



HAL
open science

Contribution des systèmes multi-agent à l'analyse de la performance organisationnelle d'une cellule de crise communale

Dalanda Lachtar

► **To cite this version:**

Dalanda Lachtar. Contribution des systèmes multi-agent à l'analyse de la performance organisationnelle d'une cellule de crise communale. Sociologie. Ecole Nationale Supérieure des Mines de Paris, 2012. Français. NNT : 2012ENMP0079 . pastel-00819800

HAL Id: pastel-00819800

<https://pastel.hal.science/pastel-00819800>

Submitted on 2 May 2013

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.

École doctorale n° 432 : Sciences et Métiers de l'Ingénieur

Doctorat ParisTech

THÈSE

pour obtenir le grade de docteur délivré par

l'École nationale supérieure des mines de Paris
Spécialité " Sciences et Génie des Activités à Risques "

présentée et soutenue publiquement par

Dalanda LACHTAR

le 10 décembre 2012

**Contribution des systèmes multi-agent à l'analyse de la performance
organisationnelle d'une cellule de crise communale**

Directeur de thèse : **Emmanuel GARBOLINO**

Jury

M. Roberto SACILE, Professeur, DIST, Université de Gênes (Italie),
M. Gilles DUSSERRE, Docteur HDR, LGEI, EMA,
M. Jean-Marie FLAUS, Professeur, G-SCOP, INP Grenoble,
M. Hugues LEPOIVRE, Docteur, Centre de gestion de crise,
M. Emmanuel GARBOLINO, Docteur HDR, CRC, Mines ParisTech,

Rapporteur
Rapporteur
Examineur
Examineur
Directeur de Thèse

T
H
È
S
E

Remerciements

Je souhaite, tout d'abord, exprimer toute ma profonde reconnaissance aux membres du jury :

- M. Jean-Marie FLAUS, pour m'avoir fait l'honneur de présider ce jury ;
- Messieurs les rapporteurs, M. Roberto SACILE et M. Gilles DUSSERRE pour avoir évalué ce travail de thèse ;
- Et M. Hugues LEPOIVRE pour sa participation à ce jury.

Je suis reconnaissante envers Emmanuel GARBOLINO, mon directeur de thèse, pour m'avoir fait confiance en acceptant de diriger cette thèse. Merci d'avoir été pendant 3 ans à l'écoute, disponible et tu as su m'apporter les conseils pour la réalisation de cette thèse.

Je tiens à exprimer ma reconnaissance à la Région PACA (Provence Alpes Côte d'Azur) pour avoir financé en grande partie ces travaux.

Sans les observations terrains ce travail de recherche n'aura pas pu aboutir. Je tiens à remercier la Ville qui a participé à cette étude pour avoir contribué au financement de cette thèse, au suivi des développements et tout particulièrement M. Hugues LEPOIVRE et Pierrick GIRARDET, dont l'expérience m'a permis de faire évoluer ma réflexion.

Je tiens également à remercier les personnes qui ont accepté de me recevoir afin de recueillir leurs expériences : le Lieutenant de Vaisseau Laurent COSTA, M. Eric POURTAIN du CYPRES et M. Christophe SIBERTIN-BLANC chercheur à l'IRIT.

J'adresse également mes remerciements à M. Franck GUARNIERI pour m'avoir accueilli au sein du Centre de recherche sur les Risques et les Crises (CRC). Je tiens à remercier chaleureusement l'ensemble du personnel du CRC, les cadres, les étudiants et le personnel du secrétariat du CRC. Je tiens à remercier Valérie SANSEVERINO-GODFRIN pour m'avoir fait profiter de son expérience et de ses connaissances juridiques.

J'adresse aussi mes remerciements à mes anciens professeurs de la MIAGE et à présent amies Nathalie SAUVAGE et Florence NICOLAU pour leur encouragement.

Un grand merci à Melchior, Adrien, Arnaud, les Preventeo et les Marinelandéens pour tous les bons moments passés au CRC. Je remercie ma collègue de bureau Jaleh qui m'a vu dans tous mes états et avec qui j'ai partagé tous les moments de vie de thésarde.

Une grande pensée à mes copines et pipelettes du CRC Sandrine et Amal pour les longues discussions de filles (bébé, mariage, fringues...). De bons et essentiels moments de détente.

Sans ma famille je ne serais jamais arrivée jusqu'au bout de ce travail, je tiens donc à les remercier, surtout mes parents Sadok et Bachia, mes sœurs Aziza et Nadia, mon frère Karim et ma belle famille. Merci pour tout votre amour et votre confiance.

Enfin, un immense merci à mon cher et tendre époux Moncef pour avoir toujours été à mes côtés pendant ces années, pour son soutien dans les périodes difficiles et pour son aide quand je me tirais les cheveux pour un (ou plutôt des) bug(s) informatique(s).

Table des matières

Remerciements	4
---De l'idée de la thèse---	14
Quelques retours d'expérience de prise de décision en situation de crise	16
L'Ouragan Katrina.....	16
L'accident d'AZF	16
Constats de ces retours d'expériences	17
Problématique	18
Démarche de recherche	19
Structure du manuscrit	21
PREMIERE PARTIE Présentation de la problématique.....	24
Chapitre 1: Introduction à la gestion de crise communale	26
1.1.Risques, Crises et gestion de crise	28
1.1.1. Les risques majeurs.....	28
1.1.2. Situation d'urgence et Crise	30
1.1.2.1. La Situation d'urgence	30
1.1.2.2. La notion de crise	30
1.1.3. La gestion des crises et des situations d'urgences	35
1.2. Les organisations face à la gestion de Crise.....	37
1.2.1. Les différents modes d'organisations en gestions de crise.....	37
1.2.1.1. Exemple de mode d'organisation en gestion de crise au niveau international	38
1.2.1.1.1. La Belgique.....	38
1.2.1.1.2. Le Canada.....	42
1.2.1.1.3. Les Etats-Unis	44

1.2.1.1.4. Conclusion.....	46
1.2.1.2. Niveau européen.....	47
1.2.1.3. Niveau National Français	48
1.2.1.4. Niveau zonal	50
1.2.1.5. Niveau départemental	51
1.2.1.6. Niveau communal	51
1.2.2. Le rôle d'une cellule de crise communale	51
1.2.3. L'organisation communale en gestion de crise.....	53
1.2.3.1. Les acteurs internes à la commune	53
1.2.3.2. Les acteurs externes à la commune.....	54
1.2.4. Les moyens opérationnels et les dispositifs mis en place.....	56
1.2.5. Conclusion.....	58
1.3. Les aides à la gestion de crise.....	59
1.3.1. Le système ICrisis.....	59
1.3.2. Simulation Multi-Agents de situation de secours	59
1.3.3. Plateforme décisionnelle Cindy	60
1.3.4. OGERIC.....	60
1.3.5. Environnement semi virtuel de formation à la gestion stratégique de crise.	60
1.3.6. Conclusion.....	61
1.4. Synthèse	61
Chapitre 2: La Performance organisationnelle : Méthodes et outils de mesure	64
2.1. Les organisations.....	66
2.2. La performance	68
2.3. Méthode et outil pour mesurer la performance.....	71
2.3.1. Les indicateurs de performance	71
2.3.2. Le Tableau de bord	75
2.3.2.1. Outils d'évaluation de l'organisation des communes	75
2.3.2.2. Caractéristiques d'un tableau de bord	78
2.3.3. Exemples de tableaux de bord	80
2.3.3.1. Tableau de bord sécurité	81
2.3.3.2. Tableau de bord dans les Services Publics	81
2.3.3.3. Le tableau de bord social	83

2.3.3.4. Etape clés pour la réalisation d'un tableau de bord	84
2.4. La performance : quelle mesure pour la gestion de crise?	86
2.5. Synthèse	90
PARTIE 2 Apports conceptuels et Développement méthodologique	94
Chapitre 3: La modélisation et la simulation comme supports méthodologiques à l'étude des organisations	96
3.1. Le système complexe.....	98
3.2. La pensée systémique.....	101
3.2.1. Le premier niveau : le système	101
3.2.2. Le deuxième niveau : Le modèle.....	103
3.3. L'approche systémique	104
3.3.1. Les différents modèles qualitatifs.....	107
3.3.1.1. La Dynamique des systèmes selon Forrester	108
3.3.1.2. SADT.....	110
3.3.1.3. FIS.....	111
3.3.1.4. La formalisation UML	112
3.3.2. Choix d'une méthode de modélisation	115
3.3.3. Conclusion.....	116
3.4. Méthodes d'étude des Systèmes Complexes	116
3.4.1. Les Systèmes d'aide à la décision	117
3.4.1.1. Les systèmes d'informations.....	117
3.4.1.2. Système d'aide à la décision	118
3.4.1.1.1. Les niveaux de décision.....	118
3.4.1.1.2. Définition du SAD	119
3.4.2. L'intelligence artificielle : Les Systèmes Multi-Agents	122
3.4.2.1. Les agents	124
3.4.2.2. Les interactions	126
3.4.2.3. La plateforme Jade	126
3.5.Synthèse	131
Chapitre 4: Fonctionnement d'un système d'aide à la décision pour évaluer la performance organisationnelle d'une cellule de crise.....	134
4.1. Proposition d'un cadre méthodologique	136

4.2. Le contexte	139
4.2.1. L'organisation de la gestion de crise de la ville d'étude	139
4.2.2. La cellule de crise.....	140
4.2.3. Les acteurs externes de la commune d'étude	145
4.3. Modélisation de l'environnement global	147
4.4. Analyse de l'environnement global	152
4.5. Modélisation d'un exercice d'Etat Major	153
4.6. Définition d'une typologie de crise et de l'organisation de réponse.....	158
4.7. Identification des indicateurs de performance.....	161
4.8. Synthèse	165
Troisième PARTIE Mise en œuvre opérationnelle	168
Chapitre 5: Simulation dynamique et analyse du comportement de la cellule de crise communale	
170	
5.1. Architecture du Simulateur	172
5.2. Représentation dynamique de la situation	173
5.2.1. Choix du langage	173
5.2.2. Architecture et fonctionnement du système.....	174
5.2.2.1. Les agents	174
5.2.2.2. Les comportements des agents.....	176
5.2.2.3. La coopération et la collaboration des agents	180
5.2.3. Méthode d'influence des indicateurs	182
5.2.4. Méthode d'évaluation des remplaçants	187
5.2.5. Méthode d'évaluation de la qualité de l'information	188
5.3. Interfaces graphiques	189
5.4. Outils graphiques pour la visualisation de l'organisation des agents factuels.....	193
5.5. Transfert d'informations	195
5.6. Synthèse	197
Chapitre 6: Application et discussion de la méthode et de l'outil proposés.....	200
6.1. Présentation de l'étude de cas	202
6.2. Présentation du scénario, simulation et analyse des résultats.....	204
6.2.1. Présentation de la simulation du scénario de crise.....	204

6.2.2. Caractérisation des acteurs	206
6.2.3. Analyse des résultats du scénario de crise	208
6.3. Evaluation du prototype avec les utilisateurs	217
6.4. Limites et apports de la méthode de mesure de la performance organisationnelle d'une cellule de crise Communale	220
6.5. Perspectives de développement de la méthode d'analyse de la performance organisationnelle d'une cellule de crise communale	222
CONCLUSION GENERALE	226
Références bibliographique	232
Annexe	250
Liste des figures	260
Liste des Tableaux	264
Glossaire	266

---De l'idée de la thèse---

Le 11 mars 2011 à 14h46, le Japon a été frappé par un séisme de magnitude 9 sur l'échelle de Richter à 130 kilomètres au large des côtes de Sendai dans le nord du pays. D'après la police Japonaise le bilan s'est élevé à 15689 morts, 4744 disparus et près de 550 000 personnes ont du être évacuées.

En juin 2010 et en Novembre 2011 le sud de la France a connu des fortes inondations. Le var a été touché par de forte pluie qui ont atteint à certain endroit 456mm de cumuls en juin 2010. L'épisode de 2010 a fait 26 morts et plus de 2500 personnes ont été sauvées.

Quelques retours d'expérience de prise de décision en situation de crise

L'Ouragan Katrina

Le 29 août 2005, l'ouragan Katrina frappe les Etats Américains du Golf du Mexique (sur une superficie égale à la moitié de la France). Katrina a été une catastrophe combinant vent, inondation durable, accidents industriels, pollutions généralisées. Les services vitaux (hôpitaux, électricité...) ont été partiellement détruits. Les dégâts étaient considérables, plus de 1300 personnes ont été tuées et 300 000 maisons détruites¹. Cet ouragan a provoqué une polémique sur les choix de l'administration Bush, en l'accusant d'avoir privilégié la lutte antiterroriste à la sécurité du pays (Huret 2007, Knabb *et al.* 2005). En effet, l'échec de la gestion de crise n'a pas été causé par une défaillance d'alerte puisque la diffusion des annonces météorologiques et la mise en garde ont été parfaitement respectées. La réaction confuse des pouvoirs publics souligne leur impréparation à une telle catastrophe. Cela s'est montré par une intervention au dernier moment des pouvoirs publics pour gérer la crise et par l'impuissance de l'administration fédérale pour remédier à la confusion qui règne au sein des pouvoirs publics locaux. La première leçon de Katrina est qu'un système non préparé, qui n'a pas les qualités requises pour les situations conventionnelles, n'aura aucune chance en cas de désastre non conventionnel. Ce sera instantanément la désarticulation de l'ensemble (Lagadec, 2007).

