionné dans le point précédent. La centralisation des réseaux de distribution, par la diminution des centres de premier niveau, n'implique pas seulement une augmentation des distances moyennes, elle massifie les flux et contribue à augmenter la taille moyenne des envois. Bien que dans le cas des œufs, elle n'apporte aucun gain supplémentaire et paraît donc peu probable.

  Deuxièmement, la taille moyenne des commandes de la grande distribution, qui massifie considérablement les flux, permet d'abaisser les coûts de transport, essentiels pour un produit à faible valeur ajoutée. Sa part croissante dans les ventes compense la hausse des prix du transport, et contribue même à diminuer le coût de revient moyen de l'oeuf.

- Enfin, en dernier point, nous donnerons dans le tableau ci-dessous les résultats des différentes simulations sous la forme d'un rapport entre le taux de croissance des tonnes-kilomètres et des ventes, sur la période de temps 2000-2025, en fonction des divers scénarios. Il n'a pas de valeur prédictive, mais donne ici quelques ordres de

grandeur puisqu'en effet les tonnes-kilomètres croissent plus vite que les volumes de production dès qu'il y a des opérations visant à concentrer ou centraliser des activités. Elles impliquent en effet une augmentation des distances moyennes. Mais dans le même temps, les diverses constatations réalisées avec les simulations du modèle, quant à la massification des flux, à la taille des envois, ou encore au nombre de liaisons de transport ne peuvent être clairement représentées d'un point de vue statistique.

Taux de croissance des ventes et des tonnes-kilomètres de la firme, entre 2000 et 2025, pour chaque scénario (œufs)

		Hyp2(eggs)Base	Hyp1(eggs)Base	(eggs)Base	(eggs)Reference
Taux de croissance	t-km	26	20	13	12
	Ventes (quantités)	15	15	11	10
Rapport des taux		1,74	1,33	1,18	1,18

Résultats de la deuxième série de simulations

Compte tenu des résultats de la première série de simulations, cette deuxième série, assez brève, propose de simuler le scénario de l'hypothèse 1 de concentration de la production, avec le scénario dit de développement durable des coûts de transport. Celui-ci correspond à une hausse de 45% des tarifs sur une période de temps de 25 ans. Les résultats d'ensemble sont résumés ci-après, et quelques graphiques illustrent l'impact de cette hausse sur le système de distribution et les flux de transport. Ils sont comparés à ceux du scénario de l'hypothèse 1,

simulé précédemment avec le scénario de base des coûts de transport, et au scénario de base présenté aussi dans la série précédente.

Le scénario dit interventionniste, avec une hausse totale de 64% des tarifs de transport sur la durée de la simulation, sera également présenté sur certains graphiques à titre de comparaison avec le scénario de développement durable.

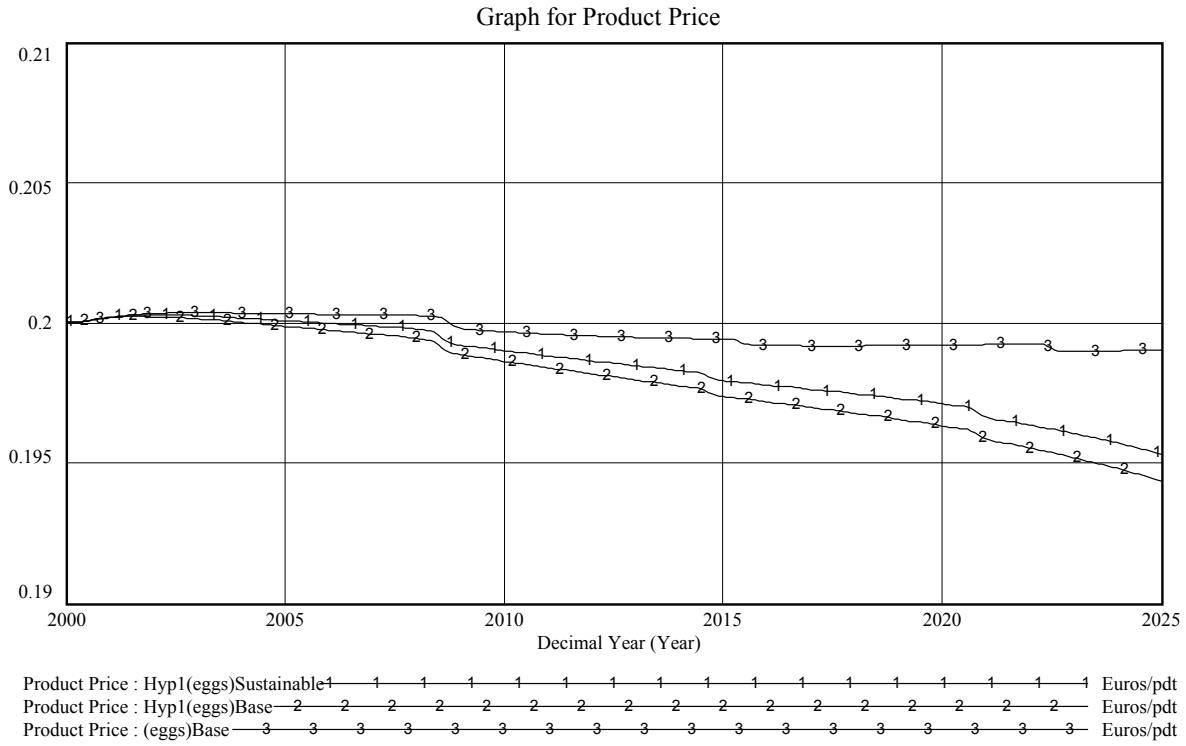
Les scénarios proposés sont résumés dans le tableau suivant avec, en italique, le nom attribué aux simulations dans le modèle et figurant sur les graphiques.

Les œufs : deuxième série de simulations, résumé des scénarios proposés

	Système de production : concentration accrue des moyens de production	Système de distribution : concentration des régions logistiques	Système de distribution : part de la grande distribution	Scénario des tarifs de transport
scénario de base *(eggs)Base*	non	non	stable	base (taux annuel 0,2%)
scénario hypothèse 1 *Hyp1(eggs)Base*	oui	non	croissante	base
scénario hypothèse 1 *Hyp1(eggs)Sustainable*	oui	non	croissante	développement durable (taux annuel 1,5%)
scénario hypothèse 1 *Hyp1(eggs)Intervention*	oui	non	croissante	interventionniste (taux annuel 2%)

Les résultats généraux du scénario de développement durable, appliqué à l'hypothèse de concentration de la production, donnent naturellement des évolutions semblables aux précédentes. En d'autres termes, la demande totale d'Europe de l'Ouest, les capacités de production ou la concentration du secteur, par exemple, ne sont pas modifiées. En revanche, l'évolution de certaines variables liées à la distribution a sensiblement varié, et les quelques graphiques présentés ci-dessous vont permettre d'analyser les changements qui sont intervenus.

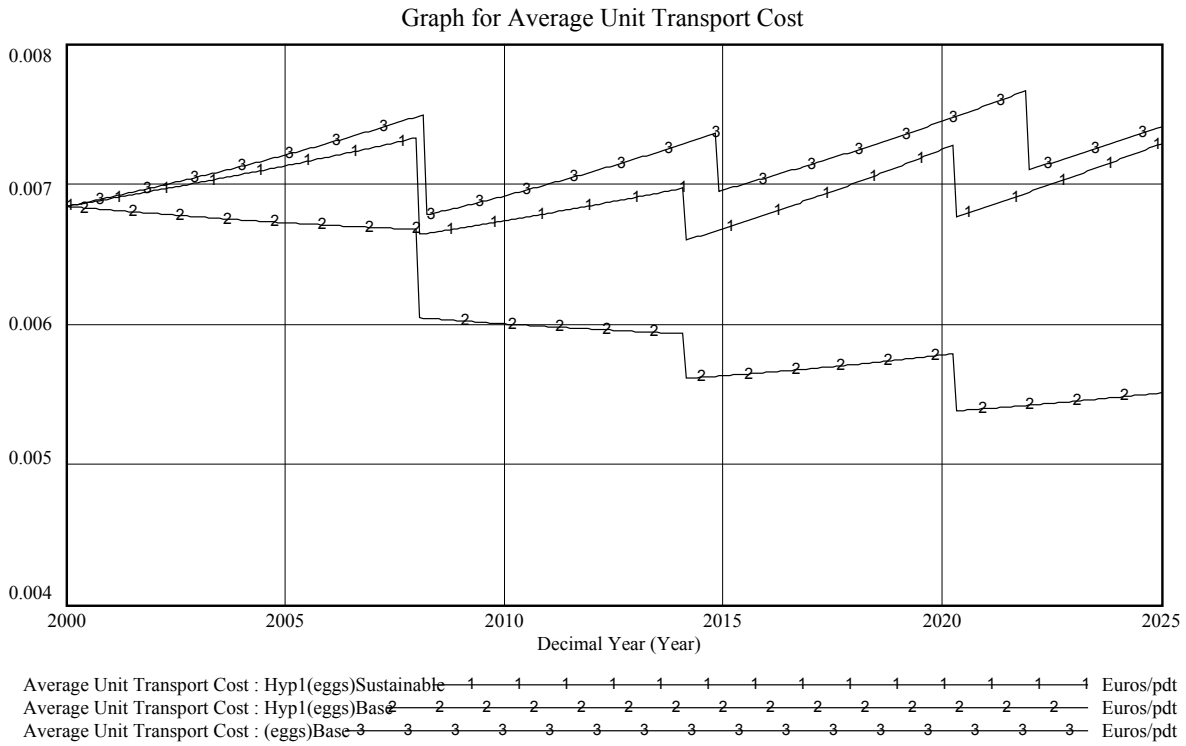
Les œufs : graphique 19 – Prix du produit (2ème série)



Ce premier graphique permet de constater que le prix baisse sensiblement moins, et de la même manière, la croissance de la marge du produit est légèrement ralentie.

En fait, le graphique suivant indique que la hausse des tarifs de transport semble pratiquement compensée par les gains qui étaient réalisés par l'intermédiaire de la grande distribution, comme l'avait montré la première série de simulations,.

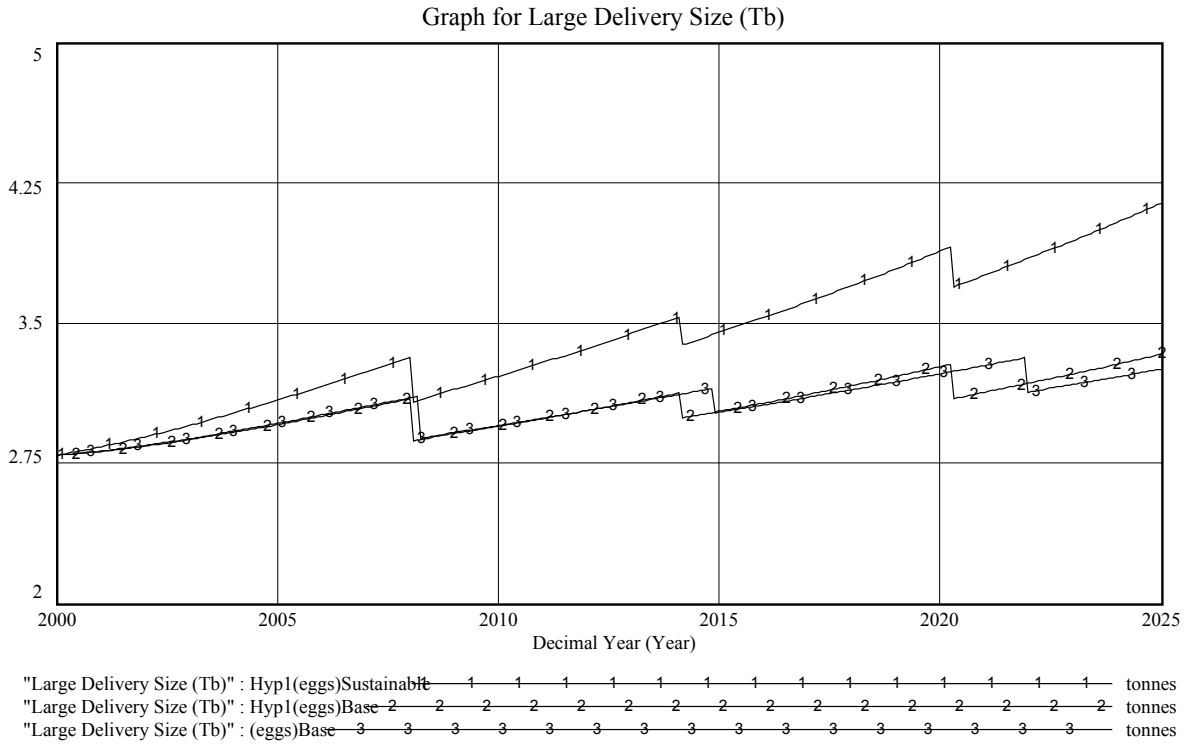
Les œufs : graphique 20 – Coût unitaire de transport tous clients (2ème série)



La comparaison avec le scénario de base, dont les tarifs augmentent de 5% sur la durée de la simulation, montre que les gains réalisés sur le coût unitaire de transport n'ont pas été totalement compensés par la hausse des tarifs de transport. Le coût unitaire moyen de transport paraît même quasiment stable si on le considère à chaque *palier*, c'est-à-dire lorsque le nombre de centres de distribution/conditionnement augmente et, de fait, diminue simultanément les distances moyennes parcourues (pour revenir en quelque sorte, rappelons-le, à leur état initial, puisque les distances totales parcourues n'augmentaient pas dans ce scénario).

Cependant, le graphique suivant indique que la taille des commandes de la grande distribution a également augmenté, pour aider à compenser un peu plus cette hausse.

Les œufs : graphique 21 – Taille des commandes de la grande distribution (2ème série)



L'augmentation de la taille moyenne des commandes des grands clients n'est pas négligeable, puisqu'elle permet de contenir la hausse des tarifs[61] à 25%, lorsque ces derniers sont comparés, à la fin de la simulation, au scénario de l'hypothèse 1 avec les prix du scénario de base. En effet, sans cette augmentation de la taille de l'envoi, elle aurait été de 38%.

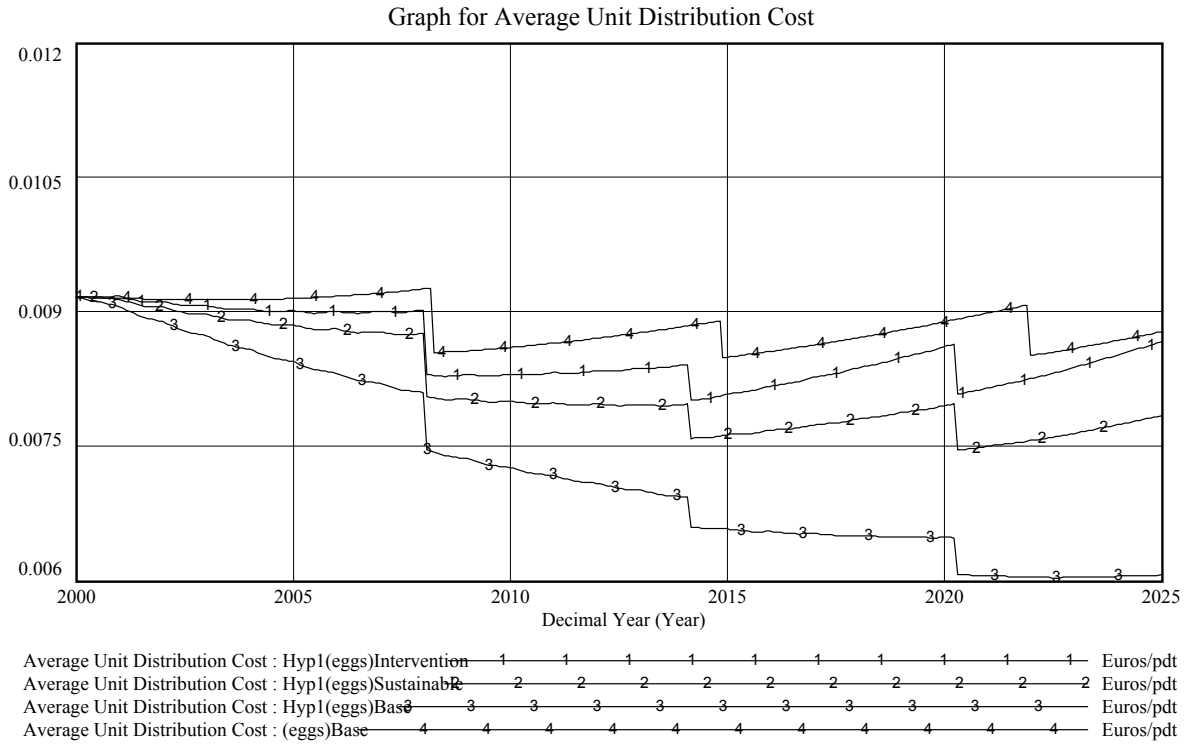
Si c'est le scénario le plus interventionniste qui est appliqué (avec une hausse de 64% sur la période de 25 ans), la hausse est contenue à 36%, alors qu'elle aurait due être de 56% toujours en la comparant aux tarifs dits de base. Cependant, dans ce dernier cas, le coût unitaire moyen

[61] Il s'agit du tarif de transport à la tonne, déterminé par la distance et la taille de l'envoi (ici les distances ne varient pas).

de transport augmente cette fois nettement au cours de la simulation. Il semble, en fait, que la capacité d'adaptation de la grande distribution ne soit plus suffisante.

Quant au coût unitaire de stockage, il diminue autant que dans les simulations précédentes grâce à la concentration de la production, et à une organisation logistique qui vise à les réduire autant que possible. De fait, le coût moyen de distribution de l'œuf diminue malgré tout sensiblement sur la période de temps 2000-2025, comme l'indique le graphique suivant, y compris lorsque le scénario interventionniste des prix de transport est appliqué.

Les œufs : graphique 22 – Coût unitaire de distribution du produit (2ème série)



Conclusions (deuxième série de simulations sur les œufs)

- Les résultats de cette deuxième série de simulations sur les œufs montrent que la seule capacité d'adaptation du système logistique, à une hausse des tarifs de transport, est une augmentation de la taille moyenne des commandes de la grande distribution. Dans ce cas d'application précis, cela était bien sûr prévisible compte tenu des simulations précédentes. Elles avaient, en effet, indiqué que le choix de la structure du réseau de distribution devait rester celui d'une structure centralisée, avec un seul niveau, et un nombre de centres de distribution tel que la distribution demeure relativement locale.

  Ce résultat est donc à considérer compte tenu du cas de figure bien particulier que constituent les œufs, comparativement à d'autres types de produits qui seront présentés dans la section suivante.

- Cependant, un résultat reste remarquable, à savoir que le coût de revient de l'œuf parvient à baisser de 8% au cours de la simulation grâce à la concentration de la production et à l'impact de la grande distribution, dont la part augmente dans les ventes. En d'autres termes, même dans un cas présentant une flexibilité d'adaptation assez faible, le rôle prépondérant de la grande distribution et les évolutions du système de production peuvent avoir des incidences importantes sur le coût de revient, et surtout plus fortes que celles d'une hausse des tarifs de transport pourtant élevée. De surcroît, il s'agit d'un produit à faible valeur et pour lequel, de fait, les coûts de transport ont un poids non négligeable. Cependant, contrairement à ce qu'il peut être admis, une hausse des prix de transport n'a pas nécessairement les incidences fortes attendues pour ce type de produit.

  Ce rôle reste maintenant à analyser avec les produits aux caractéristiques génériques présentés ci-après.

2.2 Application du modèle à des produits *génériques*

Les simulations de cette sous-section sont appliquées à des produits fictifs aux caractéristiques dites *génériques*. Néanmoins, pour mémoire, chacun des deux produits présentés a des caractéristiques physiques[62] à assimiler à un produit réel et un prix initial moyen réaliste, compte tenu du marché. Le premier est ainsi assimilé à une savonnette, type savon de Marseille, il s'agit donc d'un produit lourd (sa masse volumique est élevée), de consommation courante, à faible valeur ajoutée. Le deuxième serait une paire de chaussettes, par contraste avec le précédent, sa masse volumique est nettement moins élevée et son prix plus important, mais il s'agit aussi d'un produit de consommation courante et à faible valeur ajoutée (il existe cependant pour tout type de produit un haut de gamme).

Les simulations ont pour objet d'analyser les conséquences d'une hausse des prix de transport sur les évolutions possibles des systèmes de distribution et de production, et de fait sur l'organisation des flux de marchandises. Nous ne présenterons pas des graphiques et des valeurs précises qui se justifiaient pour un cas d'application tel celui des œufs, mais seulement les résultats principaux des scénarios retenus. Ces deux produits ont été choisis à titre d'illustration, et le modèle doit être ici utilisé pour sa vocation explicative et de compréhension des phénomènes. Après les simulations sur les œufs et ces produits, une interprétation plus générale de l'ensemble des résultats figure en conclusion.

[62] Les dimensions avec l'emballage et le poids ont été considérés pour établir un rapport poids – volume correct, et évaluer la *quantité de produits équivalant une tonne* pour le transport.

Scénarios proposés

Afin de comparer l'incidence des divers scénarios sur les deux premiers produits, appelés A et B, à assimiler respectivement à la savonnette et à la paire de chaussettes, les valeurs initiales introduites dans le modèle sont identiques. Il s'agit aussi bien des quantités telles la demande, les capacités de production, la taille de commande des petits clients, que de la part initiale de la firme dans les ventes ou le nombre initial d'unités de production. En d'autres termes, ces deux produits ne sont réellement différenciés, dans les simulations, que par leurs caractéristiques physiques et leur prix initial, fixé respectivement à 0,42 € (savonnette de 100g) et à 5,5 €. De plus, les scénarios relatifs aux évolutions des systèmes de production et de distribution, présentés ci-après, sont également les mêmes. Ces hypothèses font référence aux tendances mentionnées dans les évolutions des organisations logistiques (voir la première partie).

Le choix d'une telle comparaison entre deux produits de grande consommation, différenciés uniquement par leur valeur et leurs caractéristiques de poids et de volume, se justifie par le fait que les évolutions du système sont relativement complexes. Une analyse ne peut se baser sur des variations simultanées de nombreux paramètres, néanmoins le choix de ces produits et de ces scénarios est issu d'un certain nombre de simulations du modèle. Ils permettent d'illustrer convenablement et simplement les principaux résultats qui en ont été tirés. Bien que ces simulations soient fictives, elles proposent de reproduire des phénomènes réels tels qu'ils sont décrits dans les études et publications déjà citées précédemment (Samii, 2000 ; Fleischmann et al., 1998 ; A.T. Kearney, 1993 et 1999 ; Cranfield Centre for Logistics & Transportation, 1994, etc.). Certains articles de la presse quotidienne ou professionnelle peuvent aussi fournir des cas précis illustrant ces évolutions récentes.

A l'image des simulations sur les œufs, il a été retenu deux grands types de scénarios relatifs à l'évolution des systèmes de production et de distribution, ainsi que deux scénarios dits de *référence* et de *base* :

- le scénario de *référence* ne contient aucune hypothèse d'évolution des systèmes de production et de distribution, c'est-à-dire aucune hypothèse permettant une concentration des moyens de production, ni aucune hypothèse sur une diminution du nombre des régions logistiques (correspondant au nombre de centres de distribution de premier niveau) ; le taux de croissance des revenus et des prix de transport est nul (scénario des prix de transport appelé du même nom) ;

- le scénario de *base*, à la différence du scénario de référence, introduit le même taux de croissance des revenus que pour les scénarios suivants, et surtout une croissance des prix de transport plus conforme aux évolutions récentes, c'est-à-dire le scénario de *base* des prix de transport, qui est aussi utilisé avec les hypothèses suivantes pour la première série de simulations ;

- le scénario, intitulé *hypothèse 1*, permet une concentration des moyens de production, par l'intermédiaire du paramètre appelé *Degré de standardisation de la production*, tout en rappelant que cette concentration est soumise, dans le modèle, à d'autres contraintes notamment de coûts ;

  un second scénario, appelé *hypothèse 1b*, introduit en plus une continuité de la croissance de la part de la grande distribution dans les ventes (alors qu'elle est constante dans la première version) ;

- enfin, deux scénarios de centralisation des réseaux de distribution, appelés *hypothèse 2* et *hypothèse 2b*, reprennent les hypothèses 1b et proposent simultanément une diminution du nombre des régions logistiques, plus ou moins forte selon les deux cas.

L'ensemble de ces scénarios sont résumés dans le tableau suivant.

Produits génériques : première série de simulations, résumé des scénarios proposés

	Système de production : concentration accrue des moyens de production	Système de distribution : concentration des régions logistiques	Système de distribution : part de la grande distribution	Scénario des tarifs de transport
scénario de référence *(AB)Reference*	non	non	stable	référence (taux annuel 0% - et croissance des revenus nulle)
scénario de base *(AB)Base*	non	non	stable	base (taux annuel 0,2%)
scénario hypothèse 1 *Hyp1(AB)Base*	oui	non	stable	base
scénario hypothèse 1b *Hyp1b(AB)Base*	oui	non	croissante	base
scénario hypothèse 2 *Hyp2(AB)Base*	oui	oui (forte)	croissante	base
scénario hypothèse 2b *Hyp2b(AB)Base*	oui	oui (intermédiaire)	croissante	base

L'hypothèse forte, concernant les régions logistiques, correspond à un nombre de régions cinq fois moins important en 2025 par rapport à 2000, et l'hypothèse intermédiaire à une réduction de moitié ; ces évolutions se réalisent progressivement au cours de la simulation. Les régions logistiques sont celles qui peuvent être approvisionnées à partir du même centre de distribution de premier niveau. Ce dernier peut donc aussi bien avoir un rayonnement

régional, comme dans le cas des œufs, que national ou paneuropéen, conduisant à la définition de véritables centres de distribution européens. Les produits présentés ici sont considérés comme ayant une demande suffisamment homogène pour être distribués à un niveau paneuropéen.

Quant à l'hypothèse de concentration des moyens de production, elle correspondrait à une réduction de moitié du nombre des régions paneuropéennes pouvant être approvisionnées par une même unité de production (en gardant à l'esprit qu'elles sont initialement moins nombreuses que les régions logistiques).

Dans un premier temps, nous allons présenter et analyser les principaux résultats des simulations de ces scénarios. Puis, comme pour le cas d'application, ces hypothèses d'évolution des systèmes de production et de distribution seront simulées avec différents scénarios de prix de transport.

Résultats de la première série de simulations (produits génériques)

Une analyse des résultats de chacun des scénarios proposés, et une comparaison entre les deux produits, permettent de constater les éléments suivants.

En premier lieu, dans tous les cas, le réseau de distribution des petits clients est centralisé pour le produit B alors qu'il est décentralisé pour le produit A. En d'autres termes, le produit A est livré par l'intermédiaire de centres finaux (à partir desquels une tournée de livraison peut être organisée), tandis que le produit B est expédié directement des centres de premier niveau (également utilisés dans le réseau des grands clients). La décentralisation permet, en fait, de massifier les flux entre le premier et le dernier niveau, mais en contre partie, augmente les coûts de stockage. Elle conduit, en outre, à une augmentation des distances totales parcourues et des liaisons de transport dans le réseau. Mais dans le cas présent où la taille des

commandes est faible (il s'agit des petits clients), elle ne compense aucunement les gains réalisés sur les coûts de transport grâce à la massification entre le premier et le dernier niveau de distribution, pour le produit A.

Cette simple constatation est l'une des conséquences d'un élément essentiel permettant de distinguer les deux produits. Pour le produit A, les coûts de transport jouent un rôle prépondérant dans l'organisation du système ; tandis que pour le produit B, ce sont les coûts de stockage.

Résultats relatifs aux hypothèses 1 et 1b

Les résultats des scénarios des hypothèses 1 et 1b sont comparés, sur l'ensemble de la durée de la simulation, au scénario de base. Les évolutions respectives de la part des coûts de transport et de stockage, dans le coût de revient du produit, figurent dans les annexes 5 à 8 pour chacun de ces scénarios et pour chaque type de réseau (petits et grands clients[63]). Il est possible de s'y référer pour l'ensemble des commentaires suivants.

- Dans le cas du produit A comme du produit B, le coût moyen de distribution ne varie quasiment pas avec l'hypothèse 1 de concentration des moyens de production. Le gain constaté sur le coût de revient du produit provient de la seule baisse du coût moyen de production.

  En effet, la concentration des moyens de production peut contribuer à augmenter la rotation des stocks sur les sites de production. Cependant, elle s'accompagne d'une augmentation des distances entre ces sites et les centres de premier niveau. La hausse des coûts de transport peut être ainsi compensée, partiellement ou totalement, par une augmentation de la taille des envois, éventuellement aidée par la massification des flux.

[63] Il faut, pour plus de précision, réaliser le plus souvent une analyse distincte des réseaux petits et grands clients. L'analyse s'avère parfois assez complexe car les deux réseaux évoluent différemment, mais pas indépendamment l'un de l'autre.

C'est ainsi que pour le produit A, comme pour le produit B, la taille moyenne des envois entre les sites de production et les centres de premier niveau augmentent par rapport au scénario de base, mais dans des proportions très différentes.

Pour le produit B, dans le scénario de base, la taille des envois était relativement faible et de fait la fréquence en était élevée, afin de diminuer autant que possible le niveau des stocks sur l'ensemble du réseau de distribution. Cette organisation entraînait donc déjà des tarifs de transport assez élevés, et pour compenser cette hausse des distances, sans accroître les stocks de façon importante, la taille de l'envoi est ici légèrement augmentée. Le volume des stocks industriels comme du réseau de distribution reste ainsi quasiment stable, ou augmente légèrement.

Il en est tout autre pour le produit A, dont les envois étaient déjà de taille importante dans le but de diminuer les coûts de transport. Le résultat, du point de vue de la distribution de ce produit, conduit ainsi à une taille encore accrue des envois entre les sites de production et les centres de premier niveau (et entre le premier et le dernier niveau de distribution pour le réseau décentralisé des petits clients). Cette adaptation revient alors à augmenter les stocks du réseau de distribution autant qu'ils ont été diminués sur les sites de production.

Pour ces deux produits, la concentration des moyens de production augmente donc les coûts de transport du fait des distances, sans pour autant réduire les coûts de stockage, mais avec des organisations très différentes.

- Quant à l'hypothèse d'augmentation de la part de la grande distribution dans les ventes (hypothèse 1b), celle-ci a des conséquences assez différenciées sur les deux produits. Elle entraîne, comme pour le cas d'application des oeufs, une accélération de la concentration du secteur, et de fait permet à la firme d'augmenter le volume de ses ventes, puisqu'elle

accroît ses parts de marché. Cet élément est à considérer sur les flux de marchandises, dans la mesure où les quantités peuvent avoir des conséquences sur la massification des flux.

Dans le cas du produit A, la part de la grande distribution tend globalement à diminuer les coûts de distribution. Non seulement elle permet de diminuer les coûts de transport totaux en massifiant les flux par la taille de ses commandes, mais de plus elle contribue à augmenter la rotation des stocks. La croissance de la part de la grande distribution permet ainsi d'augmenter la taille des envois entre les unités de production et de premier niveau, jusqu'à atteindre la taille du lot complet.

Elle participe de fait à la baisse du coût de revient et du prix du produit. Une baisse du coût de distribution des grands clients est constatée, quels que soient les scénarios, à partir du moment où leurs volumes de vente augmentent, non pas seulement lorsque leur part dans les ventes croît, mais également dès que la demande augmente globalement.

Sans détailler les résultats de ces simulations, nous pouvons noter aussi que cette baisse du coût moyen de distribution, sous l'influence des grands clients, prend part à des phénomènes rétroactifs dans le modèle. En effet, elle contribue notamment à diminuer le coût des produits, et de fait la valeur des stocks immobilisés, mais aussi à stimuler la demande (plus ou moins selon les cas étudiés) par la baisse du prix, et de fait à amplifier encore un peu plus les volumes de ventes.

Le cas du produit B est très différent, car la taille de commande optimale de la grande distribution empêche le fournisseur d'optimiser ses propres coûts de stockage et de transport. En effet, le poids des coûts de stockage de ce produit conduit la grande distribution à vouloir fractionner ses commandes, ou en d'autres termes à pratiquer le juste-à-temps. Or ce fractionnement entraîne des coûts de livraison supérieurs à ce qu'ils pourraient être, sans permettre en contrepartie au fournisseur de réduire ses stocks. Par conséquent, si nous contraignons le modèle à limiter la fréquence de ces livraisons, il est possible d'observer une baisse du coût moyen de distribution total des produits destinés

aux grands clients. Il est bien évident que, dans la réalité, cela peut se traduire à titre d'exemple par une remise offerte par le fournisseur en fonction des quantités commandées.

Cette taille de commande des grands clients pourrait, par ailleurs, être déterminée de sorte à optimiser l'ensemble des coûts de distribution (du fournisseur et du client). Cependant, dans le modèle, cette taille de commande est en principe déterminée selon un optimum calculé par le grand client, indépendamment du réseau du fournisseur. Le modèle tient compte ensuite uniquement de cette taille pour le calcul du niveau moyen de stock du centre de distribution, de sorte à toujours être en mesure de satisfaire ces commandes.

Pour le produit B, une baisse des coûts de distribution peut être ainsi constatée dans l'hypothèse 1b, uniquement par le fait d'une augmentation *forcée* de la taille moyenne des livraisons destinées aux grands clients.

Résultats relatifs aux hypothèses 2 et 2b

Pour être analysés, les résultats des scénarios des hypothèses 2 et 2b (relatives à la fois à la concentration de la production et des régions logistiques) ont été comparés plus spécifiquement, sur la durée de la simulation, au scénario de l'hypothèse 1b ; les éléments principaux sont donnés ci-après. Encore une fois, l'ensemble de ces commentaires peuvent se vérifier avec l'évolution de la part des coûts de transport et de stockage figurant dans les annexes 5 à 8.

- L'évolution du coût unitaire de distribution indique que le produit A perd en réduisant le nombre de centres de distribution de premier niveau. En effet, le coût de distribution moyen augmente légèrement avec l'hypothèse intermédiaire 2b (beaucoup avec l'hypothèse la plus forte), comparativement à l'hypothèse 1b ; car il diminue toujours sur l'ensemble de la durée de la simulation grâce à la part accrue des grands clients.

En réalité, pour ces derniers, le coût moyen de distribution augmente nettement même avec l'hypothèse 2b, par rapport à l'hypothèse 1b. Les quantités déjà importantes avaient permis de massifier les flux dans un réseau qui ne comporte qu'un seul niveau, et la baisse importante des stocks qui en résulte ne peut pas compenser la hausse des coûts de transport due à l'augmentation des distances.

Quant aux petits clients, l'hypothèse de centralisation intermédiaire 2b entraîne une variation négligeable du coût de distribution, par rapport à l'hypothèse 1b. En fait, l'allongement des distances est compensée par une augmentation de la taille moyenne des envois à tous les niveaux du réseau, maintenant ainsi les coûts de transport et augmentant légèrement les stocks moyens.

Il faut néanmoins préciser que la baisse des volumes de ventes des petits clients, en raison de la part croissante de la grande distribution, conduit sur la durée de ces simulations à une forte augmentation de leurs coûts de distribution, qui étaient déjà nettement plus élevés.

- En ce qui concerne le produit B, les résultats sont bien différents, et il est nécessaire de distinguer aussi le réseau destiné aux grands clients, de celui destiné aux petits clients.

En ce qui concerne les grands clients, les stocks situés au premier niveau de distribution et sur les sites de production sont maintenus au même niveau, malgré la centralisation (qui aurait pu dans d'autres cas contribuer à les réduire). Ce phénomène est dû à un accroissement de la taille moyenne des envois qui permet ainsi de réduire les coûts totaux de transport, malgré l'augmentation des distances. Cette organisation permet en effet d'abaisser le coût unitaire de distribution, cependant cette baisse est compensée ici par une hausse du coût des livraisons, dont les distances ont naturellement aussi augmenté. Encore une fois, la taille des commandes des grands clients ne correspond pas à l'optimum du fournisseur. Mais rien n'empêche de penser que celle-ci peut être atteinte par des accords entre fournisseurs et distributeurs, cet aspect n'est évidemment pas pris en compte dans le modèle.

Pour les petits clients, la centralisation du réseau conduit à une augmentation importante des distances sur lesquelles les petits envois doivent être acheminés. Il en résulte alors une

forte hausse des coûts de transport, augmentant ainsi nettement le coût unitaire de distribution de ces petits envois. En revanche, une centralisation modérée (hypothèse 2b) permet de réduire un peu les stocks totaux destinés aux petits clients dont les volumes de vente ont fortement diminué, dans ces hypothèses, au profit de la grande distribution (et leur taux de rotation avec).

Si le réseau des petits clients était considéré indépendamment de celui des grands clients, le modèle montre que la centralisation permettrait alors de réduire les coûts de transport en massifiant leurs envois entre les sites de production et les centres du premier niveau de distribution, tout en réduisant les stocks. En réalité, le modèle prend en compte le fait que le premier niveau de distribution du réseau est partagé par petits et grands clients, permettant ainsi aux premiers de bénéficier de tarifs de transport plus avantageux.

Ce point permet néanmoins de mettre en avant deux éléments importants. Le premier indique qu'il existe des limites ou des seuils à la centralisation des réseaux, et que celle-ci dépend de nombreuses variables, liées aussi bien aux caractéristiques du produit qu'aux conditions de production ou aux caractéristiques de la demande (volumes, taille des commandes, etc.). Elle montre également le rôle joué par la grande distribution sur la structure même du réseau de l'industriel, et sur l'organisation des flux.

Bien que le modèle n'ait pas vocation à déterminer la structure de distribution optimale d'un produit, les résultats indiquent qu'une concentration des régions logistiques (du nombre de centres de premier niveau) sera néanmoins très probablement bénéfique dans le cas du produit B. D'autant que les producteurs admettent avoir bien d'autres avantages à centraliser leurs stocks, non seulement du point de vue de leur gestion, mais également du point de vue du service à la clientèle, qui est présenté dans toutes les études récentes comme un critère essentiel de vente (A.T. Kearney, 1993 ; voir première partie).

Cette centralisation sera pour le moins avantageuse jusqu'à un certain point, puisque l'hypothèse 2 (la plus forte) entraîne à l'inverse une augmentation des coûts, pour les raisons explicitées ci-après.

- Un fort degré de centralisation des réseaux peut aussi conduire à les hiérarchiser. Il existe un seuil à partir duquel l'aire de la région logistique accroît le nombre de centres de dernier niveau du réseau des petits clients, ou conduit à la mise en place de centres intermédiaires dans le réseau des grands clients. C'est la raison pour laquelle l'hypothèse 2, la plus forte, conduit à augmenter le coût moyen de distribution du produit B aux deux tiers de la simulation. Il faut en effet rappeler que les hypothèses de réduction du nombre des régions logistiques sont progressives.

  Ce dernier phénomène est sensible aux délais exigés par la grande distribution d'une part, et aux scénarios de congestion qui peuvent être formulés d'autre part (non présentés ici). Cette hiérarchisation, avec la mise en place d'un niveau de distribution intermédiaire, conduit non seulement à augmenter les distances de transport pour le producteur (elle les diminue du point de vue du client), mais peut conduire à augmenter considérablement les stocks. En d'autres termes, si la grande distribution semble pouvoir aider à massifier les flux et augmenter la taille moyenne des envois. Elle peut aussi, dans ce cas précis, contribuer à augmenter le nombre de liaisons de transport, empêchant ainsi la même massification des flux. Cette hiérarchisation tend également à allonger les distances.

Il reste maintenant à déterminer, avec les simulations suivantes, quel rôle pourrait jouer une hausse des prix de transport sur la centralisation de ces réseaux, souvent mise en cause dans l'augmentation des distances de transport.

Afin de distinguer, selon les scénarios, les incidences des différentes évolutions du système logistique sur les flux de marchandises, les évolutions de certaines variables figurent dans le tableau suivant. Elles ont été évaluées soit par rapport au scénario de base, à la fin de la simulation (à la date 2025), soit sur la durée de la simulation pour chacun des scénarios. Ces valeurs sont naturellement liées aux caractéristiques des cas simulés, et aux scénarios proposés. Elles permettent néanmoins de distinguer le type d'évolution à attendre de certaines tendances des organisations logistiques.

Compte tenu des scénarios proposés et de l'analyse des résultats, ce sont les valeurs en gras qui correspondent à l'organisation a priori la plus bénéfique pour chacun des deux produits (et en supposant que la grande distribution ait une part accrue dans les ventes).

Résumé des conséquences des évolutions du système logistique sur les flux de marchandises

		Ventes firme*		Nombre de liaisons de transport*		Distance totale parcourue par un produit*		Rapport des taux de croissance t-km / ventes**	
	Produit	petits clients	grands clients	réseau petits clients	réseau grands clients	réseau petits clients	réseau grands clients	réseau petits clients	réseau grands clients
hypothèse 1	A	+1	+1	0	0	+10	+12	1,2	1,2
	B	+1	+1	0	0	+12	+12	1,2	1,2
hypothèse 1b	A	**-51**	**+83**	**0**	**0**	**+11**	**+12**	**1,6**	**1,2**
	B	-52	+82	0	0	+13	+13	1,7	1,2
hypothèse 2	A	-52	+82	-21	+31	+75	+137	4,7	2,8
	B	-52	+82	-58	+31	+89	+137	5,4	2,8
hypothèse 2b	A	-51	+83	-10	-50	+26	+31	2,3	1,4
	B	**-52**	**+82**	**-50**	**-50**	**+32**	**+32**	**2,6**	**1,4**

* en pourcentages, à la date 2025, comparativement au scénario de base

** taux de croissance entre 2000 et 2025 pour chacun des scénarios

Le rapport entre les taux de croissance des tonnes-kilomètres et des ventes doit être considéré, pour les petits clients, avec la chute de la part de leurs ventes face à la grande distribution. Par ailleurs, un réseau hiérarchisé tel celui des petits clients pour le produit A tend à accroître les distances totales parcourues.

Résultats de la deuxième série de simulations (produits génériques)

Compte tenu des résultats de la première série de simulations, les différents scénarios d'évolution des prix de transport seront simulés plus spécifiquement avec les hypothèses 1b et 2b d'évolution des systèmes logistiques.

Résultats relatifs au produit A (2ème série de simulations)

Deux scénarios de prix de transport ont été utilisés pour le produit A, il s'agit du scénario tendanciel qui, comparativement au scénario de base précédent, conduit à une diminution de 12% des prix de transport sur la durée de la simulation, et du scénario de développement durable (hausse de 45% sur la même période de temps). Les résultats sont comparés sur l'ensemble des simulations au scénario de l'hypothèse 1b qui apparaissait, avec le scénario de base des prix de transport, comme étant l'organisation la plus profitable.

- Dans la première série de simulations, les coûts de revient du produit A étaient relativement proches avec l'hypothèse 1b de concentration des moyens de production, et 2b (l'hypothèse intermédiaire de centralisation des réseaux de distribution). Une nouvelle simulation de ces hypothèses, avec le scénario tendanciel des prix de transport, montre que le différentiel des coûts de distribution est un peu plus réduit. Néanmoins cette baisse des prix de transport demeure insuffisante compte tenu de l'augmentation des distances dans l'hypothèse 2b.

Compte tenu de l'analyse des résultats de la première série de simulations, ce produit pourrait éventuellement gagner à centraliser légèrement le premier niveau de distribution, mais globalement le poids prépondérant des coûts de transport ne favorise pas une centralisation des activités.

- La simulation du scénario de développement durable des prix de transport entraîne, par rapport au scénario de base, une hausse du coût et du prix du produit. Une comparaison du prix entre ces deux scénarios, à la fin de la simulation, indique une variation de 0,5%. La marge a en fait été partiellement réduite puisque que le coût de revient a, lui, subi une augmentation de 2%.

  L'hypothèse 1b demeurant toujours la plus intéressante pour ce produit, la seule flexibilité d'adaptation est une augmentation de la taille moyenne des envois à tous les niveaux du réseau (quand il ne s'agit pas déjà de lots complets). Pour les grands clients, le coût unitaire de transport augmente ainsi très nettement, tandis que les stocks restent stables (les envois étaient déjà massifiés). En ce qui concerne les petits clients, coûts de transport et de stockage croissent en raison de l'augmentation de la taille moyenne des envois.

Malgré tout, le coût unitaire de distribution moyen continue de diminuer sur l'ensemble de la simulation. Mais cette baisse est en réalité due uniquement à la part croissante des grands clients dans les ventes, dont les coûts de distribution restent nettement moins élevés que pour les petits clients. En effet, une analyse du coût moyen de distribution des grands clients indique évidemment qu'il augmente nettement avec le scénario de développement durable, tandis qu'il diminuait avec le scénario de base.

Résultats relatifs au produit B (2ème série de simulations)

Pour ce produit, l'hypothèse 1b de concentration des moyens de production et l'hypothèse intermédiaire 2b de centralisation des régions logistiques ont été testées avec tous les scénarios de prix de transport. L'évolution des prix varie d'une baisse de 12% en 25 ans avec le scénario tendanciel, à une hausse de 64% sur la même période de temps avec le scénario dit interventionniste.

Tous conduisent à un coût de distribution unitaire moyen pratiquement équivalent entre les scénarios des hypothèses 1b et 2b. Il s'agit en fait chaque fois d'un optimum obtenu compte tenu des caractéristiques du produit et des contraintes d'organisation des flux, mais qui naturellement n'est pas au même niveau selon les scénarios de prix de transport. Dans le cas de ce produit, le poids des coûts de stockage impose d'accroître autant que possible la fréquence des envois, afin de diminuer les stocks. En d'autres termes, l'organisation des flux en juste-à-temps semble encore plus profitable à ce type de produit qu'une centralisation du stockage.

Par ailleurs tous les gains réalisés, notamment du fait des volumes de la grande distribution, ne permettent plus de réduire le coût de distribution moyen dans le cas du scénario de développement durable comme du scénario interventionniste. Ils sont, en effet, globalement compensés par la hausse des coûts de transport avec le premier, et même dépassés dans le second.

Quant au coût moyen de distribution des petits clients, il est toujours nettement plus élevé avec l'hypothèse de centralisation 2b, par rapport à l'hypothèse 1b, puisque leurs petits envois doivent être expédiés sur de plus longues distances (dont les tarifs sont déjà élevés). Avec les scénarios de développement durable et interventionniste, ils augmentent naturellement encore plus rapidement.

Nous devons retenir de l'ensemble de ces simulations que si le réseau présentait des avantages à être centralisé avec le scénario de base des prix de transport, il en est de même avec une augmentation significative des prix. Il en résulte cependant une augmentation du coût du produit B, mais qui est négligeable ici compte tenu du poids des coûts de transport dans son coût de revient.

Une interprétation générale de l'ensemble des résultats des simulations est proposée dans la conclusion.

Conclusion

Objectifs et positionnement de SANDOMA dans les travaux de modélisation

En développant le modèle SANDOMA, nous avons souhaité créer un outil capable :

- d'éclairer en partie le lien complexe, mis en exergue depuis quelques années par la recherche, entre les flux de marchandises d'une part et les évolutions des systèmes logistiques d'autre part, dont l'organisation a été mise en cause récemment dans la croissance des trafics ;
- deuxièmement, de comprendre quel rôle jouent les coûts du transport dans les différents arbitrages auxquels ils prennent part au sein de l'organisation logistique, compte tenu de l'importance accordée à la tarification dans les politiques de transport.

L'utilisation d'une modélisation en dynamique des systèmes constitue une approche résolument différente des techniques classiques de modélisation utilisées en transport. Elle est encore relativement peu développée dans le domaine de la prospective du transport de marchandises. Néanmoins quelques modèles récents existent en Europe, tel ASTRA pour le transport de personnes et de marchandises en Europe, ou SIMTRANS pour le transport de marchandises en France. Il s'agit de modèles macroéconomiques proposant de tester des politiques de transport afin d'en appréhender les incidences sur l'évolution des trafics, aussi bien en termes de volumes que de parts modales, voire même sous la forme d'indicateurs relatifs au développement durable pour ASTRA (telle l'évolution des émissions de CO_2 au cours de la simulation).

Compte tenu de la problématique et des objectifs fixés, le modèle SANDOMA propose une analyse différente des flux de marchandises, en s'intéressant spécifiquement au système logistique c'est-à-dire aux modes d'organisation logistique des firmes en Europe. Il s'agit donc d'un modèle microéconomique, qui ne prétend pas réaliser des projections de trafics bien qu'il propose d'éclairer le sens des évolutions des flux de marchandises à long terme. Il s'intéresse en outre à des questions généralement traitées par des modèles d'optimisation des

réseaux de distribution (proposant par exemple de déterminer le degré optimal de centralisation d'un réseau, la taille optimale d'une commande, etc.).

Toutefois, s'agissant d'un modèle de dynamique des systèmes, SANDOMA n'est pas un modèle d'optimisation et considère l'organisation logistique comme un système, dans lequel prennent part de multiples interactions avec l'organisation de la production et de la distribution. Ce système logistique est lui-même largement sous l'influence d'un environnement en constante évolution. Les décisions à l'origine de ces organisations impliquent ainsi un certain nombre d'arbitrages dans lesquels interviennent les coûts de transport. Cette vision systémique de l'organisation logistique est aujourd'hui largement répandue (OCDE, 1996, p.22), pourtant elle est rarement prise en compte dans les modélisations. Or afin d'éviter une analyse partielle et réductrice du rôle des coûts de transport, nous pensons qu'une approche de type systémique est indispensable.

Partant de cette démarche, la taille de l'envoi est apparue comme une variable essentielle du système, non seulement en raison des modes de tarification du transport routier, mais également parce qu'elle rend compte d'une possible massification des envois ou à l'inverse de leur fractionnement. Or les pratiques en juste-à-temps sont souvent incriminées dans l'évolution des trafics, pour le moins elles ont une incidence sur l'organisation des transports. Le plus souvent la taille de l'envoi est ainsi ignorée dans les modèles, ou fixée a priori, les prix de transport étant principalement fonction de la distance. Cette importance de la taille de l'envoi a également conduit à distinguer explicitement les *petits* des *grands* clients. Ils se caractérisent en effet non seulement par des tailles de commande distinctes, mais aussi le plus souvent par des volumes de demande qui induisent des modes d'organisation des flux différents (capacité à massifier et à centraliser les flux pour certains grands clients telle la grande distribution, et à imposer des exigences en termes de délai, etc.).

Cette notion de taille de l'envoi renvoie naturellement aussi aux modes d'organisation des opérateurs de transport et aux services offerts. Nous nous sommes cependant limités dans ce modèle à spécifier les flux de marchandises du point de vue du chargeur, sans traiter du choix

modal qui relèverait d'un autre travail. Les flux ont ainsi été caractérisés en termes de tonnes, tonnes-kilomètres, distances moyennes, distance totale parcourue par un produit depuis le site de production jusqu'au client, nombre de liaisons de transport dans les réseaux, et enfin taille et fréquence des expéditions à chaque niveau des réseaux de distribution. L'organisation logistique a donc été traitée depuis les sites de production jusqu'au client, en tenant compte des changements structurels possibles (concentration des sites de production, centralisation – hiérarchisation des réseaux de distribution).

La vocation explicative du modèle SANDOMA lui confère un rôle résolument pédagogique. L'approche systémique et les simulations, qui permettent de tester nombre de scénarios, en font un outil d'aide à la compréhension des phénomènes par un apprentissage de la complexité (qui s'applique du reste en premier lieu au modélisateur). Le modèle a ainsi été conçu pour pouvoir être appliqué à un type de produit et à un marché spécifique, mais aussi à des cas génériques dont l'analyse et l'interprétation des résultats permettent de tirer un certain nombre de conclusions.

Sur ce principe, le modèle a été testé d'abord sur un cas d'application spécifique, celui de la production et de la distribution des œufs, puis sur des produits dits génériques, choisis de sorte à illustrer convenablement l'ensemble des résultats issus des nombreuses simulations effectuées.

Interprétation des résultats et apports du modèle SANDOMA

Deux sortes de scénarios ont été testées dans le modèle, les premiers correspondaient à des hypothèses relatives :

- à une standardisation accrue de la production, pouvant entraîner ainsi une concentration des moyens de production de la firme étudiée (étant entendu qu'une telle concentration est également soumise dans le modèle à d'autres contraintes) ;

- à une concentration des entrepôts centraux (ou centres de distribution de premier niveau), dont le rayonnement géographique a été assimilé à des régions logistiques ; leur réduction conduisant ainsi à des régions logistiques de plus en plus larges (jusqu'à mettre en place éventuellement de véritables centres de distribution paneuropéens) ;

- au poids grandissant des grands clients dans les ventes, qui sont généralement les grands distributeurs.

Ces scénarios correspondent à des tendances logistiques récentes, mises en avant par de nombreuses études en Europe. Leurs simulations avaient pour objet de comprendre quels pouvaient être leurs effets sur les organisations logistiques et sur les flux de marchandises. Naturellement, selon le cas simulé, il apparaissait que certaines de ces hypothèses étaient plus ou moins probables compte tenu des résultats.