L'accident d'AZF

Le 21 septembre 2001, la France a connu une des plus importantes catastrophes sur son territoire depuis la seconde guerre mondiale. Trois cents tonnes d'ammonitrate ont explosé sur un site d'engrais, AZF (Azote Fertilisants). Le site industriel est détruit (cratère de 50 mètres de diamètres) et les dégâts dans les environs sont importants (30 morts, 2442 blessés et 1300 entreprises sinistrées)². Le plan Rouge et le Plan Particulier d'Intervention (PPI) sont rapidement déclenchés par le Préfet. Ces plans ont servi à l'organisation et à la mise en place des secours. Le directeur des opérations de secours (DOS), ici le Préfet, avait pour mission de limiter les conséquences et porter secours aux victimes. Pour cela, il a réquisitionné de nombreuses personnes pour activer la cellule d'urgence. Mais ces dernières, du fait de leurs

¹ Homeland Security <http://www.globalsecurity.org/security/ops/hurricane-katrina.htm>

² BARPI - N° 2132921/09/2001FRANCE - 31 - TOULOUSE

implications émotionnelles dans l'accident (voisins, enfants ou amis blessés), sont partagées entre l'obligation de rester mobilisées ou de partir. Selon le rapport du ministère de la santé, cette attitude a été traduite par une « *confusion totale en termes de communication, d'information et de prise en charge des victimes suite à l'explosion de l'usine AZF de Toulouse le 21 septembre 2001* ». (Romano *et al.*, 2008)

Constats de ces retours d'expériences

Ces deux retours d'expériences montrent que la gestion de crise n'est pas seulement liée à l'origine de la crise et à la compétence des personnes impliquées. Pour une bonne gestion de crise, en plus des procédures existantes, la perception, la communication et la coopération doivent être pris en compte. Ce constat tend ainsi à montrer que des perturbations interviennent dans les interactions entre les parties prenantes du système de gestion d'une situation d'urgence, et qu'elles fragilisent dès lors l'établissement ou l'application de la réponse apportée.

Il est à noter que la complexité des crises découle, en partie, de l'implication d'un nombre important d'acteurs lors de la phase aiguë de l'évènement. Ces derniers étant sous pression, des comportements particuliers peuvent émerger : attitudes irrationnelles, conflits de pouvoirs, peurs et tensions (Kravitz, 1986 ; Parkin, 1996 ; Dautun, 2007 ; Tena-Chollet, 2012)

Ces événements ont été qualifiés comme étant des crises. Ce mot dérive du grec « *krisis* » qui signifie décision³. Il était utilisé au départ dans le domaine de la médecine puis s'est étendu dans le domaine de la psychologie, de la politique et de l'économie. Selon Edgar Morin, la notion de crise s'est répandue dans tous les domaines (Morin, 1976) mais reste, dans tous ces domaines, la manifestation brusque et intense de certains phénomènes, marquant une rupture. Ces crises ont conduit l'Etat à faire évoluer le dispositif législatif et organisationnel relatif à la gestion des risques. Pour l'organisation et la gestion de crise l'Etat a mis en place, en 2004, une loi de modernisation de la sécurité civile⁴. Cette loi impose à une commune de mettre en œuvre une organisation pour sauvegarder la population et protéger l'environnement en cas de survenance d'événements graves.

La gestion de crise est donc devenue une activité indispensable à toute organisation publique. Elle repose le plus souvent sur un dispositif particulier appelé « cellule de crise » qui a pour

³ http://www.resilience-organisationnelle.com/43222/17863.html?*session*id*key*=*session*id*val*

⁴ LOI n° 2004-811 du 13 août 2004 de modernisation de la sécurité civile, <http://www.legifrance.gouv.fr/>

objectif de mettre en œuvre des mesures d'anticipation, de vigilance et d'intervention pour répondre aux objectifs fixés. Elle introduit la notion de phase dans le déroulement de la crise. Le processus de gestion de crise comprend plusieurs phases : l'amont, pendant et l'après crise. La phase amont de la crise se consacre à minimiser les conséquences de la crise en analysant et en évaluant le risque. Cette phase est très importante car elle permet d'anticiper et de se préparer pour mieux réagir en cas de survenue de la crise. La phase opérationnelle met en place les moyens et les procédures établies dans la phase amont. Enfin, l'après crise permet de faire un bilan sur ce qui s'est passé.

Toutes ces phases font intervenir des acteurs multiples tels que l'Etat, les Communes, les services publics, les secours, ... Les relations entre les différents acteurs dans la gestion de crise sont complexes et ces interactions, qui jouent un rôle essentiel lors d'une crise, peuvent être à l'origine d'importantes erreurs de décision.

Problématique

Les interviews menées sur le terrain d'étude et l'état de l'art ont permis de définir la problématique de ce projet et les besoins de la ville d'étude.

Il ressort de cette première phase que lors d'une situation de crise, les acteurs sont contraints à prendre des décisions selon les informations recueillies et les connaissances personnelles. Les acteurs peuvent être dépassés par la crise du fait de la rareté ou de la soudaineté de l'événement, comme ce fut le cas pour l'ouragan Katrina.

La connaissance de chaque acteur devrait permettre à chacun d'eux de s'adapter à n'importe quelle situation. Cette connaissance est acquise par la participation de l'acteur à des crises et par des exercices de simulation de crise.

L'autre point nécessaire à une gestion de crise optimale concerne la qualité et l'échange d'information. Durant la situation de crise, l'échange d'information est important mais celui-ci peut être perturbé. Cette perturbation peut être liée à une incompréhension entre deux acteurs, aux manques de moyens, aux stress de certaines personnes, notamment si c'est leur première expérience en gestion de crise. En effet, l'apparition d'un choc émotionnel au sein des acteurs de la gestion de crise, du fait que ces derniers peuvent avoir des proches faisant partie des victimes avérées ou potentielles, pourra rendre délicate la prise de décision.

Ces points font ressortir les questions suivantes : les acteurs sont-ils bien préparés à la gestion de crise ? Quel rôle joue la communication dans la prise de décision ?

Par ailleurs, les plans ne garantissent pas forcément une performance optimale des cellules de crise et, selon l'évènement, ces dernières peuvent devenir particulièrement vulnérables, les rendant ainsi incapables, au moins en partie, d'accomplir leurs missions de protection et de sauvegarde.

Ces faits soulignent l'importance de la mise en œuvre d'une approche globale pour la prise de décision, en particulier fondée sur les indicateurs, pour garantir une gestion efficace des situations d'urgence en termes d'espace et de temps.

Démarche de recherche

Eviter la crise n'est pas une chose réalisable mais des moyens de prévention et d'anticipation permettront d'éviter ou d'atténuer les conséquences induites. L'objectif de cette étude est de proposer une méthodologie, principalement fondée sur la pensée systémique et les systèmes d'aide à la décision, pour étudier la vulnérabilité de la cellule de crise et en évaluer la performance lors de la gestion de crises à l'échelle communale. Les systèmes d'aide à la décision sont destinés à faciliter les prises de décision. Ces systèmes sont de plus en plus demandés par les entreprises et les collectivités territoriales.

Cette recherche est subventionnée par la Région PACA et par la ville d'étude. Elle met en partenariat le Centre de Recherche sur les Risques et les Crises de Mines ParisTech et la direction de sécurité de la Ville d'étude. Le besoin de notre partenaire est de disposer d'un outil qui soit interactif et qui aide les décideurs à dégager des informations utiles à partir de bases de données afin d'identifier et de résoudre des incidents et de prendre les décisions nécessaires.

L'approche proposée, fondée sur la pensée systémique, a pour objectif d'étudier et de simuler les opérations de gestion des crises en considérant les interactions complexes entre les acteurs. Elle repose sur un modèle qui décrit les fonctions et les ressources du plan communal de sauvegarde. Il représente un support particulièrement adaptée pour comprendre le

comportement d'un système. Ce modèle est également appliqué pour apporter un cadre de réflexion formel en vue d'analyser les défaillances potentielles de la cellule de crise.

La méthodologie utilisée comprend quatre étapes (Figure 1) :

- L'observation : permet d'identifier le système, son environnement mais aussi les différents flux qui traversent le système ;
- L'exploration systémique consiste à faire une carte représentative du système, en ajoutant les interactions entre les principaux composants, les flux et les actions de pilotage pour le réguler ;
- L'identification des indicateurs de performances de la cellule de crise communale ;
- Modélisation Dynamique et Simulation : produit les évolutions possibles du système et ce à travers les simulations et met en évidence les comportements imprévus ;
- L'analyse des résultats et les recommandations : un mode d'organisation est proposé lors de la modélisation dynamique et les outils d'évaluation de l'organisation sont appliqués.

Cette méthodologie propose un support et un guide pour la prise de décision organisationnelle lors d'une situation d'urgence.

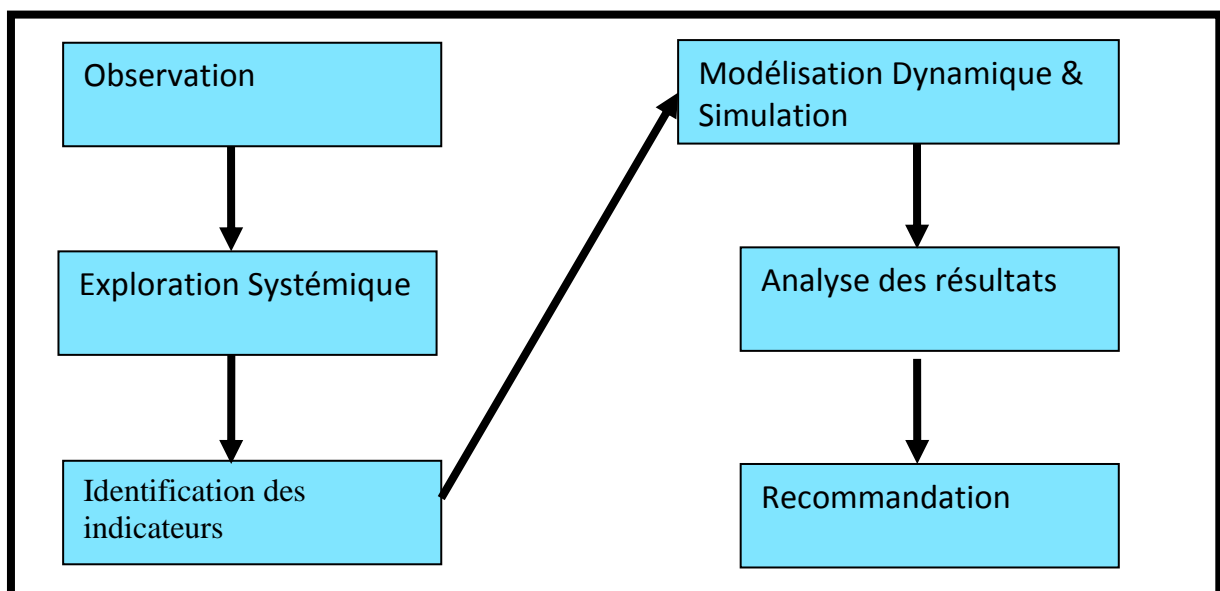


Figure 1 : Méthodologie pour l'étude de la performance de la cellule de crise communale

Cette méthodologie a été choisie pour plusieurs raisons. Premièrement, parce que la pensée systémique représente une méthode pour comprendre, analyser, appréhender la complexité

d'un système, fixer des objectifs et éviter certaines erreurs dans la prise de décision (Le Moigne, 1977 ; CERT, 2007 ; Aubert-Lotarski, 2002 ; AFSCET, 2003). Deuxièmement, cette méthodologie permet de modéliser et de simuler le système face aux imprévus d'une crise en intégrant la complexité du système et la notion de temps.

Un outil de simulation, fondé sur le concept de l'Intelligence Artificielle, sera proposé. L'intelligence artificielle est considérée dans cette thèse comme une discipline fondée sur le traitement des connaissances et du raisonnement qui permet à une machine d'exécuter des fonctions normalement associées à l'intelligence humaine comme la compréhension, le raisonnement, le dialogue, l'adaptation, l'accomplissement d'un objectif ou encore l'apprentissage.

En intégrant des indicateurs de performance représentant l'état de l'organisation, l'outil permettra d'identifier les défaillances de cette dernière et les résultats de la simulation seront consignés dans des tableaux de bord. Les tableaux de bord proviennent des sciences de gestion et sont fondés sur les concepts et méthodes du Knowledge Management.

Enfin, des recommandations seront proposées pour améliorer la structure organisationnelle de la cellule de crise.

Structure du manuscrit

Ce travail de recherche comporte trois grandes parties (Figure 2) :

La première partie a pour objectif d'exposer, au travers de l'état de l'art, le concept de crise, la gestion de crise communale et l'organisation des cellules de crise. Il introduit également les méthodes et outils de mesure des performances de l'organisation.

La deuxième partie présente les supports méthodologiques de modélisation et de simulation pour l'étude des organisations. Il propose ensuite un cadre conceptuel d'aide à la décision pour évaluer la performance organisationnelle d'une cellule de crise

Enfin, la troisième partie concerne l'application de la méthode développée et présente les résultats obtenus sur une étude de cas. Cette partie expose également les limites et les perspectives de ce travail.