Le second type de scénarios testés correspondait à des hypothèses d'évolution des prix de transport, comportant éventuellement des hausses significatives pour les scénarios dits interventionnistes. La question étant de savoir dans quelle mesure et de quelle façon, une hausse serait à même de modifier l'organisation des flux de marchandises du chargeur.

Résultats relatifs aux hypothèses d'évolution des systèmes logistiques

Du point de vue de la compréhension des effets de l'évolution des systèmes logistiques sur les flux de marchandises, les résultats du modèle ont montré les éléments suivants.

- La centralisation et la concentration des activités de production ou de distribution, quelles qu'elles soient, conduisent à une augmentation significative des distances. En ce sens le modèle corrobore les études qui mettent en cause les tendances récentes des organisations

logistiques dans la croissance des tonnes-kilomètres. Néanmoins, les résultats du modèle montrent également les incidences importantes de cette concentration dans la massification des flux, du fait de la réduction du nombre de liaisons de transport dans les réseaux de distribution. En outre cette massification des flux entraîne certes un allongement des distances, mais conduit aussi à une nette augmentation de la taille moyenne des envois, c'est-à-dire à une massification des envois permettant précisément de compenser totalement ou partiellement la hausse des coûts de transport induite par les distances.

Cet aspect de l'évolution des flux paraît essentiel du point de vue de la *morphologie* des flux de transport, et dans un contexte de développement durable où les préoccupations environnementales vont croissantes. Or les statistiques de transport ne peuvent pas refléter ces phénomènes, même s'ils sont parfois pressentis. Les recherches actuelles mettent rarement en avant l'importance de la massification des flux avec les phénomènes de centralisation et de concentration des activités. En outre, les incidences éventuelles sur la taille des envois, qui s'est révélée comme étant loin d'être négligeable, ne sont généralement pas mentionnées, puisque cette dernière n'est en effet pas considérée comme une variable endogène dans les modèles d'optimisation traitant des structures de distribution.

- Du point de vue de la centralisation et de la concentration des flux de marchandises, la grande distribution joue un rôle très similaire. Sa capacité à concentrer les flux peut ainsi lui permettre de diminuer le coût moyen de distribution des produits. Non seulement la taille moyenne de ses commandes tend à réduire les coûts de transport par rapport à des clients plus petits, mais de plus elle contribue à accroître la rotation des stocks. En d'autres termes, les volumes de vente de la grande distribution tendent à réduire dans certains cas considérablement les coûts de stockage (les coûts intrinsèques des stocks dépendant directement des quantités vendues).

  Néanmoins, deux autres éléments relatifs à l'influence de la grande distribution doivent être signalés. Premièrement, les simulations du modèle ont également indiqué que la grande distribution, dans la mesure où elle impose au fournisseur la taille de ses commandes, pouvait empêcher ce dernier d'optimiser son organisation. En cherchant à

fractionner autant que possible ses commandes pour des produits dont les coûts de stockage ont un rôle prépondérant, c'est-à-dire en pratiquant le juste-à-temps, la grande distribution empêche le fournisseur d'optimiser ses coûts de transport et de stockage sur l'ensemble de son réseau. Deuxièmement, les contraintes de délais imposées par la grande distribution peuvent conduire le fournisseur à mettre en place des centres de distribution intermédiaires. Elle peut, par ses exigences, contribuer ainsi à l'inverse à augmenter le nombre de liaisons de transport, empêchant la même massification des flux.

La grande distribution a une influence excessivement importante sur les systèmes logistiques d'après les résultats de l'ensemble de ces simulations. Il n'est pas surprenant que celle-ci cherche à maîtriser de plus en plus en amont ses approvisionnements. Après avoir massifié les flux et contribué à réduire considérablement les coûts de stockage, il ne reste plus qu'à consolider ses commandes les plus petites au moyen de la mutualisation des envois. Certains grands distributeurs font dorénavant transiter certaines commandes par des plates-formes situées en amont des centres de distribution, près des fournisseurs, de sorte à massifier leurs transports sur de longues distances (voir le cas de la grande distribution alimentaire britannique présenté en première partie). Ces opérations ont pour objet de réduire les coûts de transport autant que peut se faire.

Les simulations du modèle ont permis de corroborer les analyses mettant en cause l'augmentation des distances de transport dans les évolutions des systèmes logistiques, mais également de tenir compte de l'ensemble des phénomènes de massification. Ils se traduisent non seulement pas une réduction du nombre de liaisons de transport dans les réseaux, mais aussi par des augmentations de la taille des expéditions. Or il s'agit d'éléments qui ne sont généralement pas pris en compte dans les modèles s'intéressant aux organisations logistiques, et qui apparaissent pourtant essentiels du point de vue de l'évolution des flux de transport.

Résultats relatifs aux hypothèses d'évolution des prix de transport

Quant au rôle des coûts de transport et à l'incidence d'une hausse des prix de transport sur les systèmes logistiques, les résultats du modèle ont indiqué les résultats suivants.

- Les produits pour lesquels la centralisation des réseaux de distribution (concentration des entrepôts centraux ou de premier niveau) apparaît bénéfique sont ceux pour lesquels les coûts de transport ne jouent pas un rôle prépondérant, en particulier en regard des coûts de stockage. De ce résultat, vont découler les conclusions principales…

  En d'autres termes, si une structure de distribution centralisée s'avère bénéfique pour un produit, elle le demeure même avec une hausse des prix de transport qui paraît considérable (64% en 25 ans pour le scénario le plus fort). D'une part le poids des coûts de transport pour ces produits pèse excessivement peu sur leur coût de revient. D'autre part, la réponse à cette hausse consiste en une augmentation, généralement non négligeable, de la taille moyenne des expéditions afin de bénéficier de tarifs de transport plus bas. Or si ces organisations conduisent en effet à accroître les distances de transport, la taille moyenne des envois est le plus souvent inférieure au lot complet et une augmentation de celle-ci conduit à une réduction des tarifs de transport qui est loin d'être négligeable.

- Quant aux produits qui ne *supportent* pas une telle centralisation des réseaux de distribution, ce sont ceux pour lesquels à l'inverse les coûts de transport jouent un rôle prépondérant. De fait, leurs organisations visent généralement à réduire les coûts de transport en massifiant les envois et en évitant d'accroître les distances. Il reste que ces organisations semblent laisser peu de flexibilité à une adaptation lors d'une hausse des prix de transport. Il s'avère que la hausse s'en retrouve alors plus ou moins répercutée sur le prix du produit.

Les produits qui ont donc une réelle flexibilité d'adaptation, du point de vue de leurs structures de distribution, sont ceux qui apparaissent comme étant les moins sensibles à une augmentation de prix. Car ce sont pour ces mêmes raisons que les structures de distribution ont avantage à être centralisées, en réduisant notamment les stocks. Tandis que ceux pour lesquels les coûts de transport jouent un rôle prépondérant du point de vue des organisations, n'ont de fait précisément pas cette flexibilité d'adaptation *structurelle*. Néanmoins, il ne faut certainement pas négliger dans les deux cas l'incidence d'une augmentation de la taille moyenne des envois, comme réponse à ces hausses de prix.

- Du point de vue de la concentration éventuelle des moyens de production, les simulations du modèle ont toujours montré que les coûts de transport avaient un poids négligeable. En effet, lorsque cette concentration est rendue possible par les conditions de production (standardisation des produits), les décisions s'effectuent en vertu de gains de productivité potentiels. Or si ces derniers sont comparés à la variation des coûts de distribution qui peut en résulter, c'est-à-dire à une hausse des coûts de transport compte tenu de l'accroissement des distances, il faut aussi tenir compte des coûts de stockage. Ces derniers tendent au contraire à diminuer grâce à un taux de rotation accru des stocks industriels, de fait l'augmentation éventuelle des coûts de distribution semble peser peu face à des économies d'échelle potentielles.

- Enfin, les termes de *rôle prépondérant* (ou non prépondérant) des coûts de transport ont été volontairement employés pour justifier les différentes logiques d'organisation. L'analyse des résultats a en effet montré que les poids des coûts de transport et de stockage ne sont pas simplement liés aux caractéristiques physiques du produit, et à sa valeur. En effet, d'autres éléments interviennent, tels les volumes de ventes ou la taille des commandes des clients. Car si les coûts de transport sont fonction de la distance, ils dépendent également largement de la taille des envois, pour laquelle la massification des flux peut jouer un rôle important. Quant aux coûts intrinsèques des stocks, ils doivent être rapportés aux quantités vendues, le coût par produit dépendant ainsi directement du taux de rotation des stocks. En d'autres termes, le coût unitaire de stockage n'est pas simplement dépendant des stocks

moyens constatés, mais aussi des volumes de ventes. Les gains résident le plus souvent dans une recherche de massification qui ne remet pas en cause les distances parcourues sauf pour les petits envois.

Avec la massification des flux, le facteur *distance* semble avoir perdu quelque peu son rôle, car la hausse des coûts de transport qu'elle induit peut être souvent compensée par une augmentation de la taille moyenne des envois. Pour que les prix de transport aient une réelle incidence sur les choix de centralisation des structures de distribution, il semble qu'il faille les augmenter dans des proportions irréalistes. Les simulations montrent que l'incidence sur les coûts de distribution est faible lorsqu'il s'agit de produits dont les organisations montraient un avantage certain dans la centralisation des réseaux. Or il est admis que les chargeurs trouvent nombre d'avantages à centraliser, et non pas uniquement financiers, en particulier du point de vue de la gestion des stocks et de la qualité de service aux clients.

Enfin, l'ensemble de ces résultats ont mis en avant l'importance de la taille des envois dans les arbitrages impliquant les coûts de transport. Ils jouent un rôle essentiel, de plus il faut rappeler que déjà l'enquête chargeurs de 1988 avait indiqué que 73% des envois étaient inférieurs à une tonne (Guilbault, 1995). Il ne s'agit donc pas de réduire la taille de l'envoi à une variable exogène ou de considérer que les prix de transport sont directement proportionnels à celui d'un chargement complet. Les résultats des simulations ont ainsi montré que les prix de transport n'auront probablement qu'une faible influence sur l'allongement des distances. Néanmoins, encore une fois il ne faut pas négliger la capacité d'adaptation aux évolutions de prix par le biais de la taille des envois et de la massification des flux qui, du point de vue de la politique des transports, ne vont certes pas à l'encontre des objectifs de développement durable. Ils permettent en effet d'envisager une organisation des transports notamment moins consommatrice d'énergie, avec par exemple des chargements moyens accrus. Mais il s'agit là probablement d'une autre analyse devant porter plus précisément sur les modes d'organisation des opérateurs de transport.

Perspectives et développements possibles

Le modèle a été développé afin d'être appliqué à de nombreux cas, aussi variés que possible, et afin de tester autant de scénarios que souhaités en agissant éventuellement sur d'autres variables que celles qui ont été retenues pour les simulations. Son utilisation doit permettre d'une part de l'améliorer, mais également nous le souhaitons, d'en tirer d'autres résultats en l'exploitant plus largement. Il doit être utilisé ce pour quoi il a été conçu, c'est-à-dire comme un outil d'aide à la compréhension et pour la prospective des transports. Le choix d'une approche systémique permet ainsi de rendre compte des arbitrages et des mécanismes de rétroaction mis en jeu dans les organisations logistiques, et d'en appréhender les incidences sur les flux de marchandises.

Ce travail pourrait constituer une ébauche pour d'autres applications possibles de la dynamique des systèmes aux organisations logistiques.

Il est admis que les organisations logistiques sont actuellement influencées par des phénomènes de globalisation, présentés brièvement en première partie. Les mutations subies par ces organisations correspondent en quelque sorte à une recomposition des organisations à une échelle supérieure, dite supranationale, en même temps que le concept de mondialisation s'efface devant celui de la globalisation. En d'autres termes, les grandes firmes cherchent à adapter leurs organisations non plus sur des bases nationales mais supranationales. Les développements successifs des moyens de communication (transports et télécommunications) sont d'ailleurs directement mis en cause dans les changements successifs d'échelle de la taille de marché des firmes (Milgrom et Roberts, 1992, p.538-540).

Ce phénomène peut être comparé, par analogie, à la géométrie fractale (voir Mandelbrot, 1995). Il semble, en effet, que les organisations se recomposent à un niveau géographique supérieur mais que les structures ou les modes d'organisation ne diffèrent pas (Robert-Demontrond, 1998, p.220-221). Donc comme en géométrie fractale, la structure semble être la même quel que soit le niveau d'observation (à l'image des poupées russes).

Certes la dynamique des systèmes trouve ses limites dès lors que la structure du modèle doit varier, conduisant aujourd'hui à orienter certaines recherches notamment vers les automates cellulaires, de fait l'emploi du terme de *restructuration* pour la construction même de ce type de modèle peut sembler abusif (car il s'agit en ce cas ni plus ni moins que d'une question d'activation de boucles de rétroaction différentes au cours de la simulation). Précisément dans le cas des systèmes logistiques, ces derniers sont plus exactement confrontés à des phénomènes que nous qualifierons de *recomposition* plutôt que de *restructuration* du point de vue de la modélisation. La dynamique des systèmes s'est ainsi révélée pour ce travail être un outil efficace, riche d'enseignements, et particulièrement approprié à ce type de problème ; il semble donc que la voie à son utilisation soit largement ouverte dans ce domaine…

Bibliographie

ARTOUS Antoine, SALINI Patrice. 1997. *Comprendre l'industrialisation du transport routier*. Reuil-Malmaison: Liaisons, 1997. 196p.

A.T. KEARNEY. 1993. *Logistics Excellence in Europe*. Bruxelles: European Logistics Association, 1993. 58p.

A.T. KEARNEY. 1999. *Insight to Impact*. Bruxelles: European Logistics Association, 1999. 35p.

BAYLISS B.T., COLEMAN R.J. (as co-chairmen). 1994. *Road Freight Transport in the Single European Market*. Report of the Comity of Enquiry on Road Freight Transport in the Single European Market. Brussels: DG of Transport, European Commission, 1994. 70p.

BERNADET Maurice. 1997. *Le transport routier de marchandise - fonctionnement et dysfonctionnements*. Paris: Economica, 1997. 323p.

BERNADET Maurice. 1998. *Les transports en France - Repères chiffrés tirés des comptes des transports de la Nation*. Paris: Economica, 1998. 143p.

BERTRAND Agnès. 1994. "OMC, troisième pilier de la mondialisation du libre-échange". *Transversales - Science / culture*, juillet-août 1994, n°28, pp.19-20.

BERTRAND Agnès. 1996. "Globalisation". *Transversales - Science / culture*, mars-avril 1996, n°38, pp.17-18.

BLUMENFELD Dennis E., BURNS Lawrence D., DILTZ J. David, DAGANZO Carlos F. 1985. "Analysing trade-offs between transportation, inventory and production costs on freight networks". *Transportation Research B*, 1985, Vol.19, n°5 , pp.361-380.

BOUTEILLER Roman, KOBLER Rochus A. 1998. "Strategic EuroLogistics Design". In *Advances in Distribution Logistics*. Lectures Notes in Economics and Mathematical Systems. Berlin: Springer, 1998. pp.3-25.

BOSSEL Harmut. 1994. *Modeling and Simulation*. Wiesbaden: Verlag Vieweg, 1994. 484p.

CEMT. 1994. *Internaliser les coûts sociaux des transports*. Paris: OCDE, 1994. 211p.

CEMT. 1997. *Les nouvelles tendances de la logistique en Europe,* rapport de la 104ème Table ronde d'économie des transports, Paris, 3-4 octobre 1996. Paris: OCDE, 1997. 189p.

CEMT. 2002. *Evolution des transports 1970-2000*. Paris: OCDE, 2002. 67p.

CEPII. 1998. *La régionalisation du commerce international: une évaluation par les intensités relatives bilatérales*. www.cepii.fr. 93p. Document de travail n°98-05.

CEPII. 2002. "The Outlook for World Demographic Change and Growth to the Year 2030". *The CEPII Newsletter,* Summer 2002, n°17, pp.1-2.

CETMO. 1994. *Le passage du transport au stockage-distribution*. Barcelone: CETMO, mai 1994. 69p.

CLERGUE Gérard. 1997. *L'apprentissage de la complexité*. Paris: Hermès, 1997. 159p.

COLIN Jacques. 1997. "France". In *Les nouvelles tendances de la logistique en Europe,* rapport de la 104ème Table ronde d'économie des transports, Paris, 3-4 octobre 1996. CEMT. Paris: OCDE, 1997. pp.97-181.

COMMISSION DES COMMUNAUTES EUROPEENNES. 1995. *Livre Vert – Vers une tarification équitable et efficace dans les transports*. Bruxelles: décembre 1995. 58p.

COMMISSION DES COMMUNAUTES EUROPEENNES. 2001. *Livre Blanc - La politique européenne des transports à l'horizon 2010: l'heure des choix*. Bruxelles: octobre 2001. 120p.

CONNECTIS. 2000. "L'e-commerce se développera en Europe, mais pas comme aux Etats-Unis". *Connectis*, 28 avril 2000, n°3, p.56.

COSTANZA Robert (edited by). 1991. *Ecological Economics – The Science and Management of Sustainability*. New York: Columbia University Press, 1991. 525p.

CRANFIELD CENTRE FOR LOGISTICS & TRANSPORTATION. 1994. *Logistics Futures in Europe – A Delphi Study*. Cranfield: Cranfield University, February 1994. 109p.

DAS Chandrasekhar, TYAGI Rajesh. 1997. "Role of Inventory and Transportation Costs in Determining the Optimal Degree of Centralization". *Transportation Research E*, 1997, Vol.33, n°3 , pp.171-179.

DATAR. 2000. *Schémas multimodaux de services collectives de transport de voyageurs et de transport de marchandises*. La Défense: Ministère de l'Equipement, automne 2000. 177p.

DE JONG G.C., GOMMERS M.A., KLOOSTER J.P.G.N. 1992. *Time Valuation in Freight Transport: Methods and Results,* PTRC, Manchester, 1992.

DETR. 2000. *Transport Statistics Report - Transport of Goods by Road in Great Britain 1999*. 35p. www.transtat.detr.gov.uk.

DRAST et ADEME. 2002. *La recherche dans le domaine des marchandises du PREDIT2 à PREDIT3*. La défense: Ministère de l'Equipement, février 2002. 79p.

DTT. 1993. *Conditions d'exploitation et prix de revient dans le transport routier de marchandises à longue distance – 1973-1992 rétrospective*. La Défense: Ministère de l'Equipement, décembre 1993. 96p.

DRE Languedoc-Roussillon. 1991. *Prix d'achat du transport*. Montpellier: DRE, janvier 1991. Poly.

EMBERGER Guenter. 2000. "CARINT - model: Causal Loop Model to describe Transport System's Effects on Socio-Economic Systems". *Sustainability of the Third Millenium*. Proceedings of the 18th International Conference of the System Dynamics Society, Bergen, 6-10 August 2000. CD-Rom. 8p.

EUROSTAT. 1999. *Panorama of Transport – Data 1970-96*. Luxembourg: European Communities, 1999. 71p.

FLEISCHMANN Bernhard et al. (edited by). 1998. *Advances in Distribution Logistics*. Lectures Notes in Economics and Mathematical Systems. Berlin: Springer, 1998. 535p.

FLEISCHMANN Bernhard. 1998. "Design of Freight Traffic Networks". In *Advances in Distribution Logistics*. Lectures Notes in Economics and Mathematical Systems. Berlin: Springer, 1998. pp.55-81.

FNTR. *Etude de coût de revient – transport de marchandises diverses à grande distance*. Paris: FNTR. 18p.

FORRESTER Jay. 1961. *Industrial Dynamics*. Cambridge: MIT Press, 1961. 464p.

FORRESTER Jay. 1968. *Principles of Systems*. Cambridge: Productivity Press, 1968. 392p.

FORRESTER Jay. 1969. *Urban Dynamics*. Cambridge: Productivity Press, 1969. 285p.

FORRESTER Jay. 1971. *World Dynamics*. Cambridge: Wright-Allen Press, 1971. 144p.

FORRESTER Jay. 1989. *The Beginning of System Dynamics*. Banquet Talk at the International meeting of the System Dynamics Society, Stuttgart, Germany, 13 July, 1989. Cambridge: MIT, 1996. 16p. D-4561-1.

FORRESTER Jay. 1991. "System Dynamics and the Lessons of 35 years". In *The Systemic Basis of Policy Making in the 1990s*. 29 avril 1991. 35p. D-4224-4.

FREYSSENET Michel, LUNG Yannick. 2001. "Les stratégies de régionalisation des constructeurs automobiles". *Sciences de la société*, octobre 2001, n°54, pp.51-80.

GACOGNE Valérie, SAY Béatrice. 1997. *Dossier logistique: les œufs*. Lieusaint: IMTL, Université Paris XII, 1997. 22p. Poly.

GIRAULT Maurice, GRIMAT Marie-Claire. 1998. "Diagnostic et perspectives à long terme de la demande de transport". *Notes de synthèse du SES*, novembre-décembre 1998, n°120, pp.19-24.

GOUVERNAL Elisabeth, HANAPPE Paul. 1995. *La formation des prix dans le transport de marchandises*. Arcueil : INRETS, février 1995. 60p. n°195.

GOUVERNAL Elisabeth, HANAPPE Paul. 1996. "La formation des prix dans les transports de marchandises – une analyse économique". *Transports*, mai-juin 1996, n°377. pp.195-201.

GRAND Lionnel. 1997. "L'équilibre de la sous-traitance en transport routier de marchandises en question: analyse au travers des théories des organisations". *Les Cahiers Scientifiques du Transport*, 1997, n°31, pp.31-54.

GROUPE CREDIT NATIONAL. 1995. *Le transport routier de marchandises*. 6 livrets, décembre 1995. Diffusion restreinte INRETS.

GUILBAULT Michèle. 1995. "Choix modal : éléments de cadrage de la demande et mise en perspective du transport combiné". *RTS*, mars 1995, n°46, pp.47-59.

HOLZAPFEL Helmut, VAHRENKAMP Richard. 1999. "An appraisal of decreased depth of production on traffic demand: development of a model". *World Transport Policy and Practice*, 1999, Vol.5, n°2, pp.18-20.

INRETS (project co-ordinator). 1998. "Preliminary results of the field survey". *Intermodal Quality*. Bruxelles: DG VII, European Commission, March 1998. D2.4.2.

IWW (project co-ordinator). 1999. "The ASTRA System Dynamics Model Platform (ASP)". *Assessment of Transport Strategies*. Bruxelles: DG VII, European Commission, April 1999. 121p. D3.

IWW (project co-ordinator). 2000. "ASTRA Methodology". *Assessment of Transport Strategies*. Bruxelles: DG VII, European Commission, October 2000. 262p. D4.

IWW (project co-ordinator). 2000. "ASTRA Final Report". *Assessment of Transport Strategies*. Bruxelles: DG VII, European Commission, December 2000. 48p.

JACKSON Mick, TIMPSON Dave. 2001. "The Supply Chain Implications of 24h Economy for Large Retailers in the UK". In *24h Economy 24h Transport: Nightmare or Solution?*, Distribution Forum, Baveno, September 2001. pp.11-22.

JANSSEN Ben J.P. 1993. "Product Channel Logistics and Logistics Platforms". In *Europe on the Move*. Avebury: Aldershot, 1993. 7p.

JEGER François, THOMAS Jean-Eric. 1999. "Les déterminants des prix du transport routier de marchandises". *Notes de synthèse du SES*, mai-juin 1999, n°123, pp.9-14.

JIANG Fei. 1998. *Choix modal et système logistique en transport de marchandises*. Marne-la-Vallée: ENPC, juillet 1998. 212p. Thèse pour le doctorat de transport.

KARSKY Michel, SALINI Patrice. 1999. *Le modèle SIMTRANS*. Paris: KBS, septembre 1999. 65p. PREDIT n°98 MT 116.

KUCHENBECKER Karsten, ROTHENGATTER Werner. 1998. *Transport Forecast and System Dynamics: A Combined Modelling Approach*, 16th International System Dynamics Conference, Quebec, July 20-23 1998. 25p. Poly.

LAFAY Gérard, UNAL-KESENCI Deniz. 1993. *Repenser l'Europe*. Paris: Economica, 1993. 112p.

LAMY. 2002. *Guide des coûts de transport – prix de revient et tarification routière de référence*. Paris: Lamy, avril 2002. 281p.

LE MONDE INTERACTIF. 2001. "Tesco: petites ambitions et grands résultats". *Le Monde Interactif*, 10 octobre 2001, www.interactif.lemonde.fr.

LE MOCI. 2000. "Logistique et internet - Le défi du commerce électronique". *Le MOCI*, 9 mars 2000, n°1432, pp.58-78.

LES ECHOS. 2000. "Le suédois Electrolux se félicite de la concentration de la distribution européenne". *Les Echos*, 1er février 2000. p.12.

LES ECHOS. 2000. "La course à la spécialisation". *Les Echos*, 16 février 2000, pp.45-46.

LES ECHOS. 2000. "Unilever veut supprimer 25000 emplois et abandonner les trois quarts de ses marques". *Les Echos*, 23 février 2000, p.14.

LES ECHOS. 2000. "Carrefour, Sears et Oracle révolutionnent la chaîne d'approvisionnement". *Les Echos*, 29 février 2000, p.20.

LES ECHOS. 2000. "Les mutations de l'industrie automobile bouleversent la logistique". *Les Echos*, 15 mars 2000, p.56.

LES ECHOS. 2000. "Les fusions bouleversent les schémas logistiques". *Les Echos*, 15 mars 2000, p.59.

LES ECHOS. 2000. "Internet: Danone et Nestlé s'allient pour exploiter un carrefour d'affaires". *Les Echos*, 22 mars 2000, p.15.

LES ECHOS. 2000. "Carrefour va investir 1 milliard d'euros en trois ans dans l'Internet". *Les Echos*, 31 mars - 1er avril 2000, p.27.

LES ECHOS. 2000. "Auchan et Casino participent ensemble à un carrefour d'affaires". *Les Echos*, 3 avril 2000, p.30.

LES ECHOS. 2000. "Le téléphone mobile promet l'Internet". *Les Echos*, 5 avril 2000, pp.61-64.

LES ECHOS. 2000. "Six fabricants de pneumatiques s'apprêtent à lancer une plate-forme d'e-commerce". *Les Echos*, 18 avril 2000, p.10.

LES ECHOS. 2000. "Les marchés dans les turbulences - Les fusions-acquisitions vont-elles se ralentir?". *Les Echos*, 18 avril 2000, p.31.

LES ECHOS. 2000. "Carrefour accélère le développement du site Ooshop.com". *Les Echos*, 19 avril 2000, p.24.

LEVET Jean-Louis. 2000. "Intelligence économique et mondialisation". *Interrégions*, janvier/février 2000, n°228, pp.22-27.

LINEAIRES. 2001. "1986-2001: la distribution fait sa révolution". *Linéaires*, octobre 2001, n°163, pp.16-29.

LOGISTICA, TRANSPORTE, PAQUETERIA Y ALMACENAJE. 2000. "La logistica: el desafio pendiente del e-commerce". *Logistica, Transporte, Paqueteria y Almacenaje*, Abril 2000, n°65, pp.30-33.

LOGISTIQUES MAGAZINE. 2001. "B to B=Back to Basis". *Logistiques Magazine*, octobre 2001, n°161, pp.34-37.

LOGISTIQUES MAGAZINE. 2001. "Surcouf aborde le e-commerce". *Logistiques Magazine*, octobre 2001, n°161, pp.43-46.

LOGISTIQUES MAGAZINE. 2001. "Mondial Relay au service des web marchands". *Logistiques Magazine*, octobre 2001, n°161, pp.46-49.

LOGISTIQUES MAGAZINE. 2001. "Ikea: doubler les ventes en simplifiant la logistique". *Logistiques Magazine*, octobre 2001, n°161, pp.72-78.

MANDELBROT Benoît. 1995. *Les objets fractals*. Paris: Flammarion, 1995. 212p.

McCANN Philip. 1998. *The Economics of Industrial Location- A Logistics-Costs Approach*. Berlin: Springer, 1998. 228p.

McKINNON Alan C., WOODBURN Allan. 1993. "A logistical perspective on the growth of lorry traffic". *Traffic Engireering +Control*, October 1996, Vol.34, n°10, pp.466-471.

McKINNON Alan C., WOODBURN Allan. 1996. "Logistical restructuring and road freight traffic growth - An empirical assessment". *Transportation*, 1996, n° 23, pp.141-161.

MEADOWS Donella H. 1980. "The Unavoidable A Priori". In *Elements of the System Dynamics Method*. Cambridge: Productivity Press, 1980. pp.23-57.

MEADOWS Donella H., MEADOWS Dennis H., RANDERS Jorgen. 1992. *Beyond The Limits*. London: Earthscan, 1992. 300p.

MENARD Claude. 1997. *L'économie des organisations*. Paris: La Découverte, 1997.125p.

ME&P (project co-ordinator). 2002. "SCENES Final Report". *SCENES European Transport Scenarios*. Bruxelles: DG TREN, European Commission, April 2002. 99p.

MILGROM Paul, ROBERTS John. 1992. *Economics, Organization & Management*. New Jersey: Prentice Hall, 1992. 621p.

MORCELLO Estelle. 1998. *L'intégration de l'espace dans les organisations logistiques - L'exemple de la grande distribution française*. Créteil: Université Paris XII, juin 1998. 365p. Thèse pour le doctorat de sciences économiques.

MORECROFT John, VAN ACKERE Ann. 1997. "La pensée systémique et l'art de la modélisation". *Les Echos*, L'art du management, 1997, pp.12-14.

NEI (project co-ordinator). 1998. "Redefine Report". *Relationship between Demand for Freight-transport and Industrial Effects*. Bruxelles: DG VII, European Commission, 1998. 100p. Poly. (rapport intermédiaire).

NEI (project co-ordinator). 1999. "Redefine Final Report". *Relationship between Demand for Freight-transport and Industrial Effects*. Bruxelles: DG VII, European Commission, February 1999. 18p.

OCDE. 1996. *Logistique intégrée avancée pour le transport de marchandises*. Paris: OCDE, 1996. 199p.

OCDE. 2001. *Perspectives économiques de l'OCDE*. Paris: OCDE, décembre 2001. 265p. Volume 2001/2 n°70.

OJALA Lauri. 1997. "Finlande". In *Les nouvelles tendances de la logistique en Europe,* rapport de la 104ème Table ronde d'économie des transports, Paris, 3-4 octobre 1996. CEMT. Paris: OCDE, 1997. pp.39-95.

O'SULLIVAN Denis. 1997. "Logistics in Europe – the vision and the reality". *Logistics Information Management*, 1997, Vol. 10, n°1, pp.14-19.

PAULRE Bernard. 1998. "La dynamique des systèmes, quarante ans après". In *La dynamique des systèmes*. Paris: Hermès, 1998. pp.16-24.

QUINET Emile. 1998. *Principes d'économie des transports*. Paris: Economica, 1998. 419p.

RANDERS Jorgen (edited by). 1980. *Elements of the System Dynamics Method*. Cambridge: Productivity Press, 1980. 320p.

RICHARDSON P. George, PUGH L. Alexander. 1989. *Introduction to System Dynamics Modeling*. Waltham: Pegasus Communications, 1989. 413p.

ROBERT-DEMONTROND Philippe. 1998. "Quelques réflexions sur le chaos et le management des organisations". In *La dynamique des systèmes*. Paris: Hermès, 1998. pp.209-238.

ROTHENGATTER Werner. 1999. *External Effects of Transport*. 17p. Poly.

ROTHENGATTER Werner, SCHADE Wolfgang. 1999. *Long-Term Assessment of Transport Policies to achieve Sustainability – A System Dynamics Modelling Approach*, 4th European Congress on Systems Science, Valencia, September 20th to 24th 1999. 11p. Poly.

SALINI Patrice. 1995. *Economie politique du transport routier de marchandises*. Paris: Celse, 1995. 203p.

SALINI Patrice. 1997. *Transports terrestres de marchandises - Enjeux et difficultés d'une mutation*. Paris: Les Echos Etudes, 1997. 211p.

SALINI Patrice. 1999. *La dynamique des systèmes : retour sur une expérience d'application aux transports de marchandises*. 17p. Poly.

SAMII Alexandre K. 2000. *Stratégies logistiques*. Paris: Dunod, 2000. 319p.

SAVIN Jean-Marc. 2000. "L'évolution des distances moyennes de transport des marchandises". *Notes de synthèse du SES*, mai-juin 2000, n°123, pp.17-20.

SES. 1997. *La demande de transports en 2015*. La Défense: Ministère de l'équipement, septembre 1997. 59p.

STABENAU Hanspeter. 1997. "Allemagne". In *Les nouvelles tendances de la logistique en Europe,* rapport de la 104ème Table ronde d'économie des transports, Paris, 3-4 octobre 1996. CEMT. Paris: OCDE, 1997. pp.33-37.

STERMAN John D. 2000. *Business Dynamics – Systems Thinking and Modeling for a Complex World*. USA: McGraw-Hill, 2000. 982p.

TAHI Sophiane. 2001. "Mondialisation, globalisation et stratégies des firmes". *Sciences de la société*, octobre 2001, n°54, pp.3-10.

TAVASSZY Lorant A., VAN DER VLIST Martie J.M., RUIJGROK Cees J. 1999. *Scenario-Wise analysis of transport and logistics systems with a SMILE*, 8th WCTR Conference, Anvers, 12-16 July 1998. 16p.

TAVASSZY Lorant A., GROOTHEDDE Bas, RUIJGROK Cees J. 2000. *Aggregate Models of Spatial Logistics*, IMRL Conference, Québec, May 2000.19p. Poly.

THIEL Daniel (sous la direction de). 1998. *La dynamique des systèmes*. Paris: Hermès, novembre 1998. 317p.

TEULON Frédéric. 1997. *Initiation à la micro-économie*. Paris: PUF, 1997. 276p.

THE ECONOMIST. 1999. "How to make mergers work". *The Economist*, January 9th 1999, pp.13-14.

TNO-Inro. 1999. *Transport Forecasting Goods and Passengers 2020 - Definition of Scenarios 1995 - 2000 - 2010 – 2020*. Delft: TNO Inro, 1999. 193p.

UNIVERSITY of ROME *LA SAPIENZA* (project co-ordinator). 1998. "SOFTICE – Door-to-door Approach". *Survey on Freight Transport including Cost Comparison for Europe*. Bruxelles: DG VII, European Commission, November 1998. 52p. D2.2.

UNIVERSITY of ROME *LA SAPIENZA* (project co-ordinator). 1998. "SOFTICE – Quality of Service". *Survey on Freight Transport including Cost Comparison for Europe*. Bruxelles: DG VII, European Commission, November 1998. 35p. D2.3.

UNIVERSITY of ROME *LA SAPIENZA* (project co-ordinator). 1999. "SOFTICE - Methodology for Freight Transport Costs in Europe". *Survey on Freight Transport including Cost Comparison for Europe*. Bruxelles: DG VII, European Commission, March 1999. 41p. D2.

UNIVERSITY of ROME *LA SAPIENZA* (project co-ordinator). 1999. "SOFTICE Final Report". *Survey on Freight Transport including Cost Comparison for Europe*. Bruxelles: DG VII, European Commission, November 1999. 83p.

Annexes

Annexe 1 : Des systèmes de production et de distribution en pleine évolution

Illustration par une revue de presse limitée à une centaine d'articles sur les quatre premiers mois de l'année 2000 (quotidien Les Echos)

Titre de l'article	Date	Résumé
"Glaxo Wellcome e SmithKline Beecham ont repris les négociations en vue de se marier"	*Les Echos*, 17 janvier 2000. pp.12-13.	Les deux groupes pharmaceutiques britanniques vont fusionner pour créer le premier groupe mondial du secteur. Dans un marché en pleine concentration, cette opération leur donnera un atout incontestable en matière de R&D et de force de vente (visiteurs médicaux). Elle leur permettra également d'être présents sur tous les segments du marché.
"Electroménager: certains hypermarchés dérapent"	*Les Echos*, 27 janvier 2000, p.16.	La pression sur les prix pousse les fabricants à produire des biens plus sophistiqués, à accélérer les concentrations, ou à délocaliser. Le fort coefficient de main-d'œuvre de ces industries les rend vulnérables face aux importations asiatiques (sauf pour le gros électroménager où les coûts de transport et logistiques sont importants).
"La lingerie française reste bien orientée"	*Les Echos*, 27 janvier 2000, p.17.	La lingerie française a mieux résisté sur le marché français que le reste de la filière habillement. Ceci s'explique par sa technicité qui constitue une barrière réelle à l'entrée, un bon marketing, et des exportations en hausse. En revanche, la part croissante des grandes surfaces dans la distribution favorise les importations à bas prix.
"Le suédois Electrolux se félicite de la concentration de la distribution européenne"	*Les Echos*, 1er février 2000. p.12.	Ce grand fabricant de produits blancs explique qu'une concentration accrue de la grande distribution conduit à des marges plus faibles mais aussi à des volumes plus importants organisés efficacement. En conséquence, leur profit s'en trouve amélioré. Les vrais perdants sont les petits fabricants.
"Valeo va supprimer 6000 emplois en Europe et en Amérique du Nord"	*Les Echos*, 1er février 2000. p.14.	Dans sa démarche de rationalisation, le groupe va transférer ses activités de main-d'œuvre faiblement qualifiée en Europe de l'Est et en Amérique du Sud.
"ICTB veut devenir un véritable ensemblier"	*Les Echos*, 2 février 2000. p.54.	Figurant parmi les leaders dans les machines textiles, ce fabricant veut concentrer ses moyens sur la conception, l'assemblage, la production de pièces nobles. Les composants standards seront soit fabriqués dans des filiales asiatiques soit achetés en Europe de l'Est.
"Les sous-traitants ont une carte à jouer"	*Les Echos*, 2 février 2000. p.56.	Les PME spécialisées dans la fabrication de pièces mécaniques ont un rôle important à jouer en France en tant que sous-traitantes de grands groupes, qui externalisent ce type de production. Ces PME peuvent même s'organiser en réseau.
"Ford prépare une restructuration massive en Europe"	*Les Echos*, 4-5 février 2000. p.16.	Le constructeur américain en difficultés en Europe prépare une restructuration et sans doute des fermetures d'usines. Il met en avant l'usine allemande assemblant la Focus "dans une logique de parc industriel, avec les équipementiers aux portes de l'usine".
"Thomson Multimedia et Renault bouleversent leurs stratégies de production"	*Les Echos*, 4-5 février 2000. p.59.	Le Supply Chain Management, qui requiert d'importants moyens informatiques, est étroitement lié au commerce électronique. Ces firmes souhaitent en effet que les clients puissent personnaliser via internet leurs produits et adapter aussitôt leur production.
"Les industriels allemands de la confection dressent un bilan morose de l'année 1999"	*Les Echos*, 9 février 2000. p.16.	Face à l'arrivée des puissantes entreprises intégrées (depuis la fabrication jusqu'à la vente), et aux difficultés de la confection en Allemagne, certains fabricants se tournent vers la distribution.
"Nissan: le processus de sélection rigoureuse des fournisseurs touche à sa fin"	*Les Echos*, 9 février 2000. p.12.	En réduisant le nombre de ses fournisseurs, le constructeur automobile veut ainsi leur permettre de réduire leurs coûts. Cette baisse demandée sera compensée par des commandes plus importantes.

Titre de l'article	Date	Résumé
"Regroupement dans l'industrie du parapluie d'Aurillac"	*Les Echos*, 14 février 2000, p.25.	Face aux importations massives de parapluies d'Extrême-Orient, l'industrie française s'est écroulée. Sa seule voie est de délocaliser le bas de gamme, et de produire en France la haut de gamme en pleine progression en France comme à l'exportation.
"STVA signe un accord exclusif avec Ford"	*Les Echos*, 14 février 2000, p.24.	La filiale de la SNCF se voit confier le transport et la préparation des véhicules Ford (telle la pose de kits GPL). STVA cherche en effet à développer ses prestations logistiques.
"Le groupe Gillette mettrait en vente ses stylos"	*Les Echos*, 15 février 2000, p.10.	Le groupe Gillette cherche aujourd'hui à se désengager de ses activités les moins rentables. Le groupe revoit ainsi entièrement sa stratégie de diversification d'antan.
"Le numéro un de la lingerie britannique fragilisé par la crise du textile"	*Les Echos*, 15 février 2000, p.10.	Depuis 10 ans, Courtaulds Textiles voient ses résultats baisser. Dans un contexte de crise, sa production a été délocalisée en Afrique du Nord, en Asie, ou en Amérique du Sud où la main-d'œuvre est moins élevée. Plus de 50% de sa production destinée au marché britannique est ainsi fabriquée à l'étranger.
"Volvo a engrangé des profits record en 1999"	*Les Echos*, 15 février 2000, p.13.	Volvo s'est recentré sur son activité poids lourds en cédant sa division automobile à Ford. Par ailleurs, son rapprochement avec Scania va lui permettre de réduire ses coûts, notamment en matière d'achats. (Cette acquisition sera finalement bloquée par Bruxelles le 14 mars).
"La course à la spécialisation"	*Les Echos*, 16 février 2000, pp.45-46.	Le secteur de la chimie est en pleine recomposition: recentrage des groupes sur une spécialité avec des produits à haute valeur ajoutée, avec des fusions ou acquisitions pour atteindre la taille critique. D'autres demeurent sur les produits de base mais en concentrant leurs efforts sur la réduction des coûts.
"La Sagem va tripler les effectifs de son unité de Sablé-sur-Sarthe"	*Les Echos*, 16 février 2000, p.20.	Ces quatre articles consécutifs montrent que certaines usines augmentent leur capacité de production, il s'agit principalement de produits de haute technologie ou de luxe. Tandis qu'au contraire d'autres usines diminuent leur capacité de production ou ferment, il s'agit de produits soumis à une rude guerre des coûts.
"Louis Vuitton confirme son intention de doubler la capacité de son site vendéen"	*Les Echos*, 16 février 2000, p.20.	
"L'américain Albany International s'appête à fermer l'usine de Cofpa d'Angoulême"	*Les Echos*, 16 février 2000, p.20.	
"Le groupe Christofle envisage la suppression de 122 emplois à Yainville"	*Les Echos*, 16 février 2000, p.20.	
"Ciba Spécialités Chimiques fait jouer les synergies entre ses métiers"	*Les Echos*, 16 février 2000, p.51.	Alors que la plupart des groupes industriels cherchent à se recentrer sur leur cœur de métier, ce groupe a choisi de développer une synergie entre ses métiers par le biais de la R&D.
"Embrasser le commerce électronique ou mourir"	*Les Echos*, 16 février 2000, p.47.	La distribution des produits chimiques via internet semble devoir se développer (soit par marché, tels ceux destinés à l'industrie automobile, soit parce qu'ils sont destinés aux enchères).
"Eminence: la croissance par la diversification"	*Les Echos*, 17 février 2000, p.14.	Contrairement à la plupart des entreprises actuelles, Eminence, spécialisée dans le sous-vêtement masculin, veut se diversifier en lançant des collections de vêtement d'intérieur pour hommes et femmes. Elle espère ainsi croître (son marché étant stable).
"Le suisse Novartis va accélérer son recentrage sur le secteur pharmaceutique"	*Les Echos*, 18-19 février 2000, p.16.	Novartis se recentre sur ses activités pharmaceutiques les plus profitables, dans un contexte de concentration du secteur. Parmi ses critères de rapprochement figurent les complémentarités des produits et géographiques.

Titre de l'article	Date	Résumé
"Le groupe finlandais UPM Kymmene absorbe l'américain Champion Paper"	*Les Echos*, 18-19 février 2000, p.17.	Les fusions, acquisitions se poursuivent au niveau mondial dans le secteur très capitalistique du papier. Ces groupes cherchent à prendre une position mondiale dans leurs spécialités.
"Le Creuset veut continuer à grandir en réalisant de nouvelles acquisitions"	*Les Echos*, 21 février 2000, p.16.	Cette PME spécialisée dans les accessoires de cuisine haut de gamme ne cesse de se développer. Elle se situe sur une niche avec des marges élevées, et exporte ses produits dans le monde. Elle cherche aujourd'hui à effectuer éventuellement des acquisitions.
"Matériel médical: General Electric se lance dans l'e-commerce"	*Les Echos*, 22 février 2000, p.15.	Le numéro 1 mondial des équipements d'imagerie médicale, scanners, etc., va mettre en ligne 10000 références sur son site web. L'entreprise ne veut pas rater le développement de la nouvelle économie, mais elle ne sait pas si ce site constituera un transfert de la vente traditionnelle ou un chiffre d'affaires additionnel.
"StoraEnso s'empare de Consolidated Papers et devient leader mondial"	*Les Echos*, 23 février 2000, p.18.	De cette nouvelle fusion gigantesque dans le secteur du papier, le groupe attend de réaliser des économies substantielles. Par ailleurs, StoraEnso souhaite utiliser outre-Atlantique les circuits de distribution de l'américain Consolidated Papers.
"Prédir, prévenir, soigner sur mesure"	*Les Echos*, 23 février 2000, p.55.	Cet article évoque les importantes fusions qui ont eu lieu dans l'industrie pharmaceutique ces 18 derniers mois. Avec ces fusions, les groupes cherchent à atteindre une taille critique dans la recherche, mais le marketing et le commerce électronique prennent aussi de plus en plus d'importance.
"Unilever veut supprimer 25000 emplois et abandonner les trois quarts de ses marques"	*Les Echos*, 23 février 2000, p.14.	Unilever veut mettre en place un important projet de restructuration afin d'augmenter sa marge bénéficiaire. Le groupe va réduire de 250 à 150 ses sites de production, et ne conserver que 400 marques qui représentent 90% de son CA sur ses 1600 marques! Ces 400 marques sont soit des produits mondiaux soit des produits locaux forts. Unilever va se tourner maintenant vers la pharmacie (avec des acquisitions en perspective?) et le commerce électronique.
"Plastivaloire va remplacer Moulinex à Falaise"	*Les Echos*, 24 février 2000, p.26.	Dans les 5 secteurs prometteurs pour le groupe (téléphonie, télévision, automobile, bureautique, électroménager), Plastivaloire veut développer des partenariats avec ses grands donneurs d'ordre. Ils se traduisent par des nouvelles localisations près de ces donneurs d'ordre, ou des délocalisations (Chine et Roumanie).
"La styliste Irène Van Ryb se prépare à entrer en Bourse"	*Les Echos*, 24 février 2000, p.16.	L'entreprise, en raison d'une stagnation des ventes et d'une baisse du résultat d'exploitation, s'est restructurée notamment en concentrant les achats, délocalisant une partie de la fabrication, intégrant la distribution, etc.
"Clayeux est sorti du rouge en 1999"	*Les Echos*, 25-26 février 2000, p.22.	Cette entreprise, spécialisée dans la confection du vêtement pour enfant, a été contrainte de réduire de 20% ses prix pour répondre au marché actuel. Certains produits ont été simplifiés, une partie de la production a été délocalisée, et le réseau de distribution recentré. Ce secteur semble aussi être touché par d'importantes concentrations de la production.
"Carrefour, Sears et Oracle révolutionnent la chaîne d'approvisionnement"	*Les Echos*, 29 février 2000, p.20.	Carrefour, le n°2 mondial de la grande distribution, s'associe à Sears, le n°2 américain, et à Oracle pour créer une plate-forme d'échanges sur internet entre fournisseurs et distributeurs. Elle devrait permettre des réductions substantielles des coûts de transaction. Les fournisseurs concernés seront aussi bien les grands industriels que les PME.
"Internet accélère la mise en place de l'usine du futur"	*Les Echos*, 1er mars 2000, p.62.	Les constructeurs automobiles attendent des réductions de coûts grâce à la distribution par internet. La distribution représente en effet 30% du coût d'un véhicule. Cependant, en retour, ils devront accroître la diversité de leur demande et accroître encore la flexibilité de leur outil de production.
"Le groupe SEB repart de l'avant"	*Les Echos*, 3 mars 2000, p.18.	Le groupe Seb s'est désengagé des activités dans lesquelles il ne pouvait acquérir une position de leader mondial. En revanche, il essaye par l'intermédiaire d'acquisitions de renforcer ses positions géographiquement et par famille de produits. Les produits nécessitant des processus industriels lourds sont fabriqués ou assemblés en France, près des marchés importants. Les autres sont sous-traités.

Titre de l'article	Date	Résumé
"En dépit de bons résultats, Adidas-Salomon engage un programme de réduction des coûts"	*Les Echos*, 3 mars 2000, p.19.	Pour continuer à rentabiliser l'entreprise, Adidas-Salomon veut réduire ses coûts. Sa gamme de produits sera réduite, la logistique améliorée et le nombre d'entrepôts passera de 25 à 5 en Europe. L'entreprise veut également prendre position sur Internet.
"Fusion avec Scania: Volvo optimiste après d'ultimes concessions" - "'Ford envisage d'assembler des voitures Mazda sur ses sites sous-utilisés en Europe"	*Les Echos*, 6 mars 2000, p.18.	Ces deux petits articles montrent que le groupe Volvo a dans un premier temps céder sa filiale Volvo Cars (construction de voitures) à Ford, puis a décidé de fusionner avec Scania pour la construction des poids lourds et autobus. Il y a eu un recentrage des activités du groupe puis la volonté de prendre du poids.
"Carrefour prend le contrôle de Gruppo GS et devient numéro deux en Italie"	*Les Echos*, 7 mars 2000, p.27.	Carrefour, après sa fusion avec Promodès, continue sa stratégie d'expansion en Europe. Le groupe prend la place de numéro 2 en Italie grâce à sa prise de contrôle de Gruppo GS. Il lui reste maintenant à réaliser une dernière acquisition (Finiper) pour devenir le leader en Italie de l'hypermarché.
"Vitherm devient 'le pôle javel' de l'anglais McBride"	*Les Echos*, 7 mars 2000, p.28.	Vitherm spécialisé dans la production d'eau de javel a intégré le groupe McBride, spécialiste des détergents sous marque de distributeur. D'une part, cette intégration permet au groupe Mc Bride de diversifier sa production avec des produits javellisés. D'autre part, la société Vitherm peut s'appuyer sur un groupe puissant, alors que sa production est commercialisée dans la grande distribution sous marque de distributeur ou premier prix.
"Toshiba reprend les activités de contrôle industriel de General Electric"	*Les Echos*, 8 mars 2000, p.18.	Les deux groupes japonais et américains ont décidé de constituer une société commune, dans le domaine des automates et du contrôle industriel. Cette alliance a pour but de leur permettre de réaliser des économies d'échelle en matière d'ingénierie et d'achats.
"Le Tanneur noue des liens plus étroits avec le groupe LVMH"	*Les Echos*, 8 mars 2000, p.23.	Le Tanneur se rapproche du groupe de luxe LVMH. Mais l'une des priorités du Tanneur est de développer un réseau de distribution intégré. Cela lui permet en effet de mieux maîtriser l'image de ses marques et de cumuler la marge du fabricant avec celle du distributeur.
"Genoyer cède l'une de ses trois divisions à Tyco"	*Les Echos*, 8 mars 2000, p.21.	Genoyer abandonne l'un de ses deux métiers historiques, celui des vannes. Il présente pourtant plus de valeur ajoutée que celui des brides et raccords, qu'il conserve. Mais dans les vannes, le secteur est déjà très structuré, tandis que dans les brides et raccords, le secteur est encore fragmenté. Les opportunités de concentration restent donc à saisir.
"DaimlerChrysler et Mitsubishi Motors négocient un mariage"	*Les Echos*, 8 mars 2000, p.16.	Le groupe germano-américain pourrait prendre le contrôle du 4ème constructeur japonais, en difficultés. D'autant plus que le groupe a une présence faible en Asie, alors qu'il se situe parmi les cinq leaders de la construction automobile. De plus, des coopérations sont à envisager sur le marché européen.
"Volvo se résigne à perdre Scania, mais critique durement la Commission Européenne"	*Les Echos*, 9 mars 2000, p.19.	La Commission Européenne s'apprête à bloquer le rachat de Scania par Volvo, au nom du respect de la concurrence dans les pays scandinaves. Mais le constructeur s'intéresse déjà à l'allemand MAN et à l'américain Navistar. Iveco et Renault VI ont déjà fusionné leurs activités autobus, Daimler a pris le contrôle du fabricant allemand d'autobus Kässbohrer, etc.
"Les dirigeants de Bel Air espèrent renouer avec les profits en 2001"	*Les Echos*, 9 mars 2000, p.20.	Cette entreprise, spécialiste du voilage mais aussi du tissu d'ameublement, a subi de grosses pertes en 1999. Elle va donc réduire son offre en particulier dans les produits basiques, fortement concurrencés par la Chine, le Pakistan ou la Turquie. Elle va parallèlement se tourner vers des produits à plus forte valeur ajoutée.