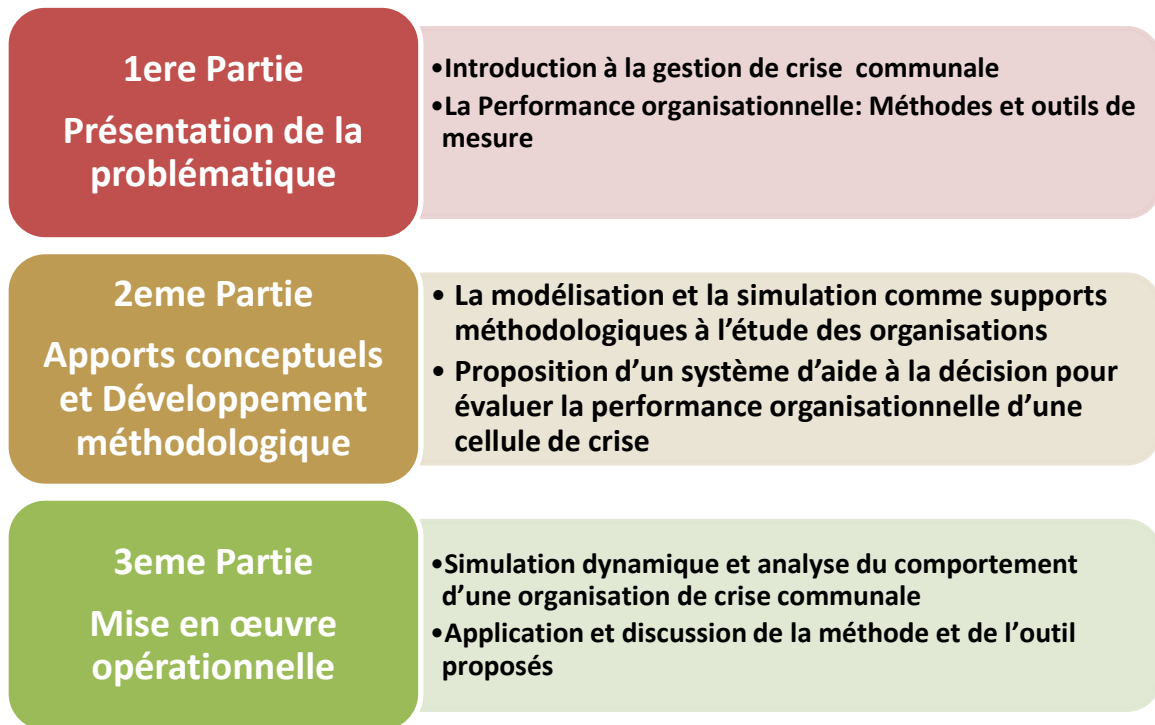


Figure 2: Structure du manuscrit

PREMIERE PARTIE

Présentation de la problématique

« La chose la plus importante en communication,
c'est d'entendre ce qui n'est pas dit »
D'après Peter Drucker

Chapitre 1: Introduction à la gestion de crise communale

1.1. Risques, Crises et gestion de crise	28
1.2. Les organisations face à la gestion de Crise.....	37
1.3. Les aides à la gestion de crise.....	59
1.4. Synthèse	61

Lors de la survenue d'un événement d'origine naturel ou anthropique sur un territoire, les autorités responsables de la gestion des crises interviennent pour assurer la sécurité de la population et de l'environnement. Le chapitre 1 a pour vocation de définir dans un premier temps cette notion de risques et ses modes de gestion. Dans un second temps l'organisation face à la gestion de crise sera décrite selon une vision internationale puis nationale. Une étude sur les différents outils de la gestion de crise sera faite dans la troisième partie de ce chapitre. Enfin quelques retours d'expérience de prise de décision en situation de crise seront analysés afin de mettre en évidence les problématiques de la gestion de crise.

1.1. Risques, Crises et gestion de crise

1.1.1. Les risques majeurs

Le risque est défini comme une confrontation d'un aléa (dont on connaît ou que l'on cherche à connaître la probabilité d'occurrence et l'intensité) et d'un enjeu (dont on cherche à caractériser la vulnérabilité et la résilience face à l'aléa en question sur un territoire). (Cf. Figure 1-1) (Gleyze, 2002)

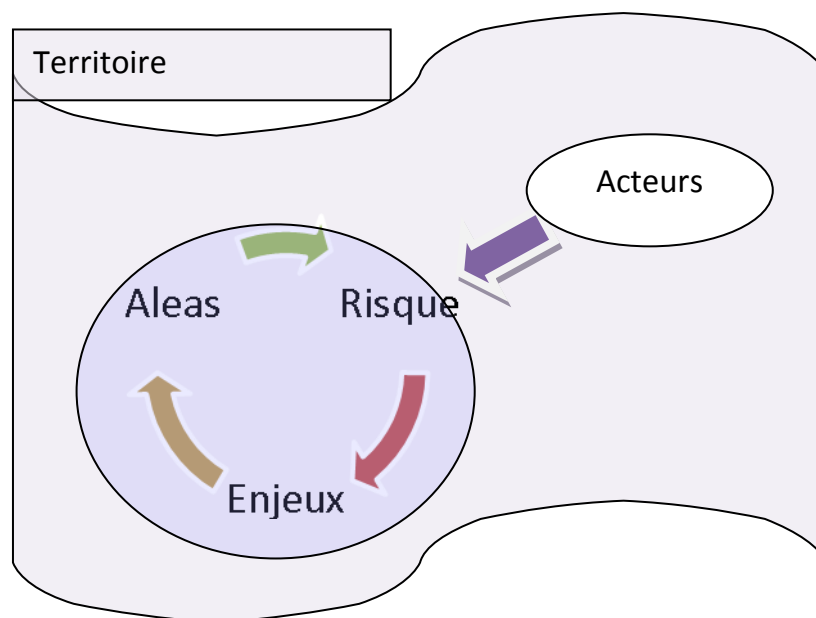


Figure 1- 1 Représentation de la notion de risque sur un territoire

Cette notion n'est apparue en France qu'à partir des années 80. Suite aux accidents naturels ou technologiques qui ont eu lieu, dans les années 80, les recherches sur les risques se sont multipliées. Ces recherches ont démontré que du fait de leurs activités anthropiques, les

hommes peuvent être générateurs de risques. Patrick Lagadec (1980) introduit le concept de risques majeurs industriels en indiquant que la classe de risque a changé et que les raisonnements techniques et organisationnels sont à repenser. En effet, « *depuis le premier tiers de ce siècle les moyens développés par l'homme ont changé d'échelle - ce sont les grands complexes industriels par exemple, et le risque a suivi dans l'ordre du quantitatif.* ». Ce concept a été confirmé à la suite des accidents de Bhopal, de Challenger et de Tchernobyl. En plus d'être la combinaison de la probabilité d'un dommage et de sa gravité, le risque fait apparaître la notion de territoire et celle-ci varie en fonction des représentations d'acteurs. Dans le cadre de ce travail, le territoire est assimilé à la commune et les personnes présentent (victimes, secours...) lors d'une crise. Ils seront confrontés à un risque majeur.

Le risque majeur est l'un des principaux domaines de recherche auquel cette thèse s'intéresse. Le risque sera qualifié de majeur lorsqu'un scénario est caractérisé par une probabilité d'occurrence faible et une intensité élevée, capable de générer des conséquences dramatiques sur les populations. Trois grandes familles sont associées aux risques majeurs⁵:

- les risques naturels: avalanche, feu de forêt, inondation, mouvement de terrain, cyclone, tempête, séisme et éruption volcanique ;
- les risques technologiques: d'origine anthropique, ils regroupent les risques industriels, nucléaire, biologique, rupture de barrage et les risques de transports collectifs (personnes, matières dangereuses).

De nouveaux risques ont été pris en considérations par les pouvoirs publics ces dernières années comme les actes terroristes et doivent également être pris en comptes. En effet, les attaques du 11 septembre 2001 aux Etats-Unis ou récemment la fusillade de Toulouse (19 Mars 2012) sont des actes de communication qui impactent l'état et surtout la population (Paye, 2004).

Des systèmes de prévention et de répression ont été mis en place par l'Etat Français avec les lois de 1986⁶ et de 1996⁷. Par ailleurs, peu après les attentats de Madrid, le 11 mars 2004, et

⁵ Prim.net

⁶ La loi n° 86-1020 du 9 septembre 1986 relative à la lutte contre le terrorisme et aux atteintes à la sûreté de l'Etat, qui a défini la notion de terrorisme, mais uniquement pour en tirer des conséquences procédurales (compétence parisienne, garde à vue allongée..).

⁷ La loi n° 96-647 du 22 juillet 1996 tendant à renforcer la répression du terrorisme et des atteintes aux personnes dépositaires de l'autorité publique ou chargées d'une mission de service public et comportant des dispositions relatives à la police judiciaire, qui a notamment créé l'association de malfaiteurs en vue de la préparation d'un acte de terrorisme, définie comme constituant également un acte de terrorisme.

de Londres, le 7 juillet 2005, la loi du 23 janvier 2006⁸ relative à la lutte contre le terrorisme a été instaurée⁹.

La section suivante présente les différentes dénominations utilisées pour qualifier les risques majeurs. Les acteurs présents lors de la survenue d'un événement utilisent ces dénominations et peuvent porter à confusion.

1.1.2. Situation d'urgence et Crise

1.1.2.1. La Situation d'urgence

Lors de l'apparition d'un événement, certains acteurs utilisent le terme de situation d'urgence. Ce terme est caractérisé comme un événement qui se produit brusquement et demande une action immédiate qui entraîne des conséquences dommageables pour la vie sociale, comme un trouble de la sécurité publique, une menace grave contre la vie ou la santé des personnes et/ou contre des intérêts matériels importants, et qui nécessite la coordination des disciplines pour faire disparaître la menace ou limiter les conséquences néfastes¹⁰. L'ampleur d'une situation d'urgence non surveillée dépend de trois groupes :

- les humains qui peuvent varier d'une seule personne jusqu'à des populations entières ;
- l'environnement qui représente l'entourage des humains;
- la sécurité qui est la protection contre les menaces créées par les humains pour d'autres humains ; les menaces sont mesurées par la surface d'environnement et par le nombre des humains affectés. (Kebair *et al.*, 2009 ; CabinetOffice, 2005).

1.1.2.2. La notion de crise

La crise a revêtu plusieurs sens au cours des siècles. Une crise est une manifestation brusque et intense de certains phénomènes, marquant une rupture.¹¹ Le mot crise dérive du grec *krisis* qui signifie décision. E. Morin dans son essai « *Pour une Crisologie* » (1976) rappelle que le mot crise a perdu de son sens : « *la notion de crise s'est répandue au vingtième siècle à tous les horizons de la conscience contemporaine. Il n'est pas de domaine qui ne soit hanté par la*

⁸ loi n° 2006-64 du 23 janvier 2006 relative à la lutte contre le terrorisme et portant dispositions diverses relatives à la sécurité et aux contrôles frontaliers

⁹ Diplomatie.gouv

¹⁰ Gouvernement Provincial du Brabant Wallon

¹¹ Le Trésor de la Langue Française Informatisé

notion de crise : le capitalisme, le droit, la civilisation, l'humanité... Mais cette notion en se généralisant s'est vidée de l'intérieur ».