Titre de l'article	Date	Résumé
"Déficitaire de plus de 1 milliard de francs en 1999, Usinor est optimiste pour 2000"	*Les Echos*, 9 mars 2000, p.15.	Le sidérurgiste Usinor n'a pas réussi à rester bénéficiaire lors du dernier cycle bas. Il espère néanmoins tirer parti de sa fusion avec Cockerill grâce à une réduction des coûts de fonctionnement. Un programme de gains de productivité et d'amélioration de performance a aussi été mis en place. Pour le groupe, la mondialisation entraîne une uniformisation des prix de vente d'autant plus que les coûts de transport ne sont plus un obstacle. En matière d'e-business, le sidérurgiste va ouvrir un site pour vendre ses produits, et mettre ses services d'achat en ligne (il est prêt à accueillir ses concurrents sur les deux sites).
"Metsä-Serla se dit intéressé par un éventuel rachat de MoDo"	*Les Echos*, 10-11 mars 2000, p.22.	Le troisième groupe forestier de Finlande est intéressé par un rachat de MoDo. Les deux principaux papetiers finlandais ont déjà procédé à des acquisitions ou fusions majeures ces dernières années. UPM-Kymmene a en effet repris Champion Papers, et Stora Enso, Consolidated Paper.
"Le groupe SNPE affiche de grandes ambitions aux Etats-Unis"	*Les Echos*, 10-11 mars 2000, p.21.	Le groupe s'implante au Texas afin de fournir directement ses clients américains en phosgène. Cet état concentre déjà 25% de la capacité mondiale, et va lui permettre d'y nouer des partenariats. L'objectif du groupe est d'atteindre la taille critique mondiale comme fournisseur des industries des sciences de la vie. (Certaines industries comme la chimie sont de fait mondiales.)
"Siemens, un groupe en pleine mutation"	*Les Echos*, 14 mars 2000, p.20.	Siemens change de peau en cédant un certain nombre d'activités de la "vieille économie", exigeantes en capitaux, et dans lesquelles il n'a pas la taille critique. A l'image de Nokia ou de Mannesmann, il se tourne vers les métiers de l'information et de la communication. Son objectif est d'améliorer sa rentabilité.
"Carton: rapprochement de Rossmann et Bauernfeind"	*Les Echos*, 14 mars 2000, p.16.	Ces deux spécialistes du carton créent une société commune Roba détenue à 50-50. La complémentarité géographique et des produits des deux groupes est en effet remarquable. L'alliance débouchera sans doute sur une fusion dont l'incidence sur les achats et l'offre commerciale ne se fera pas attendre.
"General Motors et Fiat forment une alliance stratégique originale"	*Les Echos*, 14 mars 2000, p.12.	Depuis 2 ans, l'industrie automobile est bouleversée par de grandes fusions, initiées par Daimler-Benz avec Chrysler. Ici Fiat et GE s'associent sur deux zones géographiques, l'Europe et l'Amérique Latine, et conservent leur autonomie. Cependant, leurs produits risquent de se faire concurrence. Pour le moment, cette association vise des réductions de coûts par les achats et le partage de composants, et à plus long terme de plates-formes.
"Externaliser ou pas: le dilemme"	*Les Echos*, 15 mars 2000, p.57.	Les avis sont très partagés sur la nécessité ou non d'externaliser la gestion et la distribution des pièces détachées des constructeurs automobiles. Il s'agit en effet d'une part d'une activité dont la marge est élevée, mais d'autre part d'une activité exigeante d'un point de vue logistique. Selon certains, les constructeurs disposent en moyenne d'un seul centre de stockage national, mais des petits dépôts seront nécessaires pour des livraisons quotidiennes.
"Les équipementiers en première ligne"	*Les Echos*, 15 mars 2000, p.13.	L'alliance Fiat-GM prévoit des réductions de coûts importantes d'ici à trois ans. Celle-ci passera essentiellement par les achats, avec une massification et une standardisation permettant d'accroître les volumes. Les fournisseurs répondent déjà à cette tendance par des croissances externes. Par ailleurs, cette alliance devrait favoriser la mise en place de plates-formes communes et l'internationalisation des approvisionnements.
"Carlos Ghosn: Nous savons comment nous allons réduire nos coûts de 20%"	*Les Echos*, 16 mars 2000, p.17.	Le directeur général opérationnel de Nissan veut réduire de 20% les coûts sur trois ans. Cette réduction va passer par une diminution du nombre de fournisseurs, afin de leur permettre d'augmenter leurs volumes. L'un des critères de choix de ceux-ci passera par leur aptitude à livrer Nissan mondialement.
"Bourgoin met sa principale filiale en redressement judiciaire"	*Les Echos*, 20 mars 2000, p.18.	Le numéro 2 européen de la volaille paie ses erreurs de stratégie, basée sur l'intégration verticale et les volumes. En 1996, la fille du fondateur a cherché à abandonner le système intégré et à développer les produits à forte valeur ajoutée (produits de marque, sous label ou transformés). Mais le tournant a été pris trop tard.

Titre de l'article	Date	Résumé
"Débarrassé de Rover, BMW mise sur sa seule marque pour rester indépendant"	*Les Echos*, 20 mars 2000, pp.14-15.	BMW, en parfaite santé, se sépare de Rover qui ne cesse de faire des pertes depuis son acquisition en mars 1994. Cela ne freinera sans doute pas l'accélération de la restructuration du marché mondial de l'automobile.
"Benetton ou les réalités de l'entreprise virtuelle"	*Les Echos*, 21 mars 2000, p.52.	Ce court article fait référence à un ouvrage récemment paru sur l'entreprise Benetton (F. Fréry, ESCP). Benetton est une entreprise constituée d'un réseau de sociétés individuelles. Elle travaille ainsi avec 450 sous-traitants, mais n'externalise pas la teinture, son coeur de métier. L'entreprise dite virtuelle est avantageuse en termes de coûts, mais nécessite une parfaite maîtrise de la logistique et des techniques de communication et d'information. Elle peut être un exemple pour les entreprises du commerce électronique.
"Seat accuse une baisse de ses bénéfices en 1999"	*Les Echos*, 21 mars 2000, p.15.	Les ventes du constructeur espagnol Seat sur les marchés extérieurs représentent les 2/3 des ventes. Dans le cadre de la stratégie de globalisation du groupe Volkswagen, des modèles Seat n'ont pas seulement été assemblés dans l'usine de Martorell, mais aussi en Belgique, au Portugal et en Argentine.
"Siemens et Mannesmann marient leurs activités dans les équipements automobiles"	*Les Echos*, 21 mars 2000, p.14.	La filiale d'équipements automobiles de Mannesmann (VDO) va être fusionnée avec l'activité technique automobile de Siemens, sous la forme d'une filiale, "Atecs Siemens Automotive", détenue à 50-50. La complémentarité de leurs activités leur donnera une position mondiale forte dans le domaine des systèmes électroniques pour l'automobile. Des synergies sont attendues dans la R&D, les achats, la production et la vente. (Ce mariage ne s'est finalement pas déroulé comme prévu).
"Le groupe Danone se désengage de la bière en Europe"	*Les Echos*, 21 mars 2000, p.12.	Le groupe Danone achève son recentrage, engagé il y a trois ans, avec la cession de Kronenbourg, très rentable. Danone a ainsi pu profiter de la forte concentration du secteur de la bière. Les projets de croissance externe sont maintenant basés sur les produits laitiers frais, l'eau et les biscuits.
"Internet: Danone et Nestlé s'allient pour exploiter un carrefour d'affaires"	*Les Echos*, 22 mars 2000, p.15.	Le n°1 mondial de l'agroalimentaire, Nestlé, et le leader français, Danone, s'associent pour créer une place de marché afin de regrouper leurs achats. D'autres industriels de l'agroalimentaire sont les bienvenus. Les produits concernés seront les matières premières, l'emballage, les services, les biens d'équipement. D'importants gains sont attendus dans le traitement des commandes, et la baisse de certains prix d'achat. Mais ce site permettra également des appels d'offre internationaux, et sans doute de réduire le nombre de fournisseurs.
"Textile - Innover pour survivre"	*Les Echos*, 22 mars 2000, pp.63-66.	Les pays développés ont subi de plein fouet la concurrence des pays émergents dans le textile. Dans cette industrie où le prix du travail est prépondérant, et où les produits sont facilement transportables, la concurrence au niveau mondial est vive. Les pays développés peuvent alors se distinguer dans les produits haut de gamme, techniques et ceux qui demandent une forte réactivité. L'innovation et la technologie sont leurs atouts là où l'automatisation ne peut rester que limitée pour des raisons techniques.
"Alliance Unichem se lance dans l'e-business"	*Les Echos*, 23 mars 2000, p.20.	Le deuxième grossiste européen en médicaments, à l'image de beaucoup de secteurs de l'industrie, développe son réseau de distribution (pharmacies), rationalise l'organisation de ses dépôts, réalise des acquisitions, et met en œuvre une stratégie de commerce électronique de b-to-b. Ce réseau sera aussi bien destiné à ses fournisseurs qu'à ses clients, les pharmacies.
"Plates-formes logistiques - Seules les surfaces augmentent"	*Les Echos*, 23 mars 2000, pp.59-62.	L'entrepôt s'est progressivement transformé en plate-forme, et sa surface ne cesse d'augmenter en raison de sa vocation de plus en plus européenne. Il doit être bien desservi et proche des lieux de consommation. Son rôle a également évolué car il *finalise* de plus en plus le produit. La décision de la zone logistique (régions, site portuaire) dépend aussi du type de produit.

Titre de l'article	Date	Résumé
"PCAS vise le peloton de tête de la chimie fine"	*Les Echos*, 24-25 mars 2000, p.15.	La filiale de chimie fine, PCAS, de Dynaction cherche à croître grâce à des acquisitions. Le moment est en effet propice, car de nombreux groupes pharmaceutiques se recentrent sur leur activité de base en se séparant de leur chimie.
"Bic prévoit une hausse de 10% de ses ventes en 2000"	*Les Echos*, 24-25 mars 2000, p.16.	Bic, spécialisé dans la papeterie, les rasoirs et les briquets jetables, est un groupe mondial. Il réalise, en effet, plus de la moitié de ses ventes en Amérique du Nord et centrale. Comme beaucoup de groupes mondiaux, il se réorganise depuis quelques années en réduisant son nombre d'usines (passant de 46 en 96 à 28 en 1999), et en externalisant les petits volumes de production.
"Sara Lee se renforce en Europe en s'emparant de Courtaulds Textiles"	*Les Echos*, 27 mars 2000, p.16.	L'américain Sara Lee, qui occupe déjà une position mondiale dans la lingerie, acquiert le numéro 1 de la lingerie en Grande-Bretagne, Courtaulds Textiles. Celle-ci lui permet de renforcer sa présence en Europe. Courtaulds Textiles va néanmoins mener à bien ses cessions d'actifs prévues: G. Rech pour le prêt-à-porter haut de gamme, et Lyle and Scott pour les vêtements de golf.
"Climatisation: Behr défend son indépendance"	*Les Echos*, 27 mars 2000, p.15.	Le spécialiste allemand Behr de la climatisation automobile est en pleine croissance. Mais face à l'impressionnante concentration de tout le secteur automobile, cette entreprise reste indépendante. Son dirigeant le justifie par le fait que les groupes importants concurrents, tel Valeo, ne disposent pas d'une activité plus importante dans ce métier. De plus, leur performance leur permet de soutenir un rythme d'investissement soutenu, et leurs partenariats technologiques sont nombreux.
"DaimlerChrysler scelle aujourd'hui son alliance avec Mitsubishi"	*Les Echos*, 27 mars 2000, p.14.	Le constructeur germano-américain s'associe au 4ème constructeur japonais Mitsubishi Motors. Cette alliance permet à DaimlerChrysler de s'implanter en Asie, et de développer sa gamme des petites voitures. Mais l'activité poids lourds pourrait bien être aussi reprise par le groupe.
"Résultats en légère baisse pour Oxymétal Laser Technologies"	*Les Echos*, 27 mars 2000, p.12.	Le numéro 1 français de la découpe à façon de métal a poursuivi sa politique de croissance externe. Oxymétal Laser Technologies s'est implanté au cours des années sur une dizaine de sites en France, afin d'être au plus près de ses clients.
"DaimlerChrysler: la fusion froide"	*Les Echos*, 28 mars 2000, pp.78-79.	La fusion entre le premier constructeur allemand, Daimler-Benz, et le troisième américain, Chrysler, devait être à égal. Leur complémentarité était parfaite en termes de gamme de produits et géographiquement. Les synergies entrevues devaient être importantes. Mais malgré une année commune record, la fusion est amère car leur intégration reste limitée, et donc les synergies seront limitées.
"TNT Post Group reste en piste pour une alliance avec la Poste"	*Les Echos*, 28 mars 2000, p.24.	La Poste néerlandaise cherche des alliances avec d'autres postes européennes, dans le domaine de la messagerie expresse. Elle a également dévoilé toutes ses ambitions dans le commerce électronique, en particulier le b-to-b. Les perspectives dans ce domaine semblent énormes, car en effet le commerce électronique ne souffre pas une mauvaise organisation logistique.
"Du Pareil au Même se lance dans la chaussure"	*Les Echos*, 28 mars 2000, p.18.	Le spécialiste des vêtements à bas prix pour l'enfant a décidé de se lancer dans la chaussure. Mais cette entreprise mise également beaucoup sur le commerce électronique, particulièrement florissant. En effet, le panier moyen de l'internaute sur leur site est supérieur à celui de leurs boutiques, et le tiers des commandes est passé par des étrangers (jusqu'en Amérique).
"le mariage Moulinex-Brandt permettrait d'éviter la délocalisation"	*Les Echos*, 28 mars 2000, p.17.	Brandt, la principale filiale du groupe italien El.Fi souhaite un rapprochement avec Moulinex. Cela éviterait à Moulinex de sous-traiter une partie importante de sa production, et offrirait de belles perspectives de synergies. Elles se traduiraient par la mise en commun de leur achats, R&D, voire dans certains cas de leurs productions et organisations logistiques, sans compter les avantages commerciaux.

Titre de l'article	Date	Résumé
"Honda: un acteur isolé qui pourrait devenir prédateur"	*Les Echos*, 28 mars 2000, p.15.	Honda, malgré sa taille, est très compétitif et souhaite rester à l'écart des grands mouvements de concentration de l'industrie automobile. Il est présent sur les trois grands marchés mondiaux, et possède une avance technologique incontestable dans les moteurs. Pendant que certains pensent qu'il finira par être absorbé, Honda pense à acheter BMW...
"DaimlerChrysler prend le contrôle de Mitsubishi"	*Les Echos*, 28 mars 2000, pp.14-15.	DaimlerChrysler voulait s'implanter en Asie et se développer dans les petites voitures, alors que le groupe est essentiellement présent dans les voitures haut de gamme. Son rapprochement avec Mitsubishi concrétise ses souhaits. Cependant, Mitsubishi devrait rester relativement indépendant, et les poids lourds sont exclus de l'accord.
"Alain Manoukian enregistre un bénéfice record en 1999"	*Les Echos*, 30 mars 2000, p.16.	Malgré une conjoncture du textile peu porteuse en 99, le groupe de prêt-à-porter a réalisé des bénéfices record. Il les attribue à sa stratégie axée sur la distribution, après un recentrage sur son métier. Les principaux gisements d'amélioration sont maintenant attendus dans la logistique et les systèmes d'information.
"Ventes en ligne: France Telecom, Vivendi, PPR et Carrefour bien placés"	*Les Echos*, 30 mars 2000, p.23.	Les grands de la distribution, des médias et des télécoms semblent les gagnants du b-to-c. Il devrait y avoir comme aux Etats-Unis un processus de consolidation dans ce secteur. Très peu de start-up réussissent dans ce domaine. En revanche, des entreprises du minitel commencent à s'imposer.
"Mariage à l'étude dans les poids lourds entre Volvo et Renault"	*Les Echos*, 31 mars - 1er avril 2000, p.14.	Renault et Volvo pourrait rapprocher leurs activités de véhicules industriels. Les deux groupes présentent en effet de fortes complémentarités aussi bien dans les produits que géographiquement. Ils pourraient également coopérer industriellement.
"Auchan et Casino participent ensemble à un carrefour d'affaires"	*Les Echos*, 3 avril 2000, p.30.	Après Carrefour qui a lancé GlobalNetExchange, Auchan et Casino lancent un nouveau carrefour d'affaires (b-to-b) appelé WorldWide Retail Exchange (WRE). Les économies qui en sont attendues devraient largement compenser les investissements.
"Leroux s'offre le confiseur chocolatier Klaus"	*Les Echos*, 3 avril 2000, p.33.	La société Confiserie et Tradition SA, filiale du groupe Leroux, a acquis le chocolatier Klaus. Cette opération s'inscrit dans la stratégie de diversification du groupe, dans le domaine de la chocolaterie et de la confiserie, où il veut acquérir une société par an au cours des 4 -5 prochaines années.
"Zara tire profit de sa stratégie d'expansion internationale"	*Les Echos*, 3 avril 2000, p.16.	Zara, le premier groupe de mode espagnol, profite de sa stratégie d'expansion nationale et internationale. Cette expansion est passée par l'achat de la chaîne Stradivarius, et par l'ouverture de nombreuses boutiques, 421 en cinq ans, principalement au profit de la marque Zara.
"Zannier renforce son pôle grande distribution en rachetant le groupe Decant Jullien"	*Les Echos*, 4 avril 2000, p.16.	Le groupe Zannier veut doubler sa taille principalement par croissance externe. L'acquisition de Decant Jullien, spécialiste des vêtements pour enfants en grande distribution, lui permet de se renforcer face à cette dernière. Cependant, les marges sont plus faibles que celles de la distribution intégrée ou des détaillants multimarques. La production de Decant Jullien a d'ailleurs été totalement délocalisée il y a trois ans.
"Mattel cherche un acquéreur pour sa filiale de jeux électroniques"	*Les Echos*, 4 avril 2000, p.15.	Mattel revend la société The Learning Company, acquise il y a moins d'un an, un spécialiste américain de logiciels de jeux éducatifs. Acheté 3,8 milliards de dollars, le groupe espère la revendre entre 500 millions et 1 milliard de dollars, après d'importantes pertes et une restructuration qui a entraîné 650 suppressions d'emplois, ainsi que le retrait de nombreux produits (un certain nombre d'acquisitions se soldent par des échecs).
"Le papetier norvégien Norske Skog met la main sur le néo-zélandais Fletcher"	*Les Echos*, 4 avril 2000, p.15.	Le norvégien Norske Skog réalise une très importante opération de croissance externe en acquérant le néo-zélandais fletcher, dont il en attend des synergies. Il devient ainsi le numéro 2 mondial du papier journal, derrière le canadien Abitibi-Consolidated. Cette acquisition lui permet donc de prendre une envergure mondiale, et le rend capable de fournir ses clients partout dans le monde. Cependant certains émettent des réserves sur une acquisition d'une telle taille.

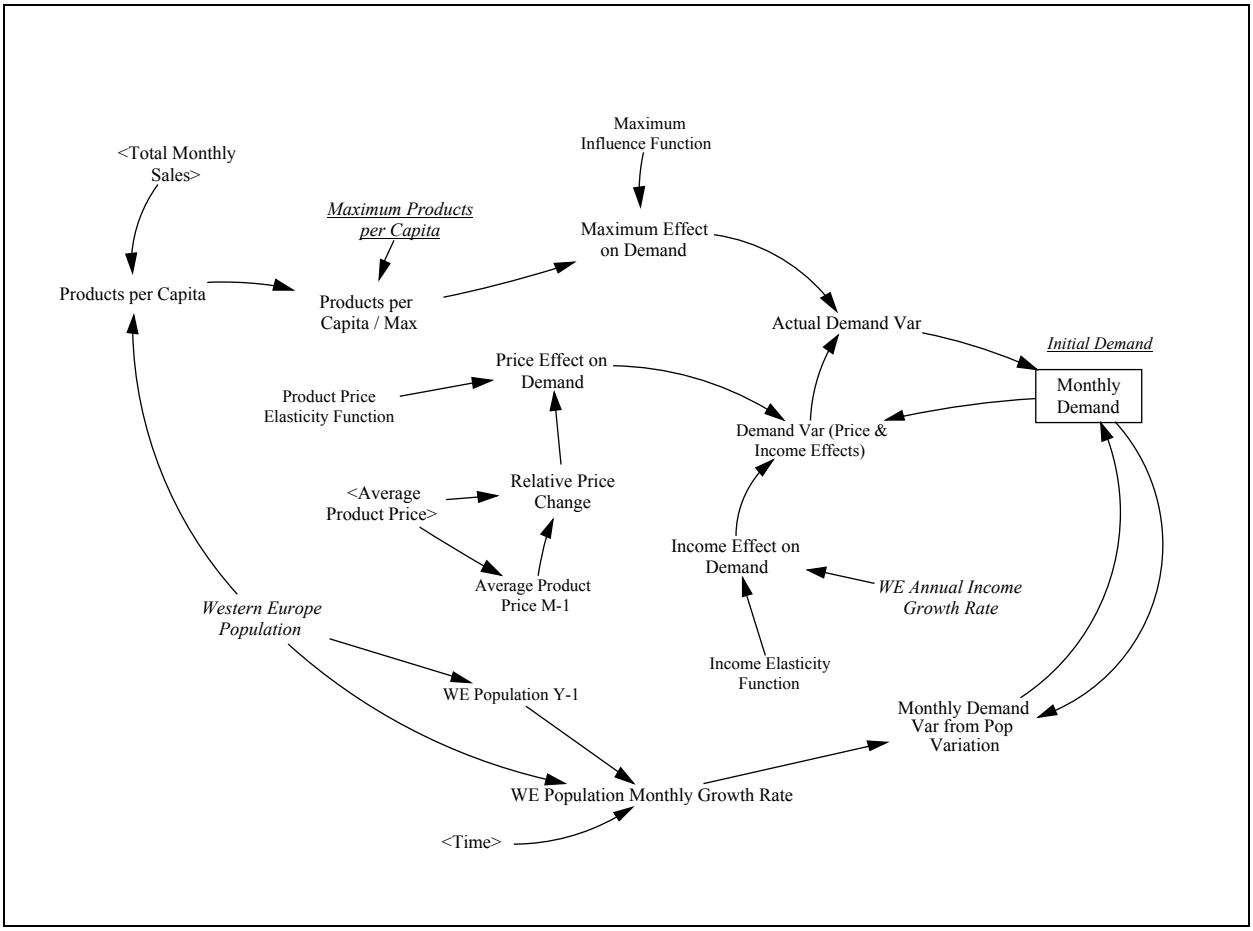
Titre de l'article	Date	Résumé
"Six équipementiers s'unissent pour explorer les opportunités de l'e-business"	*Les Echos*, 4 avril 2000, p.12.	Après l'annonce, il y a deux mois, de la création d'un site b-to-b par GM, Ford et Daimler-Chrysler, destiné à leurs achats, les équipementiers automobiles créent le leur. Il s'agit de cinq équipementiers américains et Valeo, dont le but est par leur alliance de développer ce type d'outil.
"Roche continue de miser sur la croissance interne dans la pharmacie"	*Les Echos*, 5 avril 2000, p.13.	Alors que de nombreuses fusions spectaculaires ont été opérées dans la pharmacie, Roche, reléguée de ce fait de la 5ème à la 10ème place mondiale, revendique son indépendance. Son taux de croissance élevé des ventes lui autorise à miser sur une croissance interne. De plus, cela permet aux familles propriétaires d'en garder le contrôle.
"Le téléphone mobile promet l'Internet"	*Les Echos*, 5 avril 2000, pp.61-64.	L'accès à internet par le mobile devrait faciliter les achats par ce biais. Cet article donne diverses prévisions quant à l'équipement des particuliers de ces téléphones de nouvelle génération en Europe.
"Grâce à Internet, L'Oréal entend renforcer sa position de leader"	*Les Echos*, 7-8 avril 2000, p.14.	L'Oréal veut "mondialiser" ses dix principales marques et réaliser avec elles 88% de son chiffre d'affaires. Dans cet objectif, ses acquisitions ne peuvent être que des affaires d'envergure mondiale. Concernant internet, L'Oréal dispose de deux politiques: pour les produits grand public, les sites ont un rôle d'information et de services, pour le luxe, il existe déjà un site marchand aux Etats-Unis dont le chiffre d'affaires est prometteur.
"Arthur accélère son développement en constituant un véritable réseau de distribution intégré"	*Les Echos*, 11 avril 2000, p.17.	Arthur, le spécialiste des vêtements de nuit, va développer un réseau de distribution en propre afin d'accroître son taux de marge nette. La marge du fabricant sera, en effet, cumulée à la marge du distributeur. Ces vêtements sont fabriqués au Maroc et en Turquie.
"Hutchinson s'allie avec son concurrent japonais Tokai Rubber Industries"	*Les Echos*, 11 avril 2000, p.15.	Après avoir passé il y a deux mois un accord avec bridgestone, Hutchinson, la filiale de Total Fina Elf, s'allie maintenant avec Tokai Rubber Industries. Ces deux transformateurs du caoutchouc pour l'automobile vont mettre en commun leurs moyens de production, de développement et de commercialisation. Ils espèrent ainsi livrer la première plate-forme commune de Renault-Nissan et peut-être d'autres à l'avenir. (Les fournisseurs automobiles s'allient aussi pour répondre aux demandes des constructeurs).
"Brioche Pasquier veut s'implanter hors des frontières"	*Les Echos*, 12 avril 2000, p.18.	Pasquier, le spécialiste de la viennoiserie et pâtisserie, qui affiche de très bons résultats, veut acquérir une dimension européenne. Pour cela, le groupe va construire ou racheter des usines dans les pays limitrophes, car dans ce domaine la fabrication locale est essentielle. (Dans l'article, les différentes usines et leur rayonnement sont évoqués).
"La fusion de Vendex et KBB porte ses fruits"	*Les Echos*, 12 avril 2000, p.24.	VendexKBB, le numéro un de la distribution non-alimentaire aux Pays-Bas, affiche d'excellents résultats. Cette réussite est le fruit de la fusion de Vendex et KBB, et d'une économie en forte hausse.
"Hamelin absorbe le danois Bantex-Elba"	*Les Echos*, 13 avril 2000, p.24.	Le groupe français Hamelin de fourniturage de bureau continue sa politique de croissance externe, débutée en 1993. Il conforte ainsi ses positions en Europe, et le nombre de ses unités de production dans les pays à faible coût de main-d'oeuvre. La forte concentration de ce secteur est poussée par les grands fourniturists et la grande distribution, qui veulent être accompagnés par leurs fournisseurs dans leur développement européen.
"Premier trimestre encourageant pour Essilor"	*Les Echos*, 18 avril 2000, p.12.	Un an après l'alliance d'Essilor avec le groupe japonais Nikon, production et distribution sont en phase de réorganisation. La production des verres les plus simples est ainsi délocalisée du Japon aux Philippines, tandis que les usines japonaises vont fabriquer des produits à plus haute technicité. Par ailleurs, Essilor veut continuer sa croissance externe et va investir dans le commerce électronique.
"Chaussures: Mod'8 continue de croître"	*Les Echos*, 18 avril 2000, p.22.	Cette entreprise, spécialisée dans la chaussure d'enfant haut de gamme, se porte très bien contrairement à beaucoup d'entreprises françaises du secteur. L'essentiel de sa croissance actuelle est due au développement des exportations en Allemagne, en Grande-Bretagne et aux Pays-Bas.

Titre de l'article	Date	Résumé
"Six fabricants de pneumatiques s'apprêtent à lancer une plate-forme d'e-commerce"	*Les Echos*, 18 avril 2000, p.10.	Après les carrefours d'affaires récemment annoncés par les constructeurs, puis de grands équipementiers automobiles, c'est au tour des fabricants de pneumatiques. Michelin, Goodyear, Cooper, Continental, Pirelli, Sumitomo Rubber s'associent pour créer RubberNetwork.com, et réaliser des économies substantielles sur leurs achats. Leur site sera ouvert cependant à tous les acteurs du secteur. (Quel type de carrefours d'affaires subsistera ou co-existera à l'avenir?).
"Les marchés dans les turbulences - Les fusions-acquisitions vont-elles se ralentir?"	*Les Echos*, 18 avril 2000, p.31.	Internet accélère la globalisation de l'économie, dans ce contexte les industries veulent grossir pour être plus compétitives. Elles cherchent à accroître leurs parts de marché et à résister à la pression sur les marges. Fusions et acquisitions continuent ainsi à se réaliser dans de nombreux secteurs de l'économie.
"Perrier Vittel lance une eau à vocation européenne"	*Les Echos*, 19 avril 2000, p.14.	La filiale de Nestlé, le leader mondial de l'eau embouteillée, lance une eau de source à vocation européenne, appelée Aquarel et sous la marque Nestlé. Elle sera vendue simultanément en mai dans six pays de l'UE, mais en respectant quelques spécificités locales comme la gazéification et le prix. Ce projet non sans risques permet de mettre en avant la marque Nestlé avec un produit résolument international.
"Zannier et Pentland créent une société commune pour développer Kickers"	*Les Echos*, 19 avril 2000, p.17.	Le groupe Zannier, propriétaire de la marque Kickers, crée un joint-venture, Kickers Worlwide, avec son principal licencié, le groupe britannique Pentland. L'objectif est de transformer Kickers en une véritable marque mondiale, avec une collection internationale et une distribution directement gérées d'Europe.
"L'acier entre concentration et innovation"	*Les Echos*, 19 avril 2000, pp.63-66.	Après une période difficile où dans les années 70-80 les effectifs de l'industrie sidérurgique ont fondu, l'avenir semble meilleur. Après d'importantes concentrations, des efforts continus portés sur l'innovation, les fabricants tentent d'accompagner leurs clients dans leur expansion mondiale, comme les constructeurs automobiles, et de créer de véritables partenariats pour amortir les cycles du marché. Les ventes sur internet pourraient maintenant être une formidable source de productivité.
"Avec Paper Union, le portugais Inapa s'implante en Allemagne"	*Les Echos*, 20 avril 2000, p.14.	A une autre échelle que celle des fabricants, les distributeurs du secteur du papier sont en phase de concentration. Face à leurs fournisseurs et clients qui ne cessent de grandir et de s'internationaliser, les distributeurs doivent grossir pour continuer à jouer leur rôle. Avant l'Allemagne, le portugais Inapa avait déjà procédé à des opérations d'acquisitions en France, en Suisse, au Benelux et en Italie.
"Oxbow pourrait changer de mains dès cette année"	*Les Echos*, 21-22 avril 2000, p.20.	Oxbow est une société girondine spécialisée dans les vêtements de sport de glisse. En très bonne santé, elle se place volontairement sur des prix plus élevés que ses concurrents et tient à ses racines européennes par rapport aux influences nord-américaines. Par ailleurs, elle privilégie la distribution exclusive (corners et boutiques) non possédée en propre.
"Renault conclut aujourd'hui la reprise du constructeur coréen Samsung Motors"	*Les Echos*, 25 avril 2000, p.12.	Renault réussit à pénétrer sur l'un des marchés automobiles les plus fermés, en acquérant l'usine Samsung située dans la ville portuaire Pusan, après bien des négociations. Renault s'intéresse déjà à une alliance stratégique avec Volvo pour ses véhicules industriels, dans un contexte de concentration de l'industrie du poids lourds.
"L'industrie lourde se met à l'e-commerce"	*Les Echos*, 10-11 mars 2000, p.19.	Une start-up créée en avril 99 propose de mettre en ligne les achats de l'industrie sidérurgique. Le marché potentiel mondial est énorme, et il doit aussi permettre aux PME d'ouvrir leurs marchés. Le réseau sera constitué de bureaux européens basés à Londres, Francfort et Milan.
"Les mutations de l'industrie automobile bouleversent la logistique"	*Les Echos*, 15 mars 2000, p.56.	Les clients sont de plus en plus exigeants et pressés de recevoir leur voiture. Les délais actuels, compris entre 4 et 8 semaines, doivent tendre vers 2 semaines. Il s'en suit une réduction des stocks et une nécessité accrue de recourir à des prestataires logistiques fiables, et capables de préparer les véhicules de manière industrielle (à la place des concessionnaires).

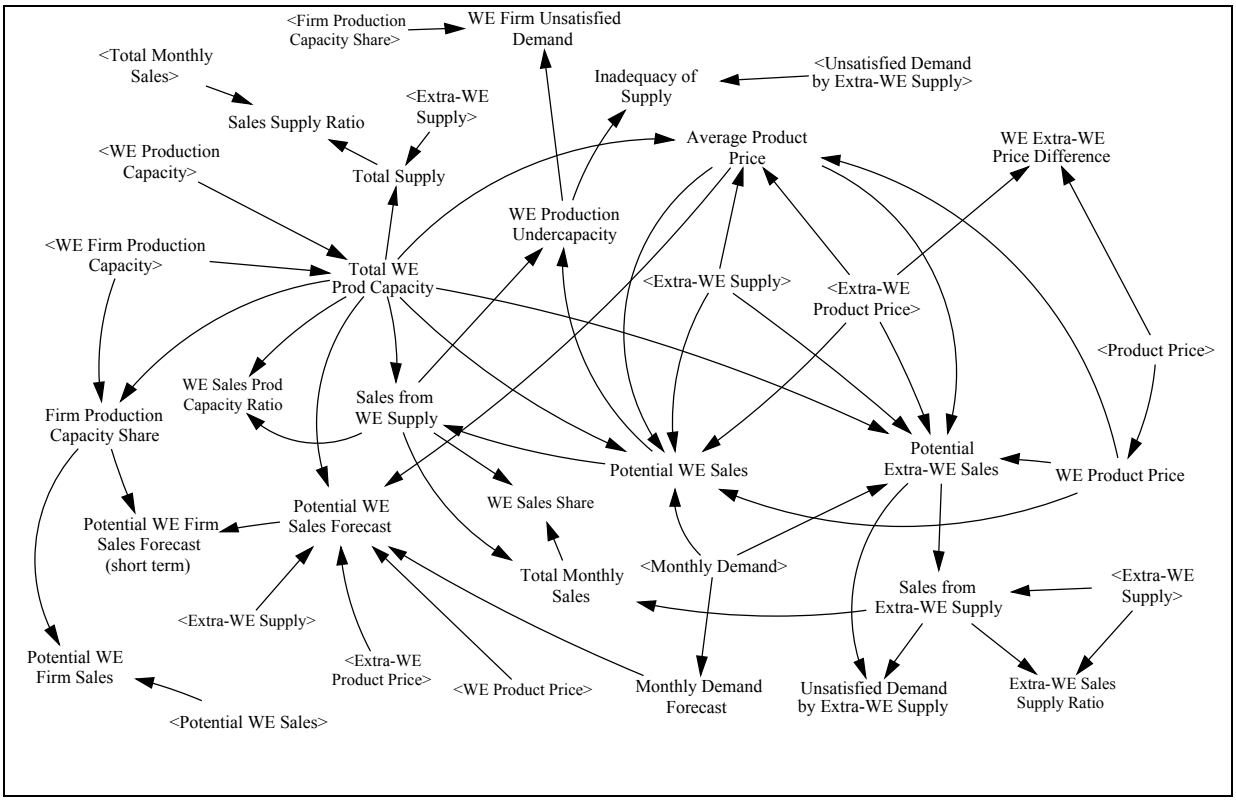
Titre de l'article	Date	Résumé
"Les fusions bouleversent les schémas logistiques"	*Les Echos*, 15 mars 2000, p.59.	En seulement 20 ans, la part de marché des cinq premiers distributeurs alimentaires est passée de 30 à 95%! Ces phénomènes de concentration que l'on retrouve dans l'industrie obligent les transporteurs à s'adapter en raison notamment de l'importance des volumes.
"Heuliez compte poursuivre sa route en solo"	*Les Echos*, 16 mars 2000, p.17.	Face aux importantes concentrations du secteur automobile, ce carrossier préfère rester petit. Cela lui permet en effet d'être efficace et plus réactif, car il se définit plutôt comme un spécialiste technologique que comme un équipementier. Cependant, un éventuel rapprochement avec un constructeur n'est pas exclu dans l'avenir.
"Continental touche les dividendes de sa stratégie de diversification"	*Les Echos*, 16 mars 2000, p.16.	Ce fabricant de pneumatique, à l'origine, s'est transformé en un spécialiste de la liaison au sol (freins, châssis, etc.), grâce à des rachats. Sa stratégie de diversification s'avère payante. (Les stratégies des fournisseurs des constructeurs automobiles ne sont pas nécessairement celles de la concentration).
"Carrefour va investir 1 milliard d'euros en trois ans dans l'Internet"	*Les Echos*, 31 mars - 1er avril 2000, p.27.	Carrefour, le n°2 mondial de la grande distribution, s'investit aussi bien dans le commerce électronique b-to-b que b-to-c. A côté de son carrefour d'affaires, GlobalNetExchange, il a annoncé la création d'une société spécialisée @Carrefour pour le b-to-c. Il comprendra un supermarché en ligne, des services bancaires, de voyages, un site pour le vin et un pour le jardinage.
"Renault et Nissan rejoignent les constructeurs américains sur leur plate-forme B-to-B"	*Les Echos*, 17 avril 2000, p.12.	Renault-Nissan a choisi de s'allier avec GM, Ford et DaimlerChrysler, à l'inverse de Volkwagen qui fait cavalier seul, pour créer le plus important carrefour d'affaires en ligne entre constructeurs et équipementiers. Renault-Nissan espère non seulement l'utiliser pour ses achats, mais que ses équipementiers l'utiliseront avec leurs propres fournisseurs (à moins qu'ils ne choisissent de créer leur propre site). Par ailleurs, le carrefour devra permettre l'achat de produits automobiles et indifférenciés. Il sera source de gains de temps, permettra une meilleure transmission des informations, néanmoins les gains en termes de coûts sont impossibles à évaluer.
"Eclairage: Valeo s'allie avec le japonais Ichikoh"	*Les Echos*, 17 avril 2000, p.13.	Le numéro 1 français de l'équipement automobile a, en quelques mois, réalisé trois alliances importantes au Japon. Il profite du fait que Nissan se désengage de ses fournisseurs depuis sa reprise par Renault. Par ailleurs, cette dernière alliance avec Ichikoh permet non seulement à Valeo de s'implanter un peu plus en Asie, mais à Ichikoh de s'implanter en Europe où il est inexistant. (Ces alliances réalisées par Valeo au Japon laissent à penser que l'équipementier accompagne notamment le constructeur Renault dans son évolution au niveau mondial).
"Mango va ouvrir une douzaine de magasins cette année en France"	*Les Echos*, 17 avril 2000, p.18.	La chaîne espagnole de prêt-à-porter féminin mise sur un concept universel, à savoir habiller les jeunes femmes du monde entier à des prix attractifs. Elle possède de nombreux magasins en propre et développe la franchise, possède un savoir-faire logistique, et mène une politique publicitaire active.
"Les produits frais misent sur l'e-commerce européen"	*Les Echos*, 17 avril 2000, p.20.	Le premier site européen dédié aux transactions électroniques pour les produits frais et surgelés, FoodsTrading, devrait être opérationnel en mai. Il sera destiné aux professionnels et proposera des services d'assistance commerciale et logistique, grâce à des partenariats passés entre le site et des prestataires.
'Haute-Savoie: le groupe Bel va fermer l'usine des Fromageries Picon"	*Les Echos*, 17 avril 2000, p.32.	Le groupe Bel ferme en Rhône-Alpes une usine rentable pour deux raisons. D'une part, des impératifs logistiques l'obligent à regrouper les sites de production français à vocation européenne dans le Jura ; d'autre part des impératifs de compétitivité envers les pays tiers, où les exportations sont importantes, ont entraîné la création de filiales de production au Maroc, en Egypte et en Pologne, d'où une situation de surcapacité de production en France.

Annexe 2 : Visualisation des différentes parties du modèle

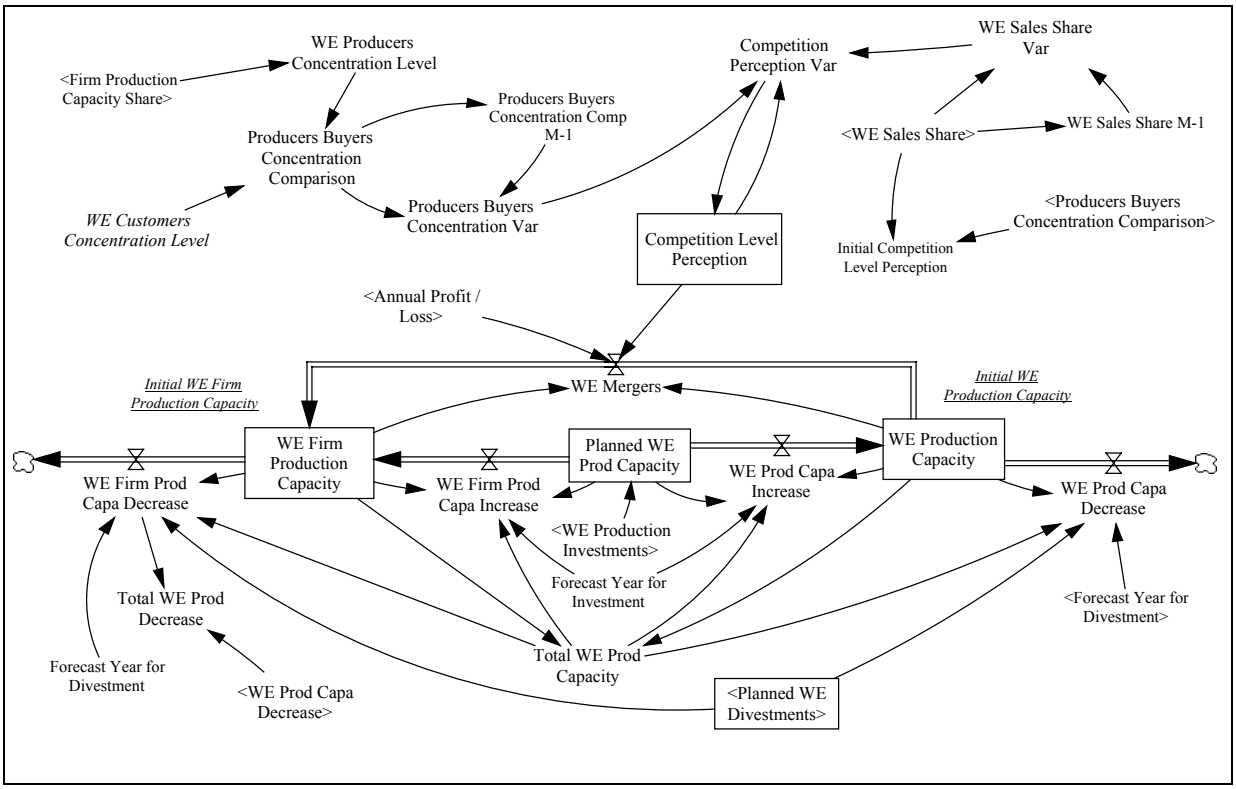
Partie 1 : Demande en Europe de l'Ouest



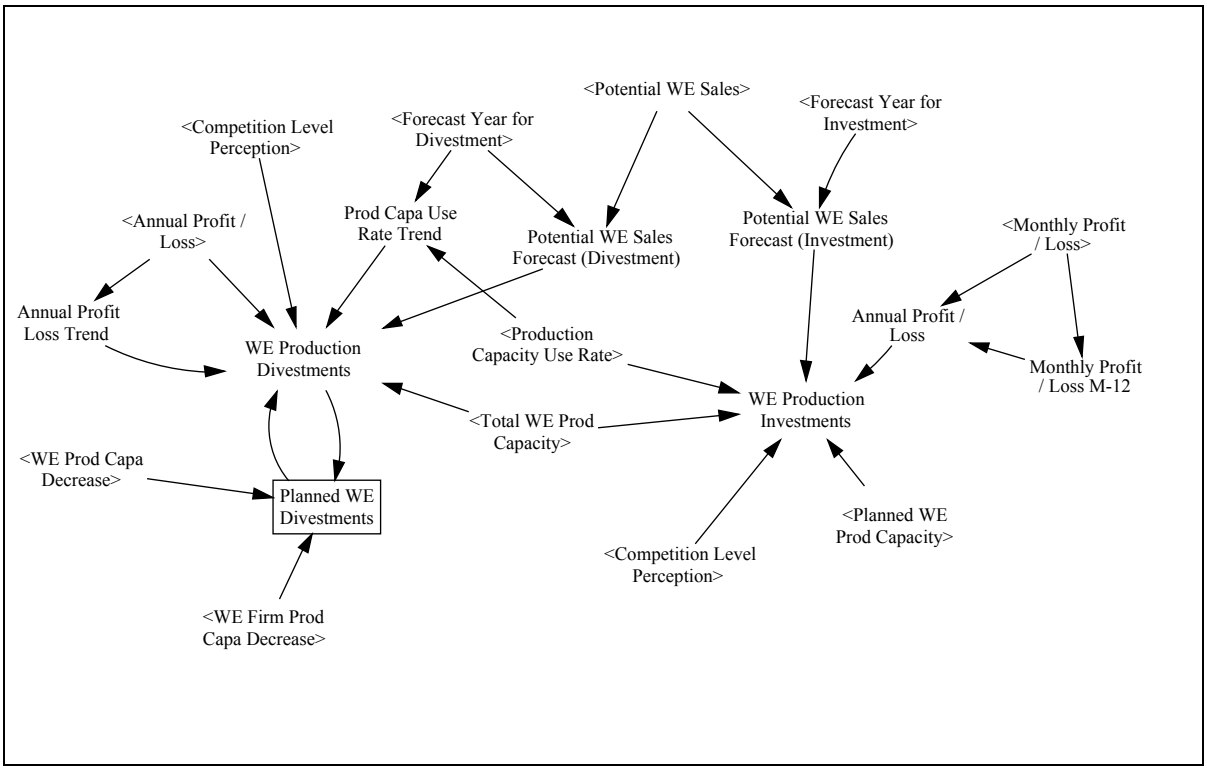
Partie 2 : Offre et ventes



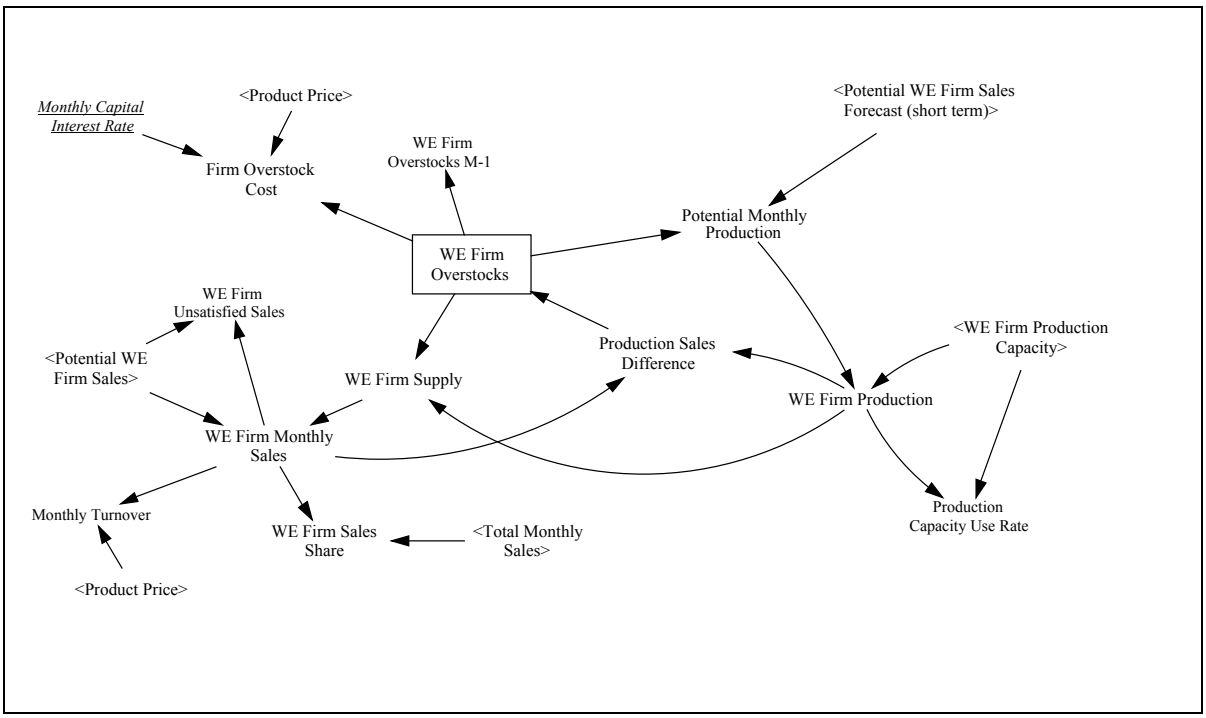
Partie 3 : Structure de production en Europe de l'Ouest



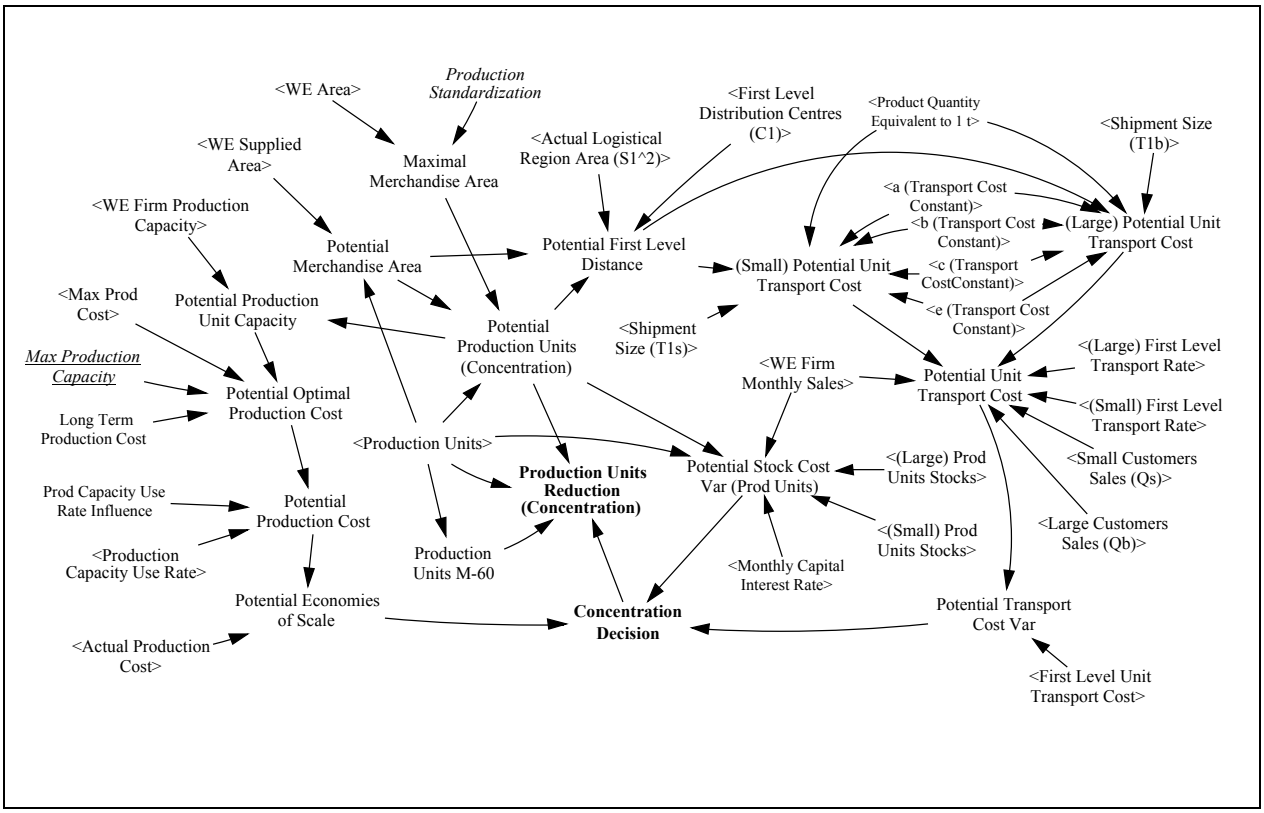
Partie 4 : Investissements et désinvestissements en Europe de l'Ouest