Elle était utilisée au départ dans le domaine de la médecine puis s'est étendue dans les domaines de la psychologie (accès psychologique à manifestations violentes), de la politique et de l'économie (phase de rupture d'équilibre entre de grandeur économique)¹². L'étude de la crise organisationnelle quant à elle est plus récente¹³. Depuis les années 60, différentes définitions de la crise se trouvent dans la littérature. Deux concepts de la crise ressortent de ces définitions: la crise en termes de caractéristiques et de causes-conséquences. Ces caractéristiques de la crise sont décrites dans plusieurs ouvrages et présentés ci-dessous :

La crise, selon Marguin (Marguin, 2002), survient dans un milieu qui est composé d'acteurs multiples qui interagissent dans le cadre de structures organisées. Elle résulte de la rencontre de trois phénomènes (figure 1-2):

- D'un facteurs d'instabilité : sont innombrables et de natures très diverses. Ces facteurs sont entretenus par des tendances lourdes (les tensions ethniques, les rivalités historiques, les disparités économiques...) relativement prévisibles et par la volonté des acteurs.
- Des volontés d'acteurs (Crozier *et al.*, 1981) ;
- D'un événement « *étincelle* » (un effet de surprise, de violence, d'une incertitude ou d'une inadaptation d'action...). La crise est une perte de contrôle de la maîtrise de la situation ;

¹² Centre National de Ressources Textuelles et Lexicales

¹³ La définition de référence dans la littérature date de 1963, Herman C.F, « Some consequences of crisis which limit the viability of organizations », *Administrative Science Quarterly*, 8, pp. 61-82, 1963

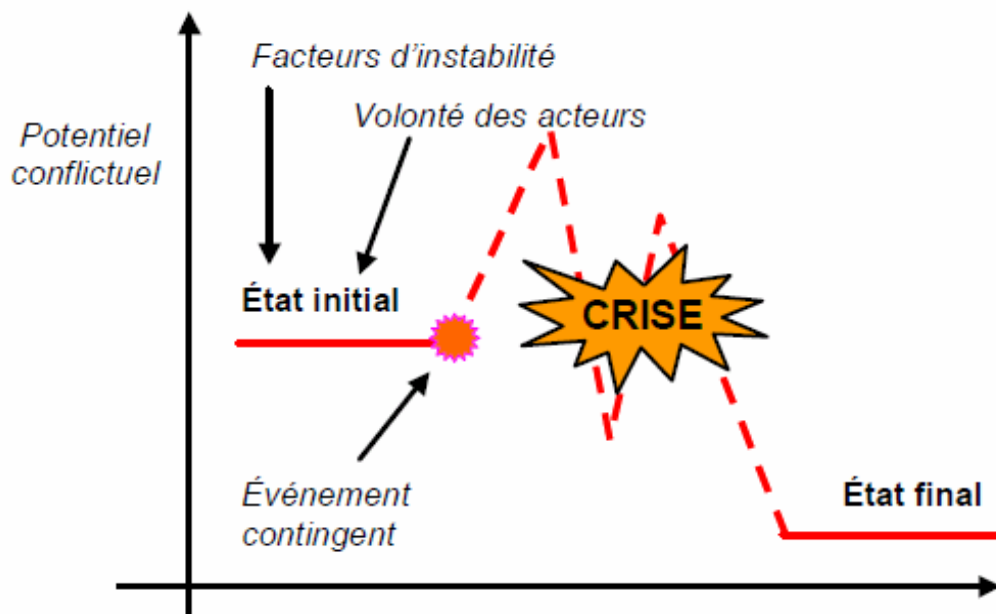


Figure 1- 2 Crise et potentiel conflictuel (Marguin, 2002)

Kebair (2009) ajoute que la principale identification d'une crise est l'incertitude qui est caractérisée, en plus de l'effet de surprise, de la volonté d'acteur et de l'événement contingent, par :

- la Densité : le volume inhabituel ou l'intensité des événements dont le niveau est croissant et que chaque événement en soi n'est pas désastreux ni critique ;
- le Risque : une probabilité d'un événement qui peut engendrer des pertes humaines, environnementales et matérielles ;
- l'Opportunité : un temps fini pour la réponse, si aucune action n'est effectuée il y a une augmentation du risque pour qu'un événement encore plus grave peut se produire.

Wiener et Kahn (*in* Kravitz et al. 1986) dégagent douze dimensions génériques de la crise:

- La crise est souvent un tournant dans un processus général d'événements et d'actions ;
- La crise est une situation dans laquelle la nécessité d'agir apparaît de façon pressante ;
- La crise est une menace pour les objectifs de ceux qui sont impliqués ;
- La crise débouche sur des effets qui remodeleront l'univers des parties impliquées ;
- La crise est une convergence d'événements dont la combinaison produit un nouvel univers ;
- La crise est une période pendant laquelle les incertitudes sont fortes sur l'évaluation de la situation et les réponses à apporter ;

- La crise est une période durant laquelle la maîtrise des événements et de leurs effets diminue ;
- La crise est caractérisée par un sens de l'urgence, qui produit souvent stress et anxiété ;
- La crise est une période durant laquelle l'information disponible est particulièrement inadéquate ;
- La crise est caractérisée par un accroissement de la pression du temps ;
- La crise est marquée par des changements de relations entre les participants ;
- La crise augmente les tensions entre les acteurs.

Freund, quant à lui, définit la crise comme « *une situation collective caractérisée par des contradictions et ruptures, grosse de tensions et de désaccords, qui rendent les individus et les groupes hésitants sur la ligne de conduite à tenir, parce que les règles et les institutions ordinaires restent en retrait ou sont parfois même déphasées par rapport aux possibilités nouvelles qu'offrent les intérêts et les idées qui surgissent du changement, sans que l'on puisse cependant se prononcer sur la justesse et l'efficacité des voies nouvelles* » (Freund, 1976 ; Lagadec,P.,1991).

Et enfin Boin et Lagadec (2000), ayant constaté un changement de nature et de terrain des crises, proposent de nouvelles caractéristiques pour définir les crises futures :

- Le changement d'état de pré-crise à post crise est irréversible ;
- Les crises ne sont plus dues à un événement spécifique mais à une mise en résonance globale et polymorphe des systèmes ;
- Les procédures ne s'appliquent plus et doivent être repensées dans leur globalité à savoir les principes fondamentaux, les identités, les contextes, les règles de jeu, les mécanismes de défense et les connaissances;
- La crise est caractérisée par sa répétition, son itération, son apparition et ses disparitions aléatoires;
- Il existe un déséquilibre, une décomposition et une désintégration profonde des systèmes. Par exemple les pannes sont plus résistantes aux traitements conventionnels;
- La crise est transfrontalière et globale.

Cette manifestation brusque est gérée par des actions réalisées par un décideur. La première action à réaliser pour faire face à la crise est de vérifier (Weisæth *et al.*, 2002 ; Crocq *et al.*, 2009) :

- La source d'information pour assurer l'authenticité et l'exactitude des informations ;
- L'identification de l'événement, des actions engagées, des premières conséquences et difficultés ;
- Le regroupement d'informations telles que l'identification des personnes qui sont susceptibles de connaître l'évènement ;
- L'évaluation de l'événement pour déterminer les actions à mettre en œuvre dans le but de contrôler l'évènement.

Pour prendre une décision appropriée et identifier l'organisation, les acteurs doivent tenir compte de l'importance à mener une réflexion précise en amont. De ce fait, il est essentiel d'étudier l'organisation et d'évaluer les répercussions opérationnelle en intégrant le positionnement des facteurs concernant les acteurs, les stratégies, les interactions et les fonctions. Les facteurs, cités ci-dessous, peuvent être une difficulté à la bonne gestion de crise et peuvent fragiliser la robustesse d'une organisation (Parkin, 1996) :

- Les moyens : leurs indisponibilités ou leurs défaillances peuvent conduire le décideur à adopter une nouvelle stratégie qui n'est pas la bonne ;
- L'organisation : elle peut être impactée pour différentes raisons comme le stress, le conflit et doit quand même prendre une décision rapide ;
- L'expérience individuelle : l'expérience du décideur lui permet de réutiliser des actions acquises dans le passé mais qui peuvent ne pas être adaptés à cet événement.

La situation de crise est donc un phénomène menaçant et inattendu. Les facteurs présentés sont des leviers de vulnérabilité de la cellule de crise dont dispose le décideur pour prendre sa décision (Friedberg, 2000).

Pour gérer cette situation de crise, la prise en compte de ces paramètres et du mode d'organisation de la cellule de crise est nécessaire. Le point suivant aborde la mise en place de la gestion de crise et des situations d'urgence.

1.1.3. La gestion des crises et des situations d'urgences

L'Etat Français a mis en place un ensemble de dispositions de prévention de manière à intervenir sur l'aléa et ses conséquences, mais également des dispositions en matière de gestion de crise, pour mettre en sécurité les personnes et les biens et diminuer l'impact d'un événement (Marguin, 2002). Ces dispositifs reposent en grande partie sur des textes applicables dans le domaine de la gestion de crise qui sont : la loi n° 2004-811 du 13 août 2004 de modernisation de la sécurité civile plus particulièrement sur les décrets n° 2005-1157 du 13 septembre 2005 relatif au plan ORSEC, n° 2005-1158 du 13 septembre 2005 relatif aux plans particuliers d'intervention et du décret n° 2005-1156 du 13 septembre 2005 relatif aux plans communaux de sauvegarde. De ce fait, la gestion de crise est un ensemble de moyens et de techniques qui sont mis en place pour permettre à une organisation de faire face à une crise et de pouvoir la gérer au mieux. De plus le dispositif prévoit d'effectuer un retour d'expérience afin de tirer des enseignements de la crise et d'améliorer les procédures pour un événement futur. La gestion des crises s'articule sur sept points. Coombs (2007) a schématisé l'organisation telle que défini par les textes légaux de la manière suivante (figure 1-3) :

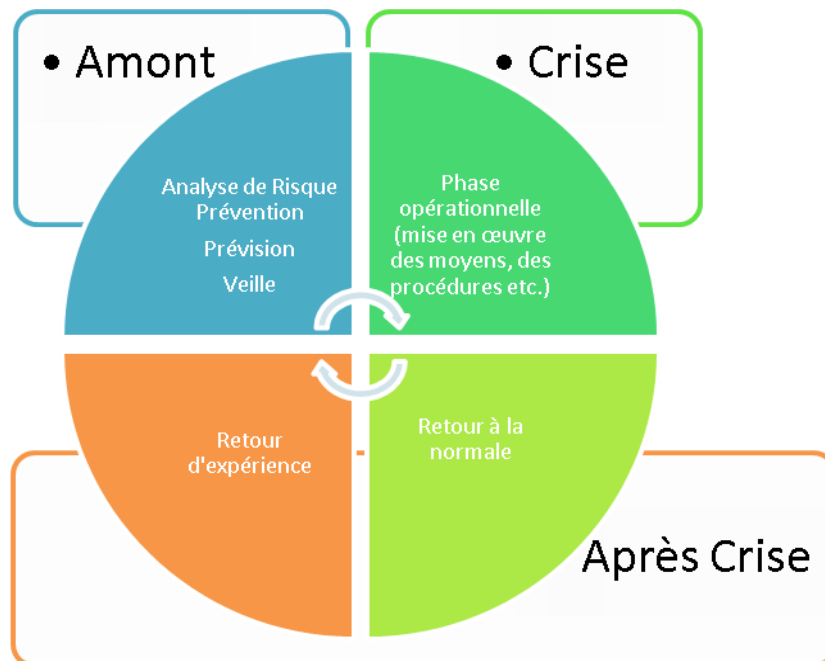


Figure 1- 3Les phases de la gestion de crise (Coombs, 2007)

L'amont de la crise regroupe les activités mises en place par les organisations pour l'analyse et l'évaluation des risques qui se situent sur un territoire. Il consiste en des mesures de réduction des risques établies par l'Etat Français comme par exemple à travers la construction des digues et des barrages contre les inondations. Cette phase permet aussi d'intégrer cette notion de risques aux acteurs présents dans la cellule de crise par la formation, l'éducation, les exercices d'urgence, les mises en garde, les cartes des risques, les systèmes d'alerte, les procédures, les méthodologies et l'interopérabilité entre les organismes sociaux, techniques et conceptuels.

La phase opérationnelle (crise) répond à court terme aux effets de la catastrophe comme par exemple les premiers secours, la lutte contre l'incendie, l'évacuation et les logements temporaires, mais aussi la prévention de la production de prochaines catastrophes.

Enfin, l'après-crise est la phase de réhabilitation et de reconstruction, visant à retrouver des conditions à un niveau qui soit acceptable.

En France, toutes ces phases reposent sur la loi de modernisation de la sécurité civile (2004). L'objectif de la sécurité civile est d'assurer la protection des populations en développant une culture de la préparation aux risques et aux menaces. Elle privilégie de s'attaquer aux risques par l'anticipation et la mobilisation de tous les moyens disponibles.

Pour cela des décrets (annexe 1) ont été instaurés, demandant la mise en œuvre:

- D'un Plan d'Organisation de la Réponse de Sécurité Civile (ORSEC). Il est conçu pour mobiliser et coordonner les acteurs de la sécurité civile. Il regroupe cinq services: les secours et les sauvetages, les soins médicaux et les entraides, la police et le renseignement, les liaisons et les transmissions, les transports et travaux. Il existe trois types de plan ORSEC selon l'échelle géographique réglementaire: national, zonal et départemental¹⁴ ;
- Des Schémas Départemental d'Analyse et de Couverture des Risques (SDACR). Ils sont rédigés par le Service Départemental d'Incendie (SDIS), sous l'autorité du

¹⁴ www.interieur.gouv.fr/

préfet. Ils énoncent les risques auxquels peut faire face le SDIS et déterminent les objectifs de couverture des risques¹⁵ ;

- D'un Plan Communal de Sauvegarde (PCS). Le PCS est un document qui permet de gérer une crise au niveau communal. Toutes les communes ne sont pas soumises à l'élaboration d'un PCS. Seules les communes soumises à un PPR et celles soumises à PPI doivent le faire. L'intérêt de ce document pour ce travail de recherche est qu'il détaille les étapes de la gestion et de la cellule de crise. L'élaboration de ce plan est sous la responsabilité du maire. Ce plan de secours a pour objectif la mise en place d'une organisation en cas de survenance d'événements graves pour protéger la population et l'environnement. Le PCS vise principalement les trois objectifs suivants¹⁶:
 - porter appui à la sécurité civile dans la phase aiguë de la crise ;
 - remettre en services le plus rapidement possible les services et infrastructures essentiels ;
 - gérer les crises à enjeux de sauvegarde des personnes et des biens sans enjeux de secours.

L'ensemble des moyens fournit un premier cadre formel et structurant permettant d'organiser une réponse selon les événements.

La section suivante détaille l'organisation de la gestion de crise ainsi que ses rôles dans le monde et en France.

1.2. Les organisations face à la gestion de Crise

1.2.1. Les différents modes d'organisations en gestions de crise

La gestion de crise implique l'intervention de multiples intervenants. Ces derniers ont des responsabilités et des rôles différents selon l'importance de l'événement. En France, ces acteurs ont pour objet la prévention des risques de toutes natures, l'information et l'alerte des populations ainsi que la protection des personnes, des biens et de l'environnement contre les accidents, les sinistres et les catastrophes par la préparation et la mise en œuvre de mesures et de moyens appropriés relevant de l'Etat, des collectivités territoriales et des autres personnes

¹⁵ Prescrit à l'article L. 1424-7 du Code général des collectivités territoriales

¹⁶ PCS de la ville d'étude

publiques ou privées¹⁷. Les parties suivantes présentent les différents modes d'organisation en gestion de crise.

1.2.1.1. Exemple de mode d'organisation en gestion de crise au niveau international

La gestion de crise, au niveau internationale, repose comme en France sur des plans d'urgence. Chaque nation a mis en place des dispositifs spécifiques qui répondent à des destinataires et des institutions particulières. Ce point a pour objectif de présenter trois exemples des différents types d'organisations présents dans le monde, et de tirer des enseignements de ces modes d'organisations.

1.2.1.1.1. La Belgique

En Belgique, la sécurité s'exprime par l'établissement des plans d'urgences pour maintenir la sécurité des personnes et des biens, coordonner de l'aide, informer la population...

Parmi les plans d'urgences officiels pris en compte (figure 1-4) :

- Le Plan d'Urgence et d'Intervention Multidisciplinaire (PUI):
 - Le plan général d'urgence et d'intervention (PGUI) contient les directives générales et les informations nécessaires pour garantir la gestion des situations (ex. Le Plan d'Urgence et d'Intervention provincial général) ;
 - Ses directives supplémentaires spécifiques concernant un risque spécifique complète le PGUI. (ex. Les plans d'urgence Seveso, le Plan d'urgence nucléaire...).
- Le Plan d'intervention monodisciplinaire règle les modalités d'intervention d'une seule discipline (services d'intervention), conformément au PUI existant (ex. le plan d'intervention médical (PIM)) ;
- Le Plan interne d'urgence est un document au niveau de l'entreprise et/ou de l'institution qui vise à limiter les conséquences préjudiciables d'une situation

¹⁷ LOI n° 2004-811 du 13 août 2004 de modernisation de la sécurité civile Art.1 de La loi de modernisation de la Sécurité civile du 13 août 2004

d'urgence, par l'élaboration de mesures d'urgence adaptées sur le plan matériel ou organisationnel et qui sont rédigées par l'entreprise ou l'institution concernée.

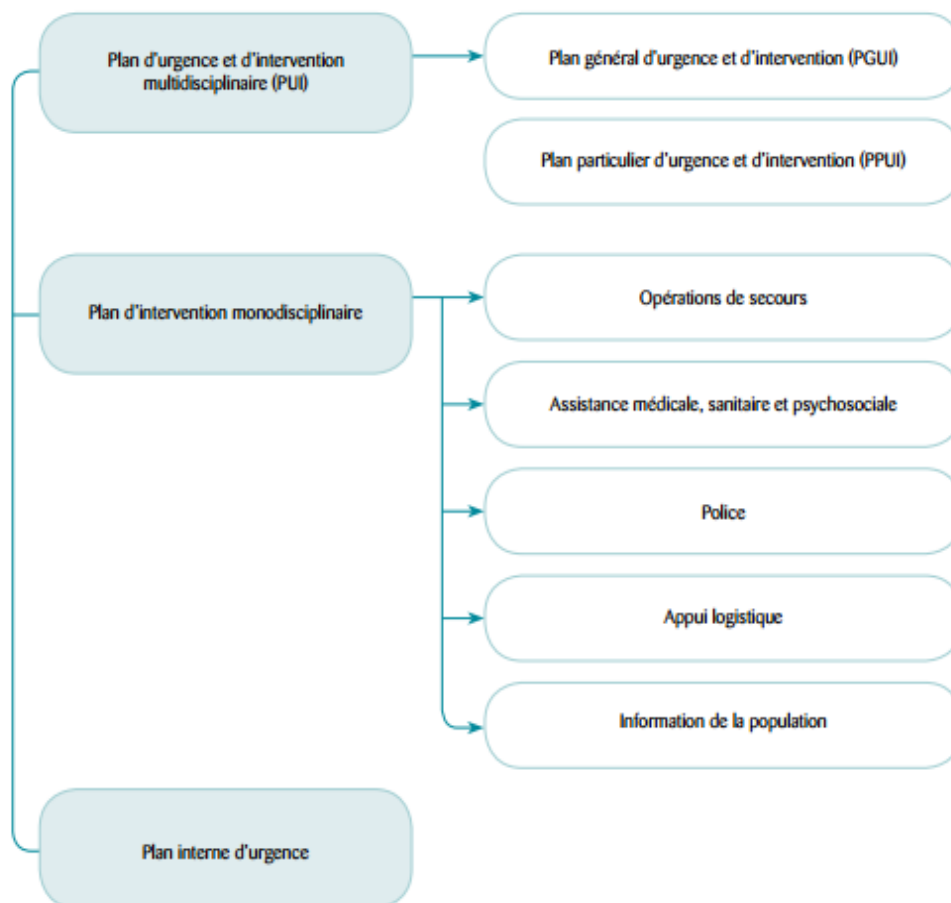


Figure 1- 4 Les types de plans d'urgence en Belgique (Source : IBZ¹⁸)

Selon l'événement basé sur des critères tels que les faits, l'étendue géographique, le nombre de victimes, les effets pour l'environnement, les répercussions économiques, trois niveaux peuvent être déclenchés : le niveau communal, niveau provincial et le niveau fédéral (figure 1-5).

¹⁸ Service public fédéral Intérieur

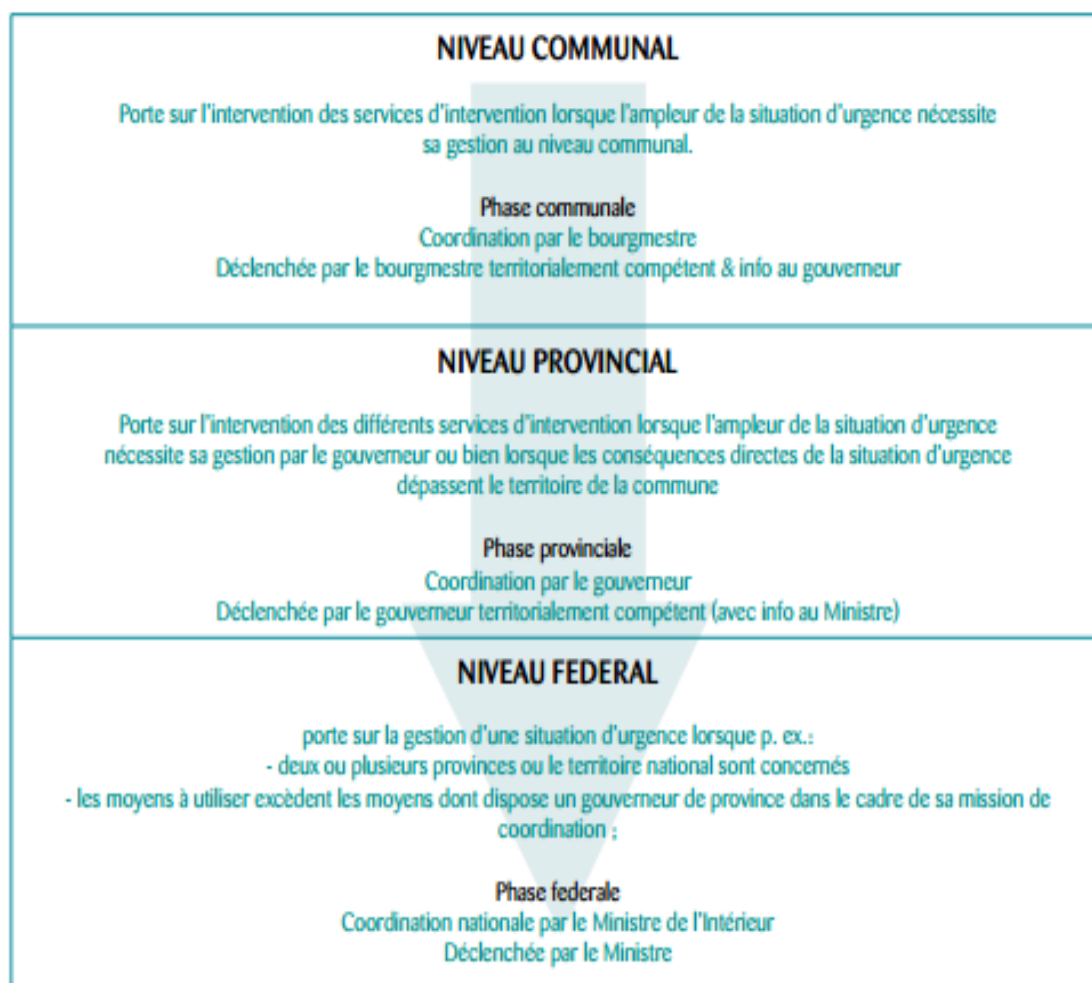


Figure 1- 5 Échelonnement des phases en Belgique (Source : IBZ)

Dans ces trois niveaux, une situation d'urgence est effectuée par des services d'intervention qui sont mis en places et sont réparties en 5 disciplines (annexe 2) :

- Discipline 1: les opérations de secours ;
- Discipline 2: les secours médicaux, sanitaires et psychosociaux ;
- Discipline 3: la police du lieu de la situation d'urgence ;
- Discipline 4: appui logistique ;
- Discipline 5: information.

Au niveau communal, une cellule de sécurité (figure 1-6) est établie par le bourgmestre (le chef de l'administration d'une commune) et par le gouverneur (commissaire du gouvernement,

mais également des Régions et des Communautés dans la province) afin de rédiger les plans d'urgence, évaluer les situations d'urgence et les exercices, établir l'inventaire et procéder à l'analyse des risques et organiser l'information préalable sur la planification d'urgence.

La cellule est composée du bourgmestre/gouverneur (président), d'un représentant de chaque discipline, du fonctionnaire chargé de la planification d'urgence dans la commune/province concernée. En parallèle se met en place un comité de coordination assuré par le bourgmestre, le gouverneur ou le ministre. Il évalue la situation d'urgence, conseille ces derniers, organise l'information de la population, tient une main courante et prend les mesure de protection. Ce comité est composé des représentants des disciplines et le fonctionnaire chargé de la planification d'urgence.

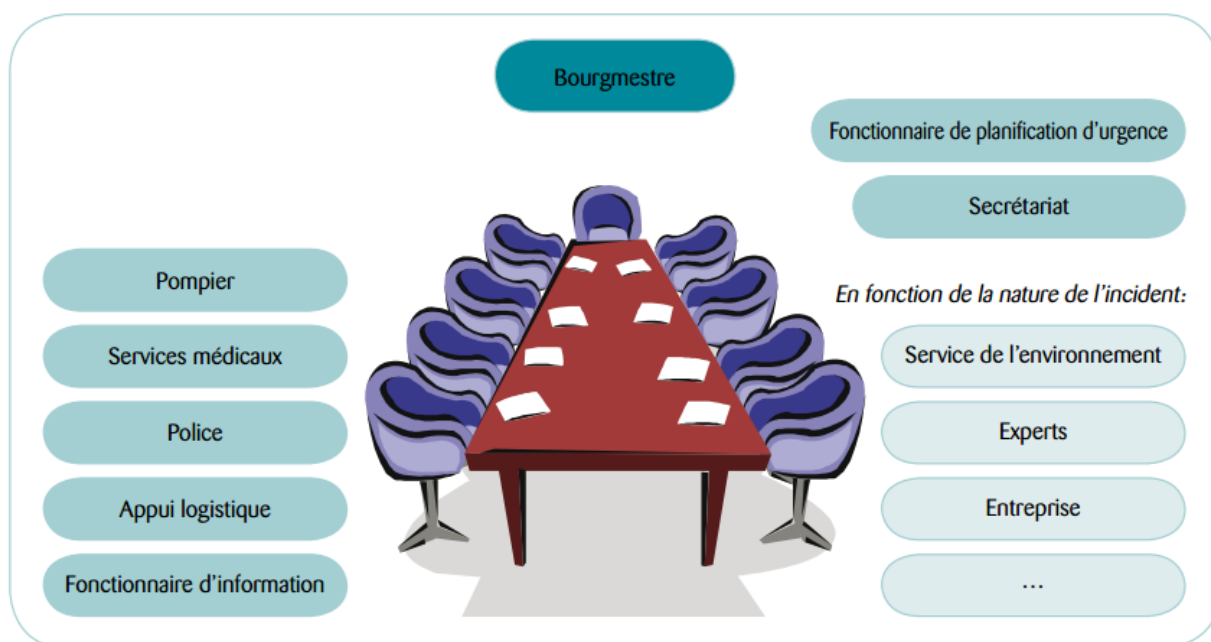


Figure 1- 6 Le Comité communal de coordination (Source : IBZ)

1.2.1.1.2. Le Canada

Deux types de plans sont requis au Canada pour la gestion des crises et des situations d'urgence :

- Le plan opérationnel est le document cadre qui vise à rassembler toutes les informations dont les gestionnaires auront besoin pour intervenir efficacement lors d'une crise ou d'une urgence. Un plan opérationnel devrait comprendre les éléments de base suivants :
 - Définition des crises et urgences couvertes dans le plan ;
 - Structures hiérarchiques (par exemple l'équipe de gestion, le premier organisme responsable, les rapports avec les autres ministères ou agences, l'administration centrale, etc.) ;
 - Politiques et procédures administratives pour activer le plan et faciliter la prise de décision ;
 - Installations des centres des opérations et des besoins logistiques.
- Le plan de communication : fournit les guides stratégiques et tactiques nécessaires avant, pendant et après la crise et les urgences. Il permettra à tous les intervenants d'avoir les mêmes repères et les mêmes réactions durant l'intervention.

Ces plans sont établis en amont de la crise et ils permettent un engagement rapide des moyens de secours. Ces plans décrivent également les intervenants au gouvernement (tableau 1-1).

Tableau 1-1 Les intervenants au gouvernement du Canada (CCG, 2003)

Bureau du premier ministre (BPM) <ul style="list-style-type: none">• Comités du Cabinet des opérations, et de la santé publique, de la sécurité et de la protection civile
Bureau du Conseil privé (BCP)
Sécurité publique et Protection civile Canada (SPPCC) <ul style="list-style-type: none">• Bureau de la protection des infrastructures essentielles et de la protection civile (BPIEPC)
Secrétariat du Conseil du Trésor (SCT)
Ministère responsable Ministre Équipe d'intervention <ul style="list-style-type: none">• Responsable d'équipe• Porte-parole désignés• Communications• Finances• Politiques• Services techniques• Contentieux• Sécurité
Partenaires fédéraux et externes

Durant une gestion de crise, la collaboration entre acteurs est requise pour assurer une gestion efficace de l'intervention. Cette coordination est différente selon la nature et la complexité de la crise. Au Canada, trois niveaux de coordination relatifs aux activités d'intervention existent (tableau 1-2).

Tableau 1-2 Niveaux de coordination durant l'intervention (CCG, 2003)

NIVEAU DE COORDINATION REQUIS	INTERVENANTS FÉDÉRAUX	RESPONSABILITÉS
Bas	<ul style="list-style-type: none"> Ministère responsable (administration centrale et régions) 	<ul style="list-style-type: none"> Ministère responsable dirige les opérations et les communications (stratégie et soutien) couvrant son domaine de compétences
Élevé	<ul style="list-style-type: none"> Ministère responsable (administration centrale et régions) Collaboration de partenaires fédéraux et externes BCP/SPPCC (BPIEPC) 	<ul style="list-style-type: none"> Ministère responsable dirige les opérations et les communications (stratégie et soutien) couvrant son domaine de compétences Partenaires fédéraux et externes appuient le ministère responsable BCP ou SPPCC (BPIEPC) collabore avec le ministère responsable (appui aux communications)
Très élevé	<ul style="list-style-type: none"> BPM/BCP et le Cabinet Plusieurs ministères responsables (administration centrale et régions) Collaboration de partenaires fédéraux et externes SPPCC (BPIEPC) 	<ul style="list-style-type: none"> BPM/BCP et le Cabinet dirigent et coordonnent l'ensemble des opérations et des communications (stratégie) à l'échelle nationale Organismes responsables dirigent leurs opérations couvrant leur domaine de compétences et appuient la stratégie de communications coordonnée au plus haut sommet Partenaires fédéraux et externes appuient les ministères responsables SPPCC (BPIEPC) appuie les organismes responsables (appui aux communications)

1.2.1.1.3. Les Etats-Unis

Aux Etats-Unis, le Service de gestion des urgences (OEM, Office of Emergency Management) coordonne la ville face aux situations dangereuses. L'OEM est un organisme à l'échelle local, régional ou national. Il a la responsabilité de planifier et de répondre aux situations d'urgence. Au niveau national, l'Agence fédérale des situations d'urgence (FEMA Federal Emergency Management Agency) est responsable de la gestion des urgences et assure l'arrivée des secours. La FEMA est l'organisme gouvernemental américain qui est rattaché au département de la sécurité intérieure des Etats-Unis. Cette agence a mis en place une série de documents connus sous le nom de Civil Preparedness Guide (CPG).

Au niveau national, chaque commune a son propre EOM qui repose sur la directive 102 émise par le Service de gestion des urgences (OEM). Cette directive énumère les fonctions et les

responsabilités de la gestion d'urgence au niveau municipal. L'OEM municipal est dirigé par un coordinateur d'urgence. Il doit être responsable de la planification, l'activation, la coordination et la conduite des opérations de gestion au sein de la municipalité et met en place le plan d'opération d'urgence (EOP, Emergency Operations Plan). Ce plan est divisé en plusieurs annexes qui couvrent un large éventail de fonctions. (University of California Berkeley, 2009 ; Kirkpatrick Library, 2008), présenté ci-dessous (tableau 1-3) :

Tableau 1-3 Fonction des différentes cellules de crise des Etats-Unis

Cellules	Fonctions
Régime de base	Décrit la compétence du gouvernement et des services, etc.
Alerte et Communication	Décrit les méthodes, les services et les moyens d'alerte au public
Évaluation des dommages	Décrit les dommages pouvant survenir sur une ville suite à un incident majeur.
Urgence Médicale	Décrit les ressources, les risques et les responsabilités du service médical.
Centre des opérations d'urgence	Indique les procédures pour la création d'un Centre des opérations d'urgence (COU) pour les incidents de grande envergure.
Informations d'urgence publique	Décrit les procédures utilisées par la ville dans le but de récupérer rapidement les informations du public en cas de survenue d'un événement
Évacuation	Détails les dangers, les moyens et les procédures permettant l'évacuation de la population
Incendie et de Secours	Dresse la liste des dangers et des ressources
Matières dangereuses	Liste les installations à risque élevé et décrit les lois et les procédures d'intervention à suivre pour un site ou d'un incident de transport
Application de la loi	Décrit le danger et les ressources pour le service de police
Santé publique	Traite sur les risques et les ressources pour la fonction de santé publique.
Travaux publics	Détails les dangers et les ressources du ministère des Travaux publics.
Protection contre les radiations	Traite les risques et les réponses concernant la menace d'un accident nucléaire
Gestion des ressources	Décrit les ressources qui serait disponible lors d'une situation d'urgence
Accueil et Soins	Donne les adresses de rassemblement
Services sociaux	Décrit comment le service social sera déployé en cas d'urgence

Enfin le coordonateur recrute, organise, coordonne et forme le personnel afin de diriger les cellules suivantes (tableau 1-4) :

Tableau 1-4 Les différentes cellules de crise des Etats-Unis

Alerte et Prévention	Urgence Médicale
Communications	Juridique
Évaluation des dommages	Santé publique
Centre des opérations d'urgence	Travaux publics
Informations d'urgence publique	Protection contre les radiations
Évacuation	Gestion des ressources
Incendie et Secours	Accueil et Soins
Matières dangereuses	Services sociaux

Les dispositifs d'organisation des cellules de crise présentait pour ces trois pays ont permis de faire un comparatif présenté dans la section conclusion.

1.2.1.1.4. Conclusion

En comparant les dispositifs mis en place dans ces différents pays, il est possible de dégager une organisation (tableau 1-5).

Tableau 1-5 Comparaison des organisations des secours à l'étranger

Belgique	Canada	Etats-Unis
Fonctionnaire d'information	Communication	Communications
	Porte parole désigné	Informations d'urgence publique
Police	Police	
Opération des secours	Sécurité	Centre des opérations d'urgence
		Incendie et Secours
		Évacuation
	Contentieux	Juridique
	Financier	
Fonctionnaire de planification d'urgence	Responsable d'équipe	
Services Médicaux		Urgence Médicale
		Santé publique
		Services sociaux
		Accueil et Soins
Appui Logistique		Gestion des ressources
Secrétariat		
Expert	Service Technique	Matières dangereuses
		Travaux publics
		Protection contre les radiations
		Alerte et Prévention
		Évaluation des dommages

Ces organisations comprennent plusieurs services dont les noms diffèrent mais les fonctions restent les mêmes comme les services communication, santé, logistique, accueil des sinistrés, secours, services techniques, juridique-finance, responsable d'équipe

Lors d'une crise, ces acteurs se retrouvent pour former une cellule de crise pour collaborer et assurer une gestion efficace de l'intervention.

1.2.1.2. Niveau européen

La phase opérationnelle de la protection civile Européenne est placée sous l'autorité du centre de suivi et d'information (MIC - Monitoring and Information Center) qui est basé à la Commission européenne à Bruxelles et qui est disponible 24 heures sur 24. La Commission,

en 2001 par la décision 2001/792/CE du Conseil, peut faciliter la mobilisation des moyens de protection civile des États membres en cas d'urgence.

Elle couvre tous les États membres, les pays candidats et les pays de l'EEE (Espace Economique Européen) et elle prévoit des interventions aussi bien à l'intérieur qu'à l'extérieur de l'Union européenne. Le mécanisme est axé sur la mobilisation des moyens existants (habituellement du matériel de recherche et de sauvetage, des services médicaux, des hébergements temporaires, des installations sanitaires, etc.) nécessaires pour sauver des vies et soulager les souffrances dans les premiers jours qui suivent une catastrophe. Le MIC (Monitoring and Information Centre) reçoit les messages d'alerte et les demandes d'assistance provenant directement d'un pays touché par une catastrophe. Il travaille en concertation étroite avec les autorités locales qui coordonnent la réaction à la catastrophe et avec les agences des Nations unies qui travaillent dans ce domaine¹⁹ (Perret, 2006).

Qu'en est-il de l'organisation en gestion de crise en France ?

Pour cela les points suivants évoqueront le contexte réglementaire permettant de décrire l'organisation des secours en France.

1.2.1.3. Niveau National Français

Le gouvernement et le ministre de l'Intérieur disposent du Centre Opérationnel de Gestion Interministérielle des Crises (COGIC) pour gérer les crises de défense et de sécurité civiles.

Le COGIC est en relation permanente avec le centre opérationnel de la Police nationale et le CPCO (Centre de Planification et de Conduite des Opérations) du ministère de la Défense. Il informe en permanence le cabinet du ministre, propose des modalités d'intervention, prépare et coordonne l'action des moyens d'intervention gouvernementaux.²⁰

Le COGIC a pour mission de réagir, de suivre l'événement et de coordonner l'ensemble des moyens de secours, humains et matériels, locaux ou nationaux, publics ou privés. Constitué d'un centre opérationnel de veille permanente (24h/24), d'un centre de crise, activé en cas de besoin, il permet la mise en place d'un dispositif pouvant accueillir une trentaine de cadres,

¹⁹ [europa.eu /Memo/06/50](http://europa.eu/Memo/06/50)

²⁰ <http://www.interieur.gouv.fr/Le-ministere/Securite-civile>

d'un centre de transmissions qui gère l'ensemble des moyens de communication de la direction et d'un centre de documentation.

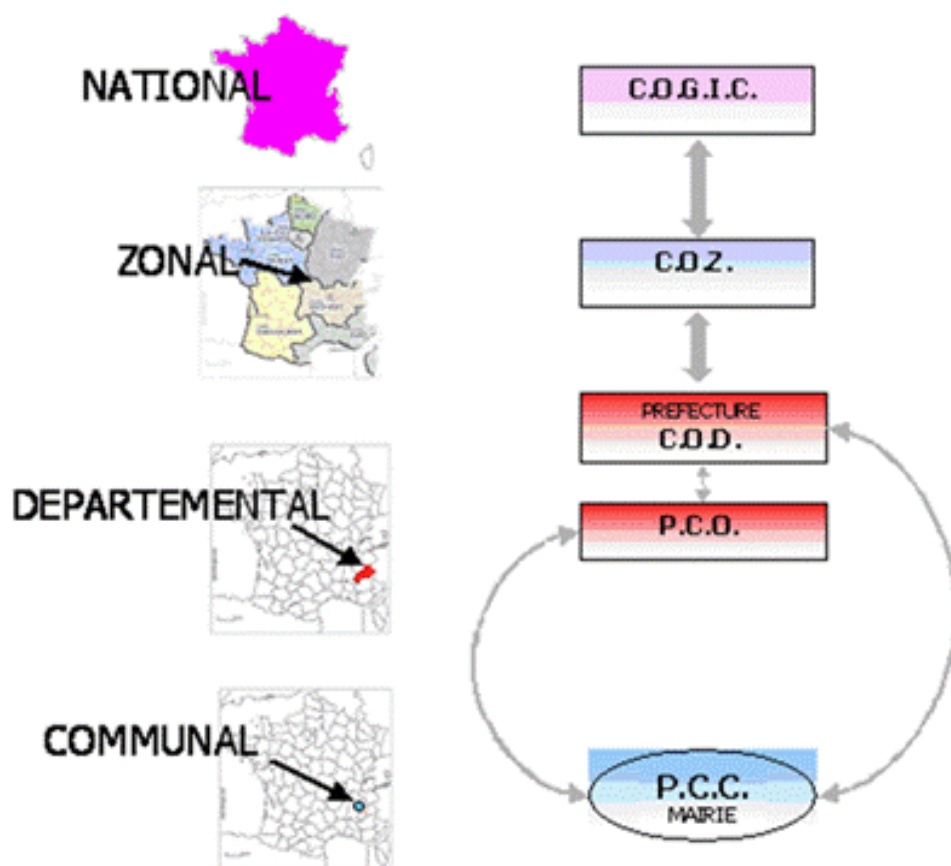
Pour accomplir sa mission, le centre est en relation avec plusieurs acteurs dont les acteurs locaux de la sécurité civile (états-majors de zone de défense, secrétariats généraux des zones de défense, préfets et leurs équipes ainsi que l'ensemble des unités opérationnelles de la sécurité civile), le réseau gouvernemental (secrétariat général de la défense nationale, secrétariat général du comité interministériel de sécurité nucléaire...) et le réseau des centres opérationnels (centre national d'information routière, CPCO, cellule d'urgence du ministère des affaires étrangères, centre opérationnel de la Direction générale de la police nationale ou de la gendarmerie nationale²¹).

Le COGIC fonctionne de deux manières différentes :

- Le centre opérationnel qui est un outil de veille permanente. Il a pour mission quotidienne de recueillir et d'analyser les informations ayant trait à la sauvegarde des populations, des biens et de l'environnement. Il renseigne, dans son domaine de compétence, le cabinet du ministre de l'Intérieur de toute situation justifiant de mesures d'urgence et peut répondre à toute demande d'expertise formulée notamment par les autorités préfectorales ;
- Le centre de crise qui est un outil d'aide à la décision. Le centre est relié en permanence au cabinet du ministre de l'Intérieur et à l'ensemble des PC gouvernementaux, il complète le centre de veille opérationnel. Activé pour toute situation de crise, il en assure le suivi dans sa globalité et contribue à l'aide à la décision du ministre et du Gouvernement. Il peut accueillir, à cet effet, des responsables des services opérationnels, les hauts fonctionnaires de défense de chaque ministère ou encore des équipes d'experts. Entièrement équipé, il facilite la mise en réseau instantanée de l'ensemble des acteurs et garantit ainsi la fiabilité de l'aide à la décision proposée²².

²¹ COGIC - Le site officiel du ministère de l'Intérieur

²² Ministère de l'intérieur 2006



C.O.G.I.C. : Centre Opérationnel de Gestion Interministérielle de Crise
C.O.Z. : Centre Opérationnel de Zone
C.O.D. : Centre Opérationnel Départemental
P.C.O. : Poste de Commandement Opérationnel
P.C.C. : Poste de Commandement Communal

Figure 1- 7 Chaîne opérationnelle de gestion des risques (Mémento, 2008)

1.2.1.4. Niveau zonal

Au niveau national, la France est divisée en sept zones de défense englobant plusieurs régions. Le préfet de zone coordonne la préparation et la mise en œuvre de l'ensemble des mesures de défense et de sécurité civile²³. Le préfet est assisté par le secrétariat général de zone de défense, un centre opérationnel de défense militaire et un Etat Major de zone avec son Centre Opérationnel Zonal (COZ) actif 24h sur 24h. Ayant pour mission d'anticiper tous types de crise, le COZ assure une veille permanente. Il permet à la préfecture de police

²³ Assemblée Nationale N°3540 Constitution du 4 octobre 1958 douzième législature Enregistré à la Présidence de l'Assemblée nationale le 20 décembre 2006. PROPOSITION DE LOI visant à renforcer la coordination contre les risques épidémiques

d'alerter immédiatement les autorités et la population en cas d'intempéries, de problèmes de circulation, de pollution, de crues, etc. En cas d'événement majeur, la préfecture de police active une cellule de crise depuis une salle de commandement dédiée qui lui permet de coordonner l'action de ses partenaires sur le terrain. (Préfecture de Police, 2011)

L'échelon zonal porte appui et fournit des renforts aux départements lorsque ceux-ci sont dépassés par les ampleurs de la crise.

1.2.1.5. Niveau départemental

Au niveau du département, le dispositif opérationnel est sous l'autorité du préfet. Ce dernier est responsable de la préparation et de l'exécution des mesures de défense, de la sécurité et de la protection de la population. Lors d'un événement catastrophique, le préfet devient le Directeur des Opérations de Secours (DOS) et active le Centre Opérationnel Départemental à la préfecture. Le COD, organisé autour du service chargé de la défense et de la protection civile rédige les plans de secours. Le Poste de Commandement Opérationnel (PCO) est chargé de coordonner les différents acteurs agissant sur le terrain.

1.2.1.6. Niveau communal

Le maire dispose d'un pouvoir de police générale, en vertu duquel il est chargé notamment de maintenir l'ordre, la sécurité et la salubrité publics²⁴. Le maire est donc responsable de la sécurité civile sur l'échelon communal. Dans les communes soumises à un PPR ou à PPI, le Plan Communal de Sauvegarde (PCS) est utilisé par le maire ou son représentant désigné et a pour objectif la mise en place de la cellule de crise communale et de la gestion de la crise et des organisations des secours.²⁵

Cette dernière est « constituée d'un nombre limité de personnels préalablement choisis pour leur compétence et leur expérience, ainsi que pour leurs qualités psychologiques et microsociologiques » (Crocq et al., 2009)

1.2.2. Le rôle d'une cellule de crise communale

²⁴ Articles L2211-1, L2212-2 et L2215-1 du code général des collectivités territoriales), la responsabilité d'élaborer le PCS et de diriger la cellule de crise (Art 13 de la loi n°2004-811 du 13 août 2004

²⁵ Préfecture Haute Alpes

La Cellule de Crise Communale (CCC) est un organe de réflexion et de proposition interdisciplinaire capable de réagir immédiatement en cas d'évènements graves ou de risques majeurs, sa constitution permettant à la collectivité de prendre les dispositions les mieux adaptées. Elle doit conseiller et proposer au maire les actions concrètes visant à limiter les effets du sinistre, à mettre en sécurité et à protéger les populations.

Le rôle de la cellule de crise n'est pas de mener les actions sur le terrain mais de définir la conduite des opérations pour guider l'intervention, d'apporter le soutien nécessaire. Elle pilote toutes les phases opérationnelles tels que les renseignements, l'accompagnement, la communication, la remise en état, la logistique, la communication, les services généraux et le standard. On retrouve ici les éléments organisationnels équivalents à ceux mentionnés aux autres niveaux géographiques en France et dans le monde. La cellule de crise peut être déclenchée de la propre initiative du Maire ou à la demande de l'autorité préfectorale.

La cellule de crise a pour mission²⁶ :

- De s'assurer du cadre général de l'intervention (compétences, responsabilités, partage des tâches, etc.) ;
- D'apporter son soutien organisationnel et logistique au(x) centre(s) opérationnel(s) compétent(s) constituant l'échelon tactique ;
- D'anticiper, sous tous ses aspects, l'évolution de la crise, D'inscrire la gestion de l'intervention dans une stratégie plus globale ;
- De préparer les options stratégiques en liaison avec le directeur d'intervention et les soumettre à la décision du DOS ;
- De s'assurer que l'information susceptible d'influer sur les opérations soit communiquée à l'échelon tactique ;
- De s'assurer d'être informé de façon régulière de l'évolution de la situation ;
- D'établir une stratégie de communication adaptée avec les médias, les groupements d'intérêt public, les associations, les collectivités et les personnels concernés ;
- D'instruire et anticiper tous les aspects juridiques et administratifs découlant de l'évènement ;

²⁶ Plan ORSEC Atlantique et Plan ORSEC Méditerranée, 2009

- D'informer les autorités préfectorales, ministérielles ainsi que les autres services de l'Etat ;
- De mobiliser les moyens nécessaires à la conduite de l'intervention au profit du directeur d'intervention ;
- Et d'anticiper enfin les contentieux à venir.

La cellule de crise est structurée en plusieurs équipes pour assurer ces missions. Ces équipes sont composées d'acteurs externes et internes à la cellule.

1.2.3. L'organisation communale en gestion de crise

1.2.3.1. Les acteurs internes à la commune

Durant une situation de crise, le Directeur des Opérations de Secours (DOS), ici le maire, exerce son pouvoir de police dans l'objectif de protéger les personnes, les biens et l'environnement. Il est :

- directeur des opérations de secours pour les opérations plus courantes, c'est-à-dire plus de 90 % des interventions menées par les sapeurs-pompiers ;
- partenaire principal du préfet, directeur des opérations de secours lors de la gestion d'un événement majeur. Le dispositif opérationnel ORSEC sera d'autant plus efficace s'il s'appuie sur une organisation communale déjà structurée dans le cadre du PCS.

De plus, il met en place la cellule de crise. Cette dernière n'a pas vocation à être pérenne et repose sur le principe de réquisition. Elle est divisée en sous cellules dont les tâches sont bien spécifiques. La cellule de crise est à la fois le point de convergence de tous les renseignements nécessaires à l'analyse des événements et à la conduite des opérations mais également le point de départ des ordres, directives et informations nécessaires à la gestion de l'événement. Le nombre de personnes présentes au Poste de Commandement Communal se doit d'être dimensionné par rapport au nombre d'intervenants sur le terrain. Plus les intervenants sont nombreux et plus la Cellule de Crise Communale est étoffée, le principe étant que chaque métier puisse avoir un représentant en capacité d'intervenir au sein de cette entité. La taille moyenne d'une cellule de crise ne doit pas dépasser une quinzaine de personnes (Libaert, 2003).

Selon l'événement, la composition de la cellule varie mais elle comporte une organisation commune à tous :

- Un directeur de crise (pilote-copilote) qui détermine la stratégie d'intervention, prend les décisions et coordonne la cellule de crise afin de la gérer dans les meilleures conditions ;
- Un porte-parole chargé de répondre à l'attente des médias et du grand public de manière structurée et cohérente ;
- Un secrétaire général ;
- Un secrétaire responsable de l'installation de la cellule. Son rôle est d'éditer et de transmettre les comptes-rendus, de tenir à jour les calendriers ainsi que de classer et d'archiver les documents ;
- Un chargé de communication qui assure la liaison et la diffusion d'informations entre les différents acteurs municipaux, les administrations concernées par la gestion de crise et le cabinet du maire ;
- Un chargé de la main courante. La main courante est un cahier sur lequel sont notés les différents événements survenus durant la crise (appels téléphonique, heures de sortie de communiqué de presse, les points d'étapes de la gestion de crise...). Elle est utilisée en cas de litige ou pour en tirer des enseignements et permet d'établir un retour d'expérience complémentaire de celui des acteurs.

La cellule de crise est également en constante interaction avec des acteurs extérieurs pour évaluer, anticiper et intervenir durant la situation.

1.2.3.2. Les acteurs externes à la commune

La gestion de crise implique de nombreux acteurs qui ont des fonctions variées. En plus des acteurs de la Sécurité Civile (Sapeur Pompier, Personnels des services de l'Etat, les militaires des Unité Spéciales) d'autres acteurs sont présents²⁷ (Juanals *et al.*, 2006) (Tableau 1-6 et Figure 1-8)

- Les services médicaux d'urgence (SAMU, SMUR...);
- Les services de santé ;

²⁷ art 2, de la loi n°2004-811 du 13 août 2004

- L'armée, la gendarmerie nationale, la police nationale ;
- Les agents de l'état et les collectivités territoriales ;
- Les établissements publics ou privés (DDE, DRIRE...) ;
- Les associations (Croix Rouges ...).

Tableau 1-6 L'ensemble des acteurs se mettent à disposition du Directeur des opérations des secours (Juanals *et al.*, 2006)

	- Préfet - Police, Gendarmerie, RG - Secours Publics	- Procureur de la République - Hôpitaux Centre anti-poison	- Administrations concernées - Medecin et inspecteur du travail - ...	
	AUTORITES POUVOIRS PUBLICS ADMINISTRATIONS			
Victimes et proches	PARTENAIRES HORS CULTURE OU SENSIBLES	CELLULE DE CRISE	PARTENAIRES PROFESSIONNELS	Clients Fournisseurs Réseaux vitaux
Associations (consommateurs, riverains, environnement...)		INTERNE		Laboratoires d'analyses
Familles du personnel		- Encadrement - Collaborateurs - Syndicats - CE - CHSCT - Siège - Autres sites		Banques Assurances Huissier Avocat ...
Médias (agences, presse écrite, radio, TV...)				
Experts reconnus				
Leaders d'opinion				

L'ensemble des acteurs se mettent à disposition du Directeur des opérations des secours (DOS) pour gérer les situations accidentelles ou de crise, pour protéger les citoyens, les biens et l'environnement. En plus d'être à disposition du DOS, ils sont en relation avec les acteurs internes à la commune²⁸.

²⁸ Circulaire du 12 janvier 2011 relative à l'articulation entre le plan d'opération interne, l'intervention des services de secours publics et la planification Orsec afin de traiter les situations d'urgence dans les installations classées



Figure 1- 8 Acteurs présents lors d'un événement d'urgence

Le Plan Communal de Sauvegarde est le document qui décrit l'organisation au niveau communal. Il met en œuvre une organisation prévue à l'avance en cas de survenance d'événements graves dans le but de sauvegarder la population et de protéger l'environnement. Le point suivant détaille les moyens et les dispositions mises en œuvre durant une situation de crise.

1.2.4. Les moyens opérationnels et les dispositifs mis en place

Selon la gravité de l'événement, différents dispositifs sont mis en place. Ces dispositifs, en plus des décrets cités dans le point 1.1.3, font recours à des plans de secours pour réaménager et coordonner les nombreux plans existants. Le tableau 1-7 est un exemple des dispositifs mis en place en fonction de la gravité de l'événement (DDSC, 2006).

Tableau 1-7 Synthèse des dispositifs en fonction de la gravité de l'événement (DDSC, 2006)

Evènements		Acteurs	Dispositifs		
Exemples	Caractéristiques		DOS	P.C	COD
Accident routier simple, Incendie simple	Localisé et courte durée, conséquences immédiates	Services de secours	Maire	P.C Service	Veille
Accident routier Incendie important		Services de secours avec renforts		P.C inter services P.C.C	Suivi
Accident routier avec de nombreuses victimes, Accident de TMD, Incendie avec problématiques particulières (PPI)	Localisé et quelques heures, conséquences immédiates	Services d'urgence + autres acteurs	Préfet	P.C.O Pc de services P.C.C	Appui du COD
PPI type AZF Toulouse Pollutions (Erika, Prestige) Inondations, Intempéries	Localisé multi-sites, Durée de plusieurs jours Conséquences évolutives	Services d'urgence + autres acteurs		Un ou plusieurs PCO Pc de services et P.C.C	Direction
Tempêtes type 1999, Pandémie Inondations types 2002 dans le Gard Accident nucléaire	Touchant une partie ou la totalité du département, durée de quelques jours à plusieurs semaines et conséquences évolutives	Mobilisation générale			Direction renforcée

PC : Poste de Commandement – PCC : Poste de Commandement Communal – PCO : Poste de Commandement Opérationnel – COD : Centre Opérationnel Départemental – DOS : Direction des Opérations de Secours

Dans cet exemple, se trouve le plan particulier d'intervention (PPI), il concerne les entreprises, il « est établi pour faire face aux risques particuliers liés à l'existence ou au fonctionnement d'ouvrages ou d'installations dont l'emprise est localisée et fixe ». D'autres plans peuvent se rajouter qui sont dédiés, quant à eux, aux entreprises classées Seveso afin de maîtriser un sinistre en interne, comme le plan d'opération interne (POI). Le POI a pour but d'organiser la lutte contre tout sinistre et doit détailler les moyens et équipements mis en œuvre en interne spécifier qu'il est à la charge de l'exploitant d'un ICPE. Concernant la commune, celle-ci a un plan communal de sauvegarde (PCS) qui permet au maire de compléter par son organisation les plans ORSEC et par voie de conséquences les PPI et POI en vigueur sur la commune.

1.2.5. Conclusion

Le tableau 1-8 synthétise tous les plans mis en vigueur pour les différentes gestion de crise.

Tableau 1-8 Synthèse des documents existants et place du PCS

Portée Départementale	Portée Communale	
Préfet Initiateur de sa mise en œuvre	Préfet Initiateur de sa mise en œuvre	Maire Initiateur de sa mise en œuvre
ORSEC SDACR	PPI POI	PCS

L'objectif de ces plans est « *d'assurer la continuité de la vie quotidienne jusqu'au retour à la normale* » (Hansen-Glize, 2008). Malheureusement, ces plans et ces méthodes peuvent ne pas suffire pour une bonne gestion de crise. En effet, selon Association Française d'Ingénierie Système (AFIS)²⁹ : « *les entreprises risquent d'être confrontées à des événements qui peuvent se transformer en crises graves mettant en cause leurs performances, leur image, voire leur survie. Le risque et sa maîtrise sont donc une préoccupation majeure dans les entreprises. Cette maîtrise est d'autant plus difficile que les systèmes techniques, les organisations assurant leur développement, leur production, leur exploitation et leur maintenance ainsi que l'environnement dans lequel ces systèmes opèrent sont eux-mêmes de plus en plus complexes* ». D'autres dispositifs peuvent compléter la gestion de crise pour permettre de prendre en comptes les risques et de mesurer la performance de la gestion de crise. Les exercices de simulation de crise permettent de préparer l'organisation pour faire face à une situation dangereuse. Ils sont considérés comme bénéfiques, selon l'agence Fédérale Américaine de Gestion des Urgences (FEMA), pour améliorer les connaissances, les compétences et les attitudes en réponse à des événements accidentels (Lagadec 2008; Stern 2002; Borodzicz, 2005). Trois types d'exercices de gestion de crise sont identifiés : les exercices en grandeur nature, les exercices sur table et les exercices fonctionnels (assistés par ordinateur) (Chen *et al.*, 2006). Les exercices en grandeur nature simulent des scénarios réalistes en vue de familiariser les participants et d'évaluer les fonctions mises en jeux en cas

²⁹ www.afis.fr/

de catastrophes. (Peterson *et al.*, 1999). L'exercice sur table est prévu pour le personnel de direction qui repose sur des situations dont les issues sont théoriquement ouvertes. Les participants doivent définir leurs actions pas à pas. Enfin, les exercices fonctionnels ont pour objectif d'examiner les éléments tels que la planification, la préparation, l'exécution, l'analyse et la rétroaction (Oser, 1999; Borodzicz *et al.*, 2003). Ce dernier type est intéressant, car même s'il ne permet pas de représenter toute la réalité de la crise, il donne la possibilité de reproduire et de répéter les scénarios. C'est pour cette raison que ce type d'exercice sera retenu dans ce travail. Le point suivant présente quelques outils d'aides à la gestion de crise existante. Cette étude permet de mettre en évidence les choix techniques et pédagogique utile pour la suite du travail.

1.3. Les aides à la gestion de crise

Des outils de simulation ont été conçus pour répondre aux besoins des entreprises, sécurités civiles et les hautes autorités. Deux types d'outils existent sur le marché : des outils de calcul de comportement des entités et de la propagation des phénomènes physiques et des outils comprenant des environnements virtuels.

1.3.1. Le système ICrisis

L'école des Mines de Nancy propose un simulateur pour former les entreprises et les étudiants à la gestion de crise. Le Simulateur de crise est composé d'un dispositif organisationnel et d'un système technologique qui sont reliés à internet. Le principe de ce simulateur est de mettre en jeu trois cellules (la cellule de crise, la cellule animation et la cellule de journaliste) et d'observer les processus de prise de décision (Verdel *et al.*, 2010). Ce simulateur se concentre que sur l'aspect décisionnel et permet aux acteurs de se rendre compte des difficultés rencontrées dans une réelle situation de crise.

1.3.2. Simulation Multi-Agents de situation de secours

L'IRIT (Institut de Recherche en Informatique de Toulouse) a développé un outil en temps réelle permettant de simuler le comportement des acteurs de terrain en situation de crise. Ce simulateur est basé sur les Systèmes Multi-Agents (SMA) et simule au niveau macroscopique les interactions entre acteurs. Ces SMA sont caractérisés par les spécificités de la situation et les actions sur le terrain. Ce projet a pour objectifs d'évaluer les différents modes

d'organisation possibles ainsi que l'impact des nouvelles technologies de l'information et de la communication (Bellamine-Bensaoud *et al.*, 2006).

1.3.3. Plateforme décisionnelle Cindy

La plateforme décisionnelle Cindy développé par EGERIE SA conceptualise la crise en utilisant l'approche par les risques. Cette approche permet une modélisation de la crise (tâche, fonctions, ressources) et son suivi en temps réel. La plateforme Web structure l'organisation et permet d'acquérir une culture du risque, gérer la crise, d'avoir une aide permanente et un retour d'expérience grâce à la main courante.

1.3.4. OGERIC

Le Ministère de l'Ecologie, du Développement Durable et de l'Energie (MEEDDM) a réalisé en 2008 le développement d'une application nationale SIG d'aide à la gestion de crise, avec l'appui du CETE (Centre d'Études Techniques de l'Équipement) Méditerranée, à destination des services déconcentrés (zonaux et départementaux).

OGERIC est un outil d'aide à la décision en cellule de crise. Il permet d'exploiter le potentiel d'un Système d'information géographique (SIG) pour la gestion de crise sans maîtriser dans le détail les outils géomatiques.

OGERIC permet, en cellule de crise de :

- Saisir des événements dans une base de données ;
- Cartographier et localiser précisément les événements ;
- Croiser des données attributaires (base de données INSEE, données PARADES sur les moyens en matériel de BTP, ...) ;
- Croiser des couches géographiques (réseau routier, zones inondables, ...) ;

1.3.5. Environnement semi virtuel de formation à la gestion stratégique de crise.

L'école Nationale Supérieur des Mines d'Alès propose un environnement semi virtuel de formation à la gestion stratégique de crise. Cet environnement basé sur les Systèmes Multi Agents est un outil de formation à la gestion stratégique de crise. L'objectif de cet environnement est de permettre au décideur de s'entraîner sur des scénarios inconnus et de

capitaliser les données des retours d'expériences pour améliorer l'expertise des acteurs de la cellule de crise.

Quatre étapes ont été nécessaires à la conception de ce prototype : une phase de conception du système, une étape de modélisation d'un exercice de gestion de crise, une élaboration d'une typologie d'événements et d'éléments logiciels et une méthodologie d'évaluation des participants (Tena-Chollet, 2012).

1.3.6. Conclusion

Plusieurs simulateurs existent sur le marché et répondent aux différents besoins des utilisateurs. Certains simulateurs proposent des exercices de façon fidèle à la réalité. Ces simulateurs ne permettent pas de tester les procédures d'intervention de manière exhaustive vu le coût, le temps et la disponibilité des personnels. Mais d'autres simulateurs proposent des formations mono utilisateur comme le projet proposé par l'IRIT. L'outil permet d'analyser et de comprendre le comportement des acteurs en utilisant les Systèmes Multi Agents. L'avantage de cette modélisation est qu'elle repose sur sa « simplicité ». En effet, elle détermine un certain nombre de paramètres reliés entre eux par des règles implémentées dans le simulateur pour représenter de façon dynamique l'environnement (Bellamine-Bensaoud *et al.*, 2006). Une fois que le paramétrage est implémenté, plusieurs simulations peuvent être effectuées. Mais cette étude ne se fait qu'au niveau du terrain. Pour répondre à la problématique énoncée, l'objectif de cette thèse est de pouvoir étendre la simulation agents à la cellule de crise pour étudier le comportement de celle-ci et évaluer sa performance.

1.4. Synthèse

Ce chapitre a présenté le cadre général de la problématique de la gestion de crise en insistant sur la cellule de crise et l'organisation face à la gestion de crise. Dans une perspective de modélisation de la cellule de crise, ce chapitre souligne la nécessité de s'intéresser au processus de la gestion de crise et des acteurs présents pendant la survenue d'un risque majeur. L'organisation joue un rôle important dans la cellule de crise. En cas de survenance d'un événement grave, elle ne doit en aucun cas être déstabilisée. Or, la crise peut mettre en cause la performance de l'organisation. C'est pour cette raison que l'évaluation de la performance organisationnelle permettra de repérer les forces et les faiblesses de l'organisation selon différents contextes. Ainsi, après avoir défini l'organisation de la cellule

de crise, le chapitre suivant met l'accent sur la performance organisationnelle et aborde les notions d'indicateur de performance et sa contribution dans le cadre de la cellule de crise.

Chapitre 2: La Performance organisationnelle : Méthodes et outils de mesure

2.1. Les organisations	66
2.2. La performance	68
2.3. Méthode et outil pour mesurer la performance.....	71
2.4. La performance : quelle mesure pour la gestion de crise?	86
2.5. Synthèse	90

Le chapitre précédent a présenté le contexte général de la gestion de crise et a mis en évidence la complexité et la fragilité de l'organisation du fait du nombre important d'acteurs lors de cette gestion et des incertitudes liées aux intentions entre acteurs, selon le phénomène, le territoire etc....

Ce chapitre souhaite présenter la performance organisationnelle d'un système et sur la manière de la caractériser. Il s'articule en quatre parties : la première partie introduit le concept d'organisation ainsi que l'état de l'art. La deuxième partie présente la notion de performance.

Ensuite seront présentées les méthodes et outils permettant de mesurer la performance organisationnelle. Dans la dernière partie, une synthèse sur la performance des organisations pour la gestion de crise sera faite.

2.1. Les organisations

Mintzberg (1994) définit l'organisation comme « *la somme totale des moyens employés pour diviser le travail entre tâches distinctes pour ensuite assurer la coordination nécessaire entre ces tâches* ».

Une organisation peut avoir trois sens, selon Crozier et Friedberg (2009) :

- « *un regroupement d'humains qui coordonnent leurs activités pour atteindre des objectifs communs ; l'organisation est ici envisagée comme une réponse aux problèmes de l'action collective, de sa coordination, sa stabilisation et de son développement ;*
- *Les diverses façons par lesquels les groupements structurent leurs moyens dont ils disposent pour parvenir à leurs fins ;*
- *L'action organisée ou le processus qui engendre les groupements ou les structures organisationnelles.*

L'étude des organisations répond alors à une triple exigence :

- *Les sociétés modernes et anciennes se composent d'ensembles au sein desquels les entreprises passent une grande partie de leur vie. Il est donc essentiel d'analyser et de*

comprendre le fonctionnement de ses groupes (concentration industrielle, accroissement du pouvoir du syndicat, développement du secteur privé) ;

- *Les organisations malgré leurs différences ont des caractéristiques communes et ont à résoudre des problèmes voisins ;*
- *Il importe