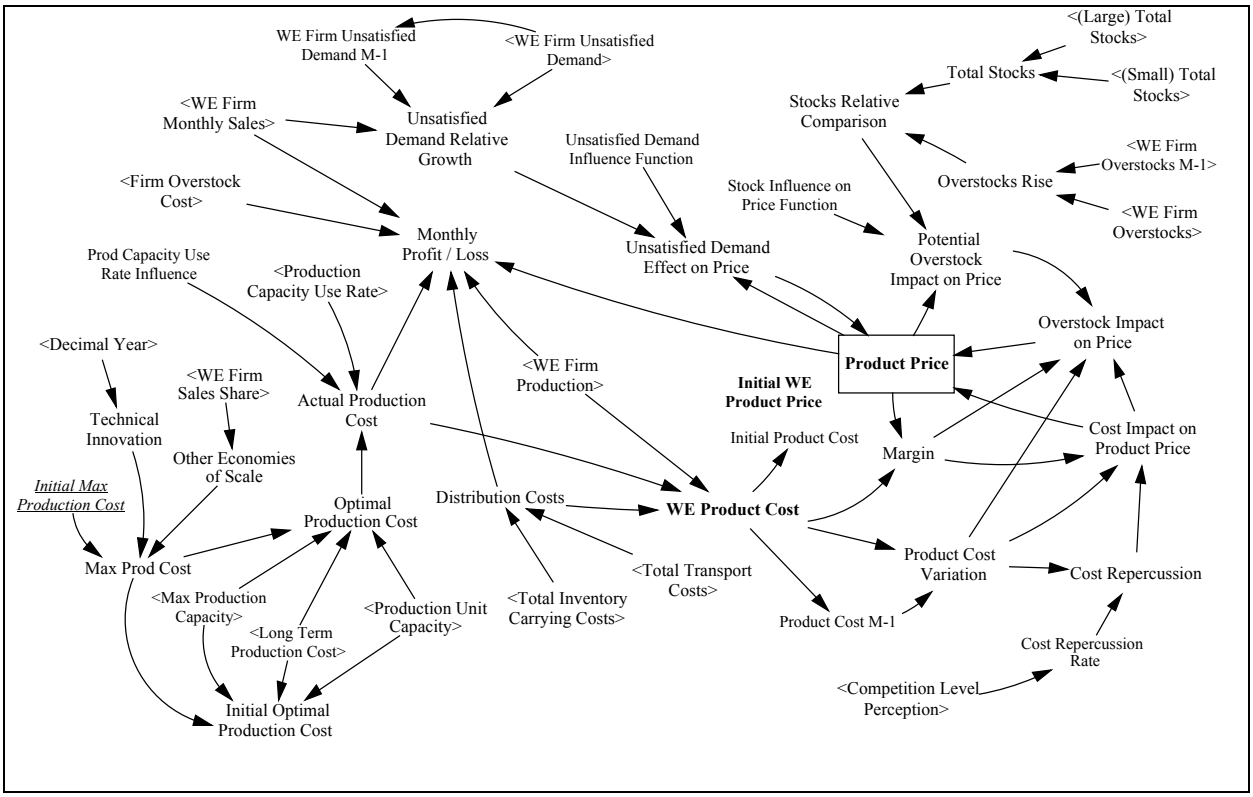
Partie 5 : Production de la firme d'Europe de l'Ouest étudiée



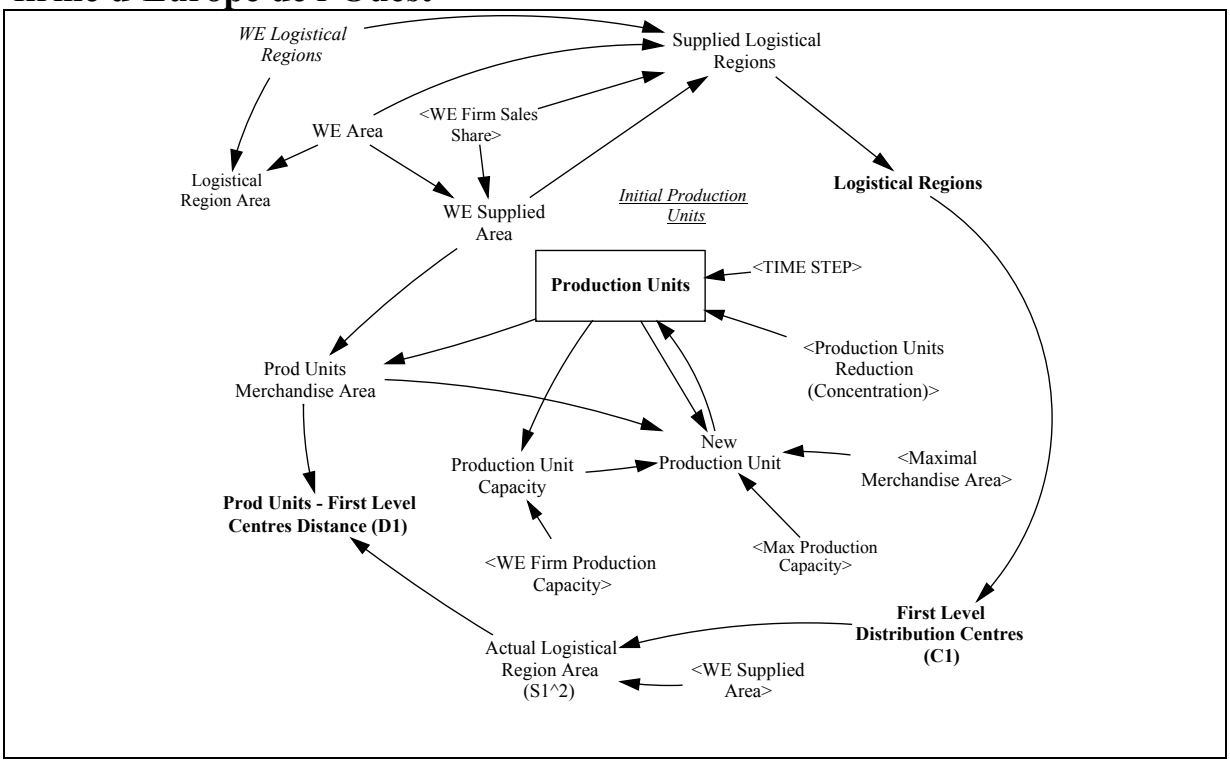
Partie 6 : Moyens de production de la firme d'Europe de l'Ouest



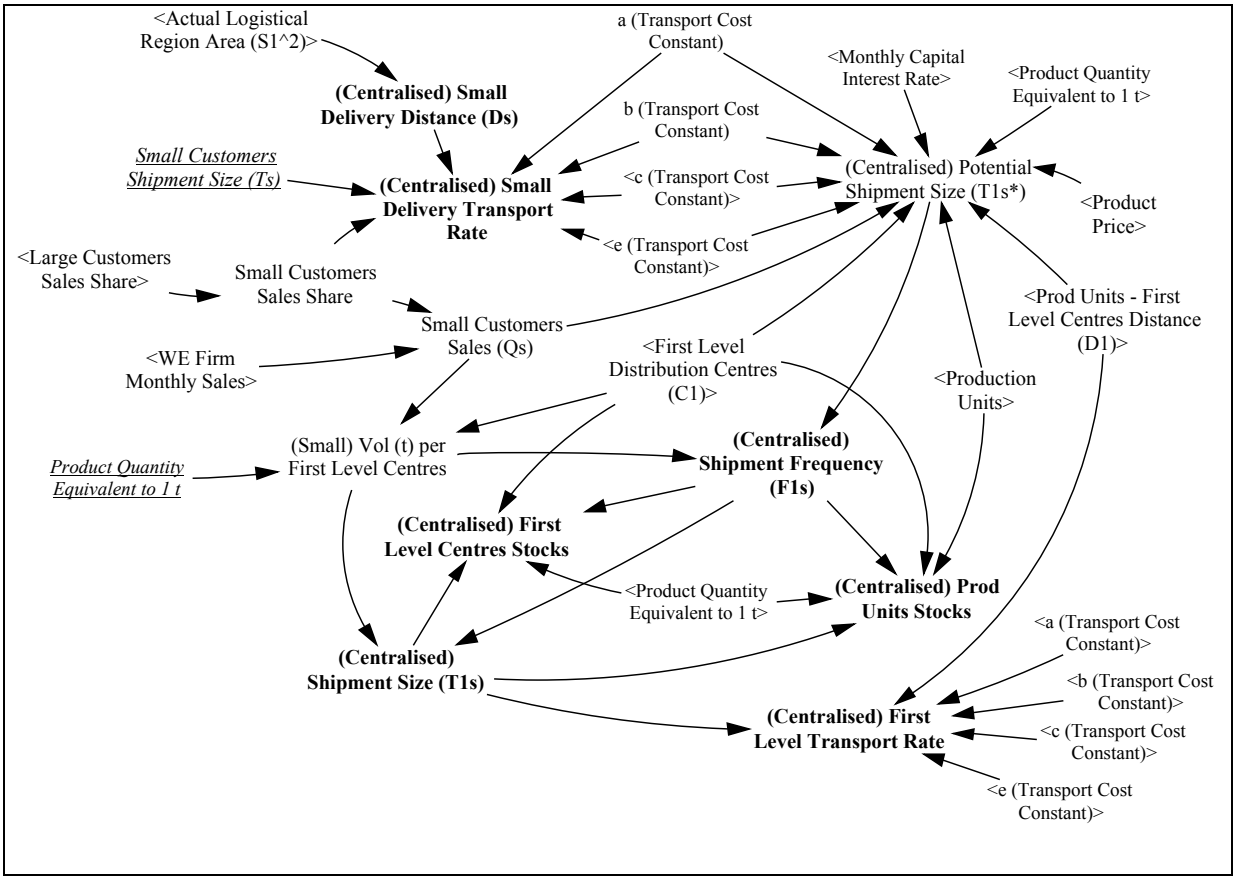
Partie 7 : Prix et coûts de la firme d'Europe de l'Ouest



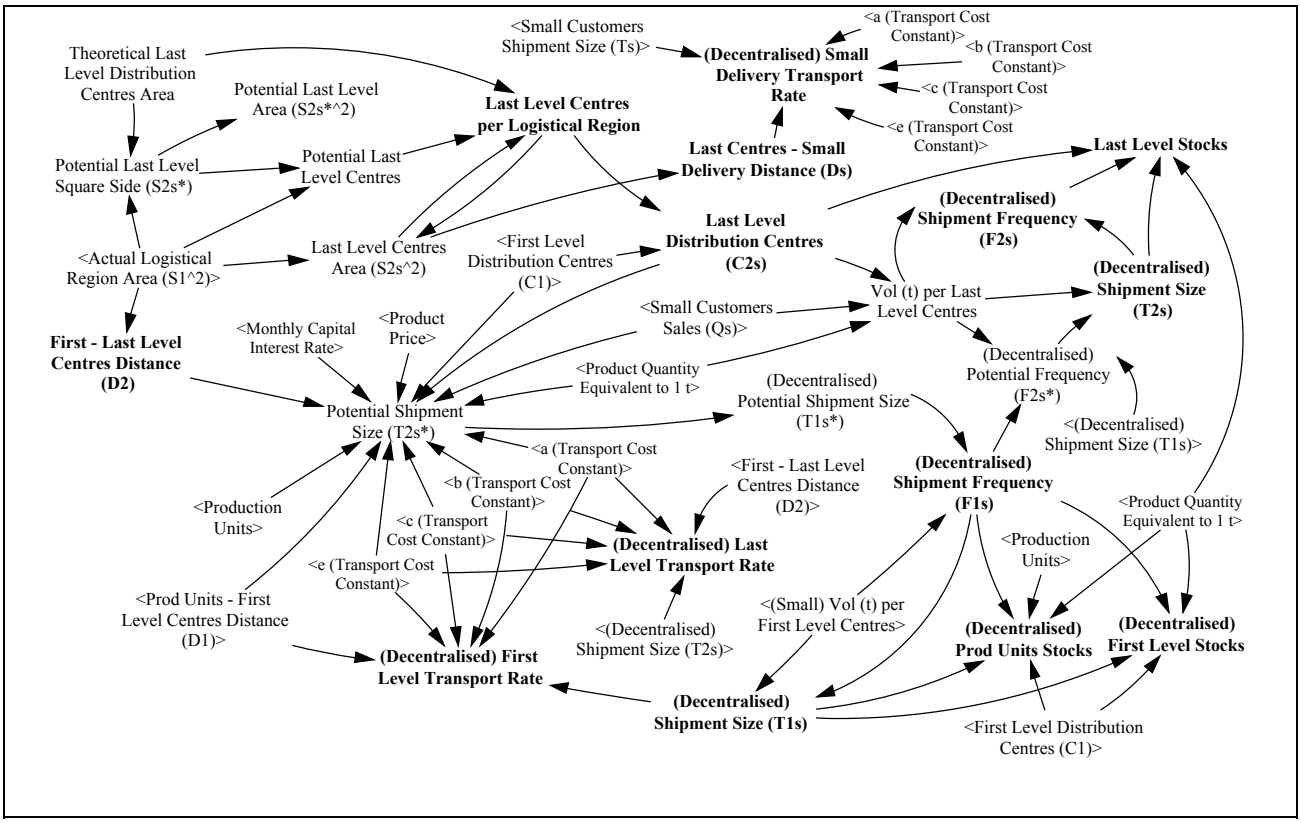
Partie 8 : Premier niveau de la structure de distribution de la firme d'Europe de l'Ouest



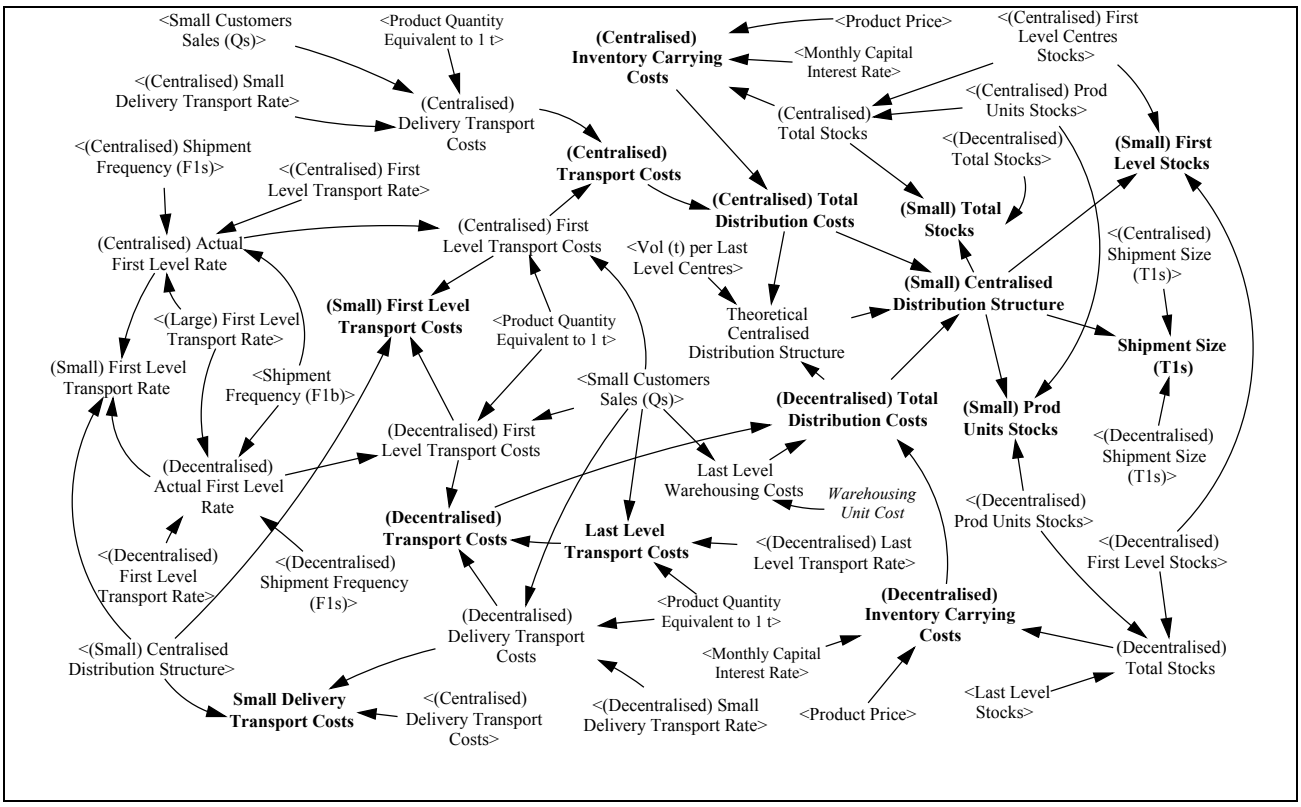
Partie 9 : Structure de distribution centralisée (petits clients)



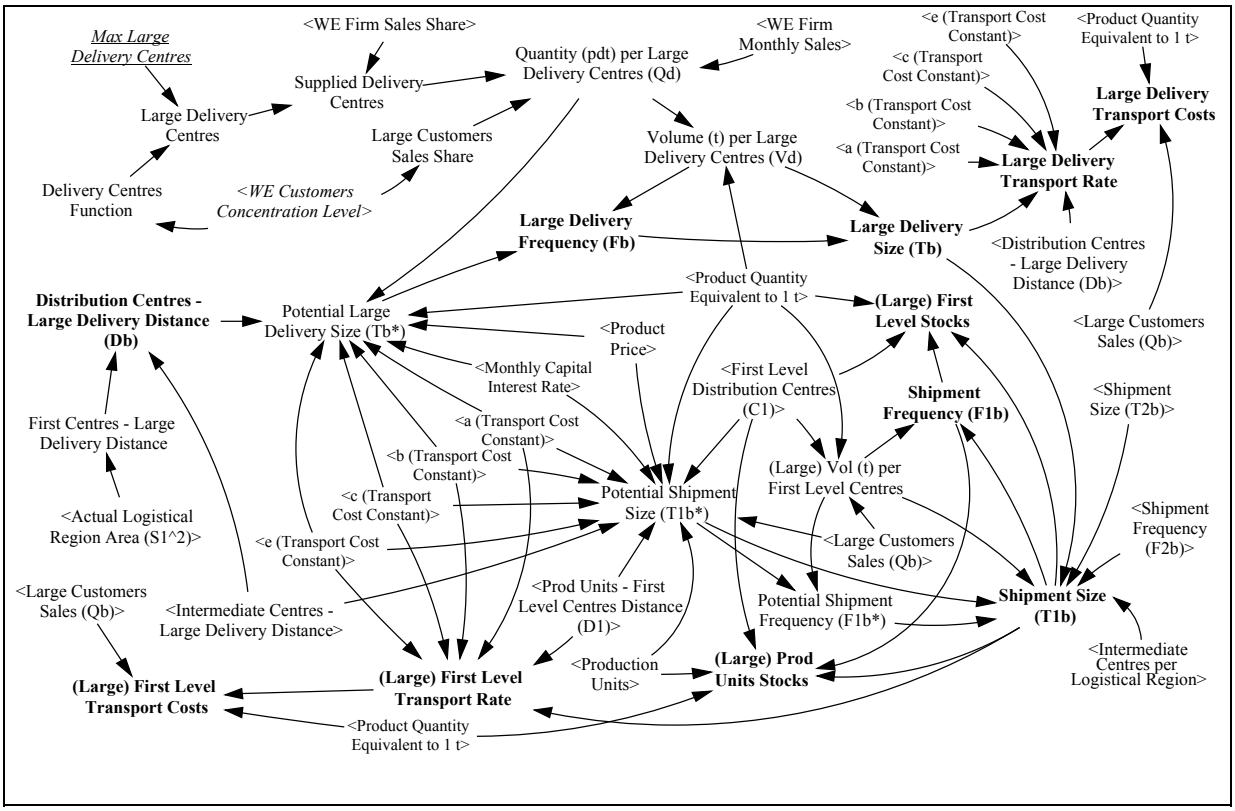
Partie 10 : Structure de distribution décentralisée (petits clients)



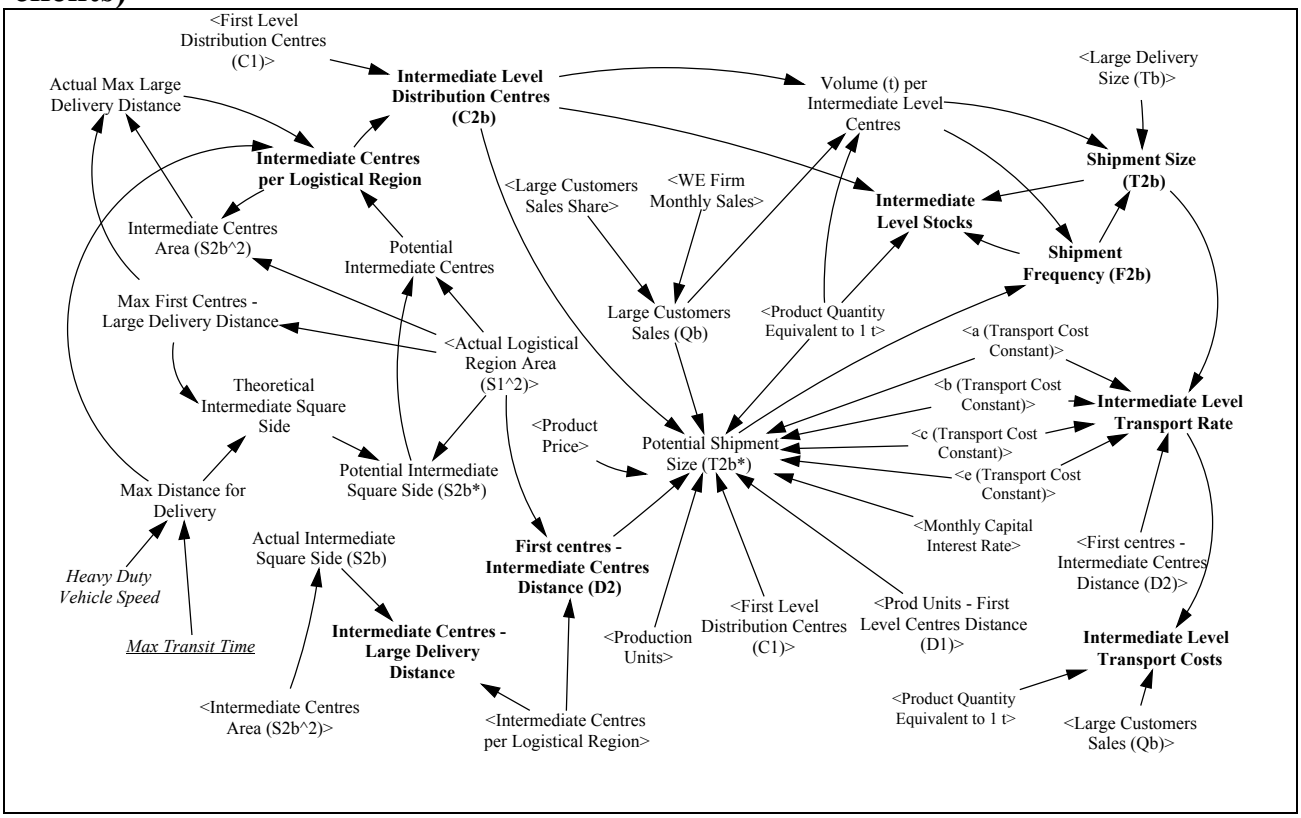
Partie 11 : Coûts du réseau de distribution destiné aux petits clients



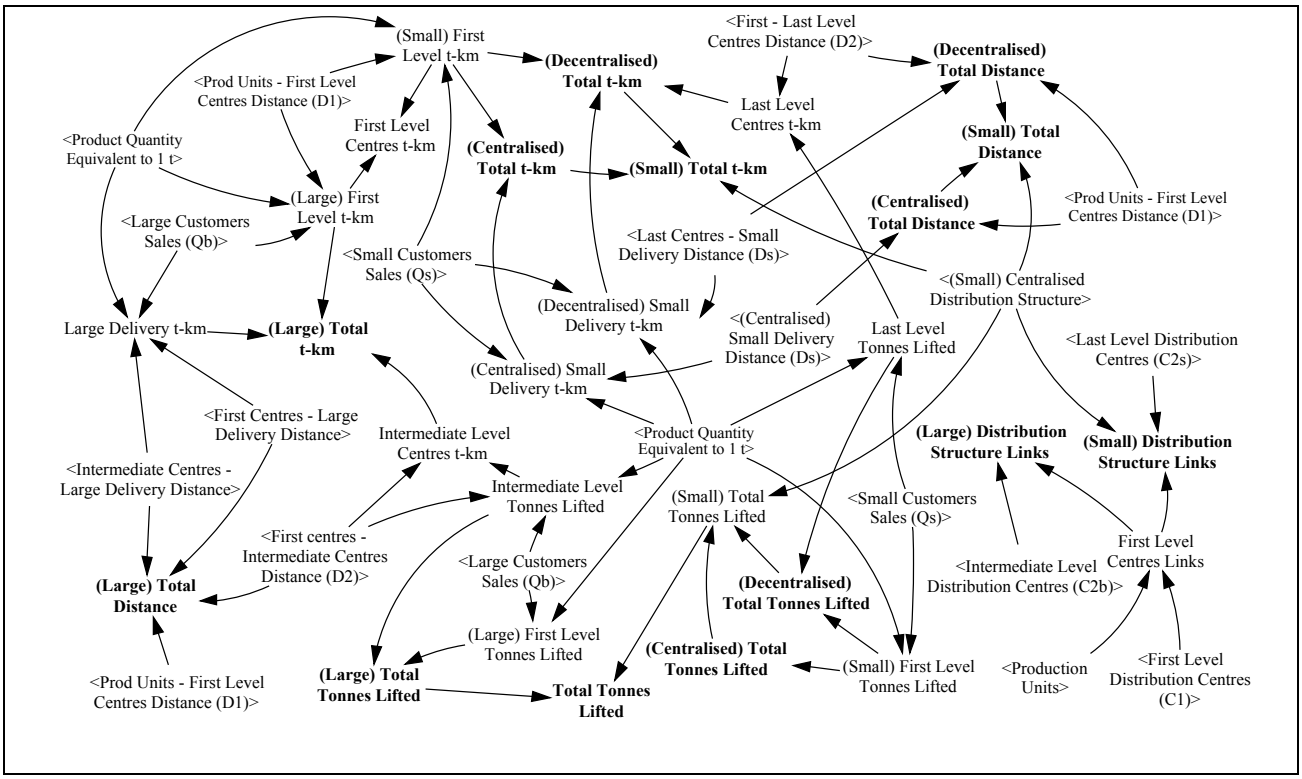
Partie 12 : Structure de distribution (grands clients)



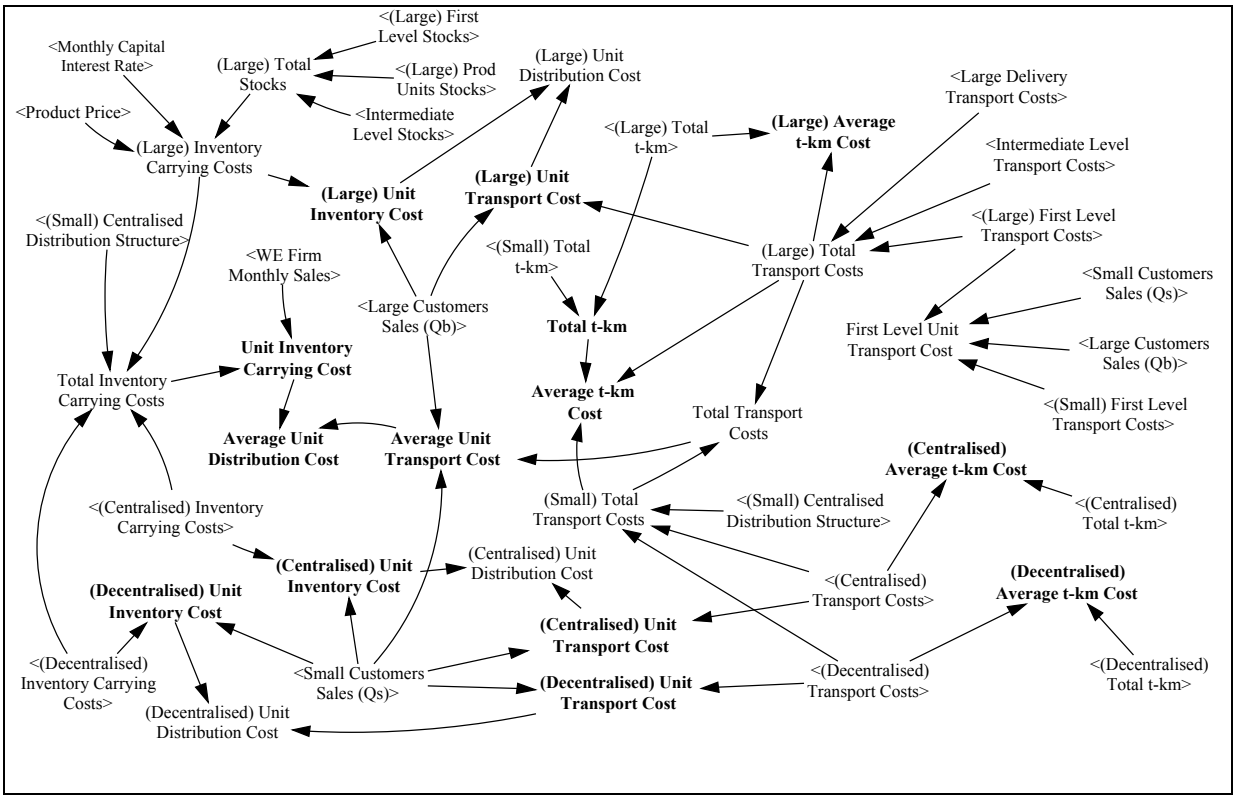
Partie 13 : Centres de distribution intermédiaires (destinés aux grands clients)



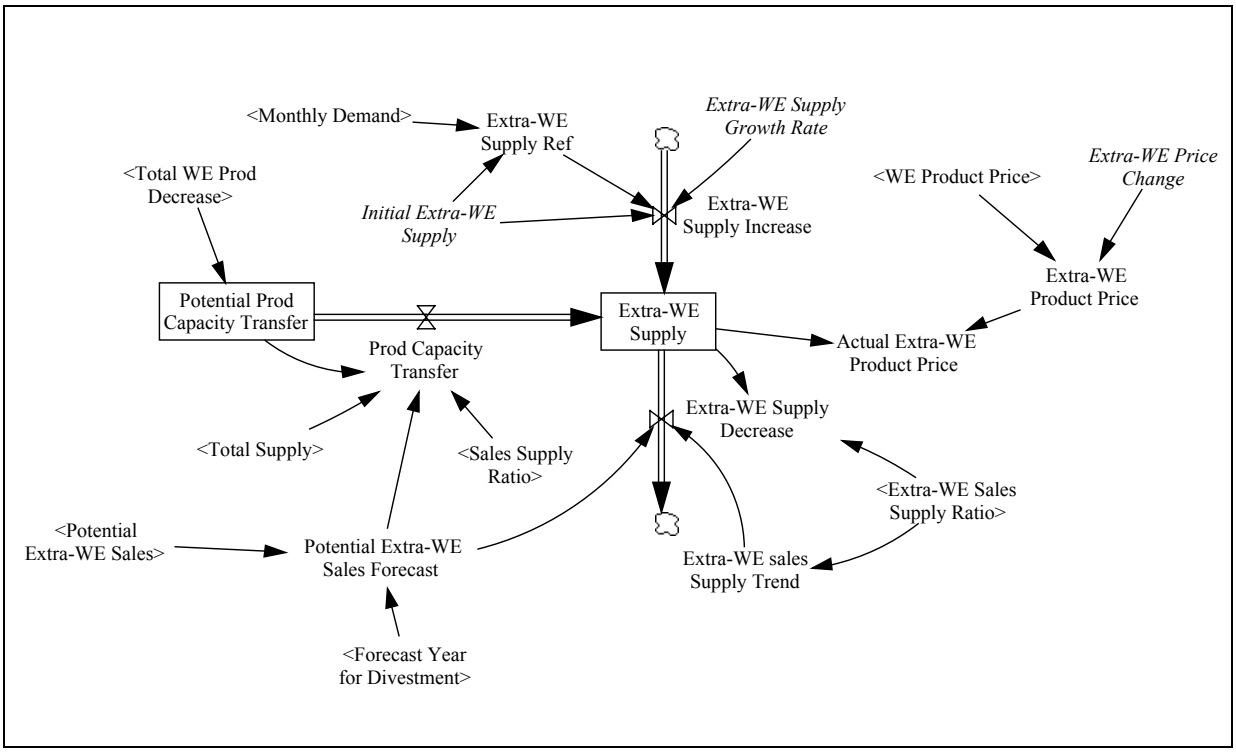
Partie 14 : Flux de transport de la firme d'Europe de l'Ouest



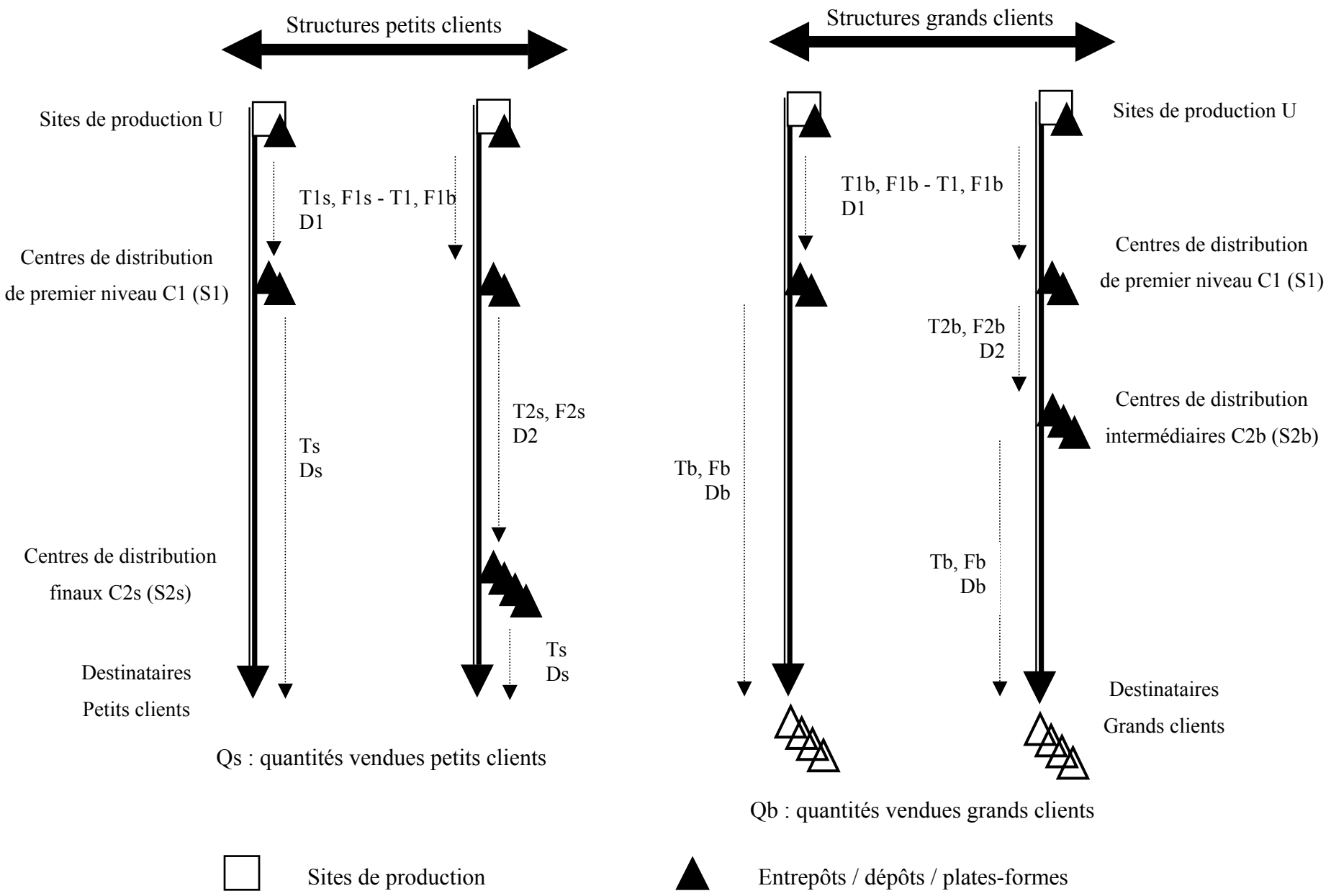
Partie 15 : Coûts de transport et de stockage de la firme d'Europe de l'Ouest



Partie 16 : Importations



Annexe 3 : Structures de distribution (notations)



Annexe 4 : Hypothèses de hausse des prix de transport

Hypothèses de hausse (taux de croissance annuel moyen)

	Scénario tendanciel		hausse totale sur la période	**scénario de base**		hausse totale sur la période	**scénario de développement durable**		hausse totale sur la période	**scénario interventionniste**		hausse totale sur la période
	-0,005			**0,002**			**0,015**			**0,020**		
Années	Constante **a**	Constante **b**		Constante **a**	Constante **b**		Constante **a**	Constante **b**		Constante **a**	Constante **b**	
2000	**0,063**	**10,985**		0,063	10,985		**0,063**	**10,985**		**0,063**	**10,985**	
2001	0,062	10,930	-0,005	0,063	11,006	0,002	0,064	11,149	0,015	0,064	11,204	0,020
2002	0,062	10,875	-0,010	***0,0630***	***11,0285***	0,004	0,065	11,317	0,030	0,065	11,428	0,040
2003	0,062	10,821	-0,015	0,063	11,051	0,006	0,066	11,486	0,046	0,067	11,657	0,061
2004	0,062	10,766	-0,020	0,063	11,073	0,008	0,067	11,659	0,061	0,068	11,890	0,082
2005	0,061	10,713	-0,025	0,063	11,095	0,010	0,068	11,833	0,077	0,069	12,128	0,104
2006	0,061	10,659	-0,030	0,064	11,117	0,012	0,069	12,011	0,093	0,071	12,370	0,126
2007	0,061	10,606	-0,034	0,064	11,139	0,014	0,070	12,191	0,110	0,072	12,618	0,149
2008	0,060	10,553	-0,039	0,064	11,162	0,016	0,071	12,374	0,126	0,074	12,870	0,172
2009	0,060	10,500	-0,044	0,064	11,184	0,018	0,072	12,560	0,143	0,075	13,128	0,195
2010	0,060	10,447	-0,049	0,064	11,206	0,020	0,073	12,748	0,161	0,076	13,390	0,219
2011	0,059	10,395	-0,054	0,064	11,229	0,022	0,074	12,939	0,178	0,078	13,658	0,243
2012	0,059	10,343	-0,058	0,064	11,251	0,024	0,075	13,133	0,196	0,080	13,931	0,268
2013	0,059	10,292	-0,063	0,064	11,274	0,026	0,076	13,330	0,214	0,081	14,210	0,294
2014	0,058	10,240	-0,068	0,065	11,296	0,028	0,077	13,530	0,232	0,083	14,494	0,319
2015	0,058	10,189	-0,072	0,065	11,319	0,030	0,078	13,733	0,250	0,084	14,784	0,346
2016	0,058	10,138	-0,077	0,065	11,341	0,032	0,080	13,939	0,269	0,086	15,079	0,373
2017	0,058	10,087	-0,082	0,065	11,364	0,035	0,081	14,148	0,288	0,088	15,381	0,400
2018	0,057	10,037	-0,086	0,065	11,387	0,037	0,082	14,361	0,307	0,090	15,689	0,428
2019	0,057	9,987	-0,091	0,065	11,410	0,039	0,083	14,576	0,327	0,091	16,002	0,457
2020	0,057	9,937	-0,095	0,065	11,432	0,041	0,085	14,795	0,347	0,093	16,322	0,486
2021	0,056	9,887	-0,100	0,065	11,455	0,043	0,086	15,016	0,367	0,095	16,649	0,516
2022	0,056	9,838	-0,104	0,066	11,478	0,045	0,087	15,242	0,388	0,097	16,982	0,546
2023	0,056	9,788	-0,109	0,066	11,501	0,047	0,088	15,470	0,408	0,099	17,321	0,577
2024	0,056	9,739	-0,113	0,066	11,524	0,049	0,090	15,702	0,430	0,101	17,668	0,608
2025	0,055	9,691	-0,118	0,066	11,547	0,051	0,091	15,938	0,451	0,103	18,021	0,641

(hypothèses d'après les scénarios élaborés pour les Schémas de services collectifs de transport par le Ministère de l'Equipement, et d'après les scénarios élaborés pour la DG Tren par TNO)

Annexe 5 : Part du coût de transport dans le coût de revient du produit A, en pourcentages

	Réseau petits client						Réseau grands clients					
	Hyp2b(A)Base	**Hyp2(A)Base**	**Hyp1b(A)Base**	**Hyp1(A)Base**	**(A)Base**	**(A)Reference**	**Hyp2b(A)Base**	**Hyp2(A)Base**	**Hyp1b(A)Base**	**Hyp1(A)Base**	**(A)Base**	**(A)Reference**
2000	7,46	7,46	7,46	7,46	7,46	7,46	2,63	2,63	2,63	2,63	2,63	2,63
2001	7,61	7,61	7,61	7,63	7,60	7,60	2,67	2,67	2,67	2,67	2,66	2,66
2002	7,82	7,82	7,82	7,83	7,70	7,67	2,69	2,69	2,69	2,71	2,66	2,66
2003	7,99	7,99	7,99	7,99	7,80	7,76	2,68	2,68	2,68	2,73	2,67	2,67
2004	8,04	8,04	8,04	8,04	7,86	7,82	2,67	2,67	2,67	2,72	2,67	2,67
2005	8,13	8,52	8,13	8,12	7,97	7,91	2,66	2,72	2,66	2,71	2,67	2,67
2006	8,22	8,61	8,22	8,16	8,00	7,94	2,65	2,71	2,65	2,72	2,65	2,68
2007	8,31	8,70	8,31	8,24	8,04	7,95	2,64	2,69	2,64	2,70	2,65	2,65
2008	8,40	8,82	8,40	8,28	8,06	7,97	2,62	2,71	2,62	2,72	2,66	2,66
2009	8,43	8,15	8,43	8,34	8,10	8,01	2,60	2,73	2,60	2,70	2,63	2,63
2010	8,52	8,27	8,52	8,42	8,15	8,03	2,62	2,75	2,62	2,71	2,63	2,63
2011	8,63	8,35	8,63	8,46	8,19	8,04	2,63	2,79	2,63	2,72	2,61	2,64
2012	9,09	8,74	8,72	8,53	8,20	8,08	2,74	2,94	2,65	2,71	2,61	2,61
2013	9,18	8,83	8,84	8,59	8,23	8,09	2,79	2,95	2,67	2,72	2,61	2,61
2014	9,30	8,94	8,92	8,63	8,28	8,10	2,81	2,97	2,72	2,73	2,62	2,62
2015	8,62	9,03	9,04	8,69	8,31	8,11	2,83	2,99	2,73	2,74	2,62	2,62
2016	8,70	9,14	9,12	8,76	8,32	8,14	2,84	3,03	2,75	2,72	2,62	2,62
2017	8,76	9,20	8,73	8,79	8,36	8,15	2,84	3,03	2,62	2,73	2,59	2,62
2018	8,79	9,23	8,80	8,86	8,39	8,16	2,87	3,03	2,62	2,74	2,59	2,63
2019	8,86	9,35	8,84	8,58	8,10	7,89	2,88	3,85	2,62	2,71	2,54	2,54
2020	8,89	9,41	8,87	8,58	8,14	7,90	2,88	3,88	2,62	2,71	2,54	2,54
2021	8,94	9,49	8,94	8,60	8,15	7,91	2,88	3,88	2,62	2,67	2,54	2,54
2022	9,00	9,55	8,98	8,60	8,19	7,91	2,88	3,92	2,62	2,67	2,55	2,54
2023	9,04	9,62	9,02	8,63	8,19	7,91	2,88	3,92	2,62	2,67	2,55	2,55
2024	9,11	9,69	9,09	8,63	8,23	7,92	2,88	3,95	2,63	2,67	2,55	2,55
2025	9,15	9,72	9,13	8,66	8,24	7,92	2,89	3,99	2,63	2,67	2,55	2,55

(Il s’agit du coût de transport du produit fini, de l’unité de production jusqu’au client.)

Annexe 6 : Part du coût de stockage dans le coût de revient du produit A, en pourcentages

	Réseau petits client						Réseau grands clients					
	Hyp2b(A)Base	**Hyp2(A)Base**	**Hyp1b(A)Base**	**Hyp1(A)Base**	**(A)Base**	**(A)Reference**	**Hyp2b(A)Base**	**Hyp2(A)Base**	**Hyp1b(A)Base**	**Hyp1(A)Base**	**(A)Base**	**(A)Reference**
2000	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,39	0,39	0,39	0,39	0,39	0,39
2001	0,95	0,95	0,95	0,95	0,94	0,94	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40
2002	0,97	0,97	0,97	0,94	0,93	0,93	0,41	0,41	0,41	0,41	0,41	0,41
2003	0,99	0,99	0,99	0,96	0,94	0,94	0,39	0,39	0,39	0,42	0,41	0,41
2004	1,00	1,00	1,00	0,94	0,92	0,92	0,39	0,39	0,39	0,39	0,39	0,39
2005	1,01	0,92	1,01	0,94	0,93	0,93	0,40	0,37	0,40	0,40	0,39	0,39
2006	1,02	0,92	1,02	0,92	0,90	0,90	0,37	0,34	0,37	0,40	0,39	0,39
2007	1,02	0,93	1,02	0,92	0,90	0,90	0,37	0,34	0,37	0,40	0,39	0,39
2008	1,03	0,94	1,03	0,93	0,91	0,91	0,37	0,31	0,37	0,40	0,39	0,39
2009	1,00	1,10	1,00	0,90	0,88	0,88	0,38	0,31	0,38	0,40	0,36	0,36
2010	1,01	1,10	1,01	0,90	0,88	0,88	0,35	0,30	0,35	0,37	0,36	0,36
2011	1,02	1,11	1,02	0,91	0,88	0,88	0,35	0,28	0,35	0,38	0,36	0,36
2012	0,99	1,05	1,02	0,91	0,88	0,88	0,29	0,23	0,32	0,38	0,36	0,36
2013	0,99	1,09	1,03	0,92	0,85	0,85	0,27	0,22	0,32	0,38	0,36	0,36
2014	1,00	1,10	1,07	0,89	0,85	0,85	0,26	0,21	0,31	0,38	0,37	0,37
2015	1,17	1,10	1,07	0,89	0,85	0,85	0,25	0,20	0,30	0,38	0,37	0,37
2016	1,18	1,11	1,08	0,90	0,85	0,85	0,24	0,19	0,28	0,38	0,37	0,37
2017	1,18	1,11	1,18	0,90	0,85	0,85	0,23	0,18	0,36	0,39	0,37	0,37
2018	1,18	1,11	1,18	0,90	0,85	0,86	0,22	0,17	0,33	0,39	0,37	0,37
2019	1,21	1,29	1,18	0,97	0,92	0,92	0,21	0,36	0,33	0,42	0,40	0,40
2020	1,21	1,29	1,18	0,97	0,89	0,92	0,20	0,32	0,32	0,42	0,40	0,40
2021	1,21	1,33	1,18	0,97	0,89	0,89	0,20	0,32	0,31	0,42	0,40	0,40
2022	1,21	1,33	1,21	0,97	0,89	0,89	0,19	0,32	0,30	0,42	0,40	0,40
2023	1,25	1,36	1,21	0,97	0,89	0,89	0,19	0,32	0,29	0,42	0,37	0,40
2024	1,25	1,36	1,21	0,93	0,89	0,89	0,18	0,31	0,28	0,42	0,37	0,37
2025	1,25	1,39	1,22	0,93	0,89	0,89	0,18	0,30	0,28	0,42	0,37	0,37

(Ce coût de stockage correspond au coût intrinsèque des stocks dans le réseau de distribution.)

Annexe 7 : Part du coût de transport dans le coût de revient du produit B, en pourcentages

	Réseau petits client						Réseau grands clients					
	Hyp2b(B)Base	**Hyp2(B)Base**	**Hyp1b(B)Base**	**Hyp1(B)Base**	**(B)Base**	**(B)Reference**	**Hyp2b(B)Base**	**Hyp2(B)Base**	**Hyp1b(B)Base**	**Hyp1(B)Base**	**(B)Base**	**(B)Reference**
2000	0,36	0,36	0,36	0,36	0,36	0,36	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22
2001	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22
2002	0,38	0,38	0,38	0,38	0,37	0,37	0,22	0,22	0,22	0,23	0,22	0,22
2003	0,39	0,39	0,39	0,39	0,38	0,38	0,22	0,22	0,22	0,23	0,22	0,22
2004	0,39	0,39	0,39	0,39	0,38	0,38	0,22	0,22	0,22	0,23	0,22	0,22
2005	0,39	0,41	0,39	0,40	0,39	0,38	0,21	0,21	0,21	0,23	0,22	0,22
2006	0,39	0,41	0,39	0,40	0,39	0,38	0,21	0,21	0,21	0,22	0,22	0,22
2007	0,39	0,42	0,39	0,40	0,39	0,38	0,21	0,21	0,21	0,22	0,21	0,21
2008	0,40	0,42	0,40	0,40	0,39	0,39	0,21	0,21	0,21	0,22	0,21	0,21
2009	0,40	0,42	0,40	0,41	0,39	0,39	0,21	0,20	0,21	0,22	0,21	0,21
2010	0,40	0,43	0,40	0,41	0,39	0,39	0,21	0,21	0,21	0,22	0,21	0,21
2011	0,41	0,43	0,41	0,42	0,39	0,39	0,20	0,20	0,20	0,22	0,21	0,21
2012	0,43	0,46	0,41	0,42	0,39	0,39	0,20	0,21	0,21	0,22	0,21	0,21
2013	0,43	0,46	0,41	0,42	0,40	0,39	0,20	0,21	0,20	0,22	0,20	0,20
2014	0,43	0,47	0,42	0,43	0,40	0,39	0,20	0,21	0,20	0,22	0,20	0,20
2015	0,44	0,47	0,42	0,43	0,40	0,39	0,20	0,21	0,20	0,22	0,20	0,21
2016	0,44	0,48	0,42	0,43	0,40	0,39	0,21	0,21	0,21	0,22	0,20	0,20
2017	0,44	0,48	0,41	0,43	0,40	0,39	0,20	0,21	0,21	0,22	0,20	0,20
2018	0,44	0,48	0,41	0,44	0,40	0,39	0,20	0,21	0,21	0,22	0,20	0,20
2019	0,44	0,58	0,41	0,42	0,39	0,38	0,20	0,21	0,21	0,23	0,21	0,21
2020	0,45	0,58	0,41	0,43	0,39	0,38	0,20	0,21	0,20	0,23	0,21	0,21
2021	0,45	0,59	0,41	0,43	0,39	0,38	0,20	0,21	0,20	0,23	0,21	0,21
2022	0,45	0,59	0,41	0,43	0,39	0,38	0,20	0,21	0,20	0,23	0,20	0,21
2023	0,45	0,60	0,41	0,43	0,39	0,38	0,20	0,21	0,20	0,23	0,20	0,20
2024	0,45	0,60	0,41	0,43	0,39	0,38	0,20	0,20	0,20	0,22	0,20	0,20
2025	0,45	0,61	0,41	0,43	0,40	0,38	0,20	0,20	0,20	0,22	0,20	0,20

(Il s’agit du coût de transport du produit fini, de l’unité de production jusqu’au client.)

Annexe 8 : Part du coût de stockage dans le coût de revient du produit B, en pourcentages

	Réseau petits client						Réseau grands clients					
	Hyp2b(B)Base	**Hyp2(B)Base**	**Hyp1b(B)Base**	**Hyp1(B)Base**	**(B)Base**	**(B)Reference**	**Hyp2b(B)Base**	**Hyp2(B)Base**	**Hyp1b(B)Base**	**Hyp1(B)Base**	**(B)Base**	**(B)Reference**
2000	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09
2001	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09
2002	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09
2003	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09
2004	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09
2005	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09
2006	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09
2007	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09
2008	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09
2009	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09
2010	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09
2011	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09
2012	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09
2013	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09
2014	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09
2015	0,10	0,10	0,10	0,09	0,09	0,09	0,10	0,10	0,10	0,09	0,09	0,09
2016	0,09	0,10	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,10	0,09	0,09	0,09	0,09
2017	0,09	0,10	0,10	0,10	0,09	0,09	0,09	0,10	0,09	0,10	0,09	0,09
2018	0,09	0,10	0,10	0,10	0,09	0,09	0,09	0,10	0,09	0,10	0,09	0,09
2019	0,10	0,12	0,10	0,10	0,09	0,09	0,10	0,44	0,09	0,10	0,09	0,09
2020	0,10	0,12	0,10	0,10	0,09	0,09	0,10	0,44	0,10	0,10	0,09	0,09
2021	0,10	0,13	0,10	0,10	0,09	0,09	0,10	0,44	0,10	0,10	0,09	0,09
2022	0,10	0,13	0,10	0,10	0,09	0,09	0,10	0,45	0,10	0,10	0,09	0,09
2023	0,10	0,13	0,10	0,10	0,09	0,09	0,10	0,45	0,10	0,10	0,09	0,09
2024	0,10	0,13	0,10	0,10	0,09	0,09	0,10	0,45	0,10	0,10	0,09	0,09
2025	0,10	0,14	0,10	0,10	0,09	0,09	0,10	0,45	0,10	0,10	0,09	0,09

(Ce coût de stockage correspond au coût intrinsèque des stocks dans le réseau de distribution.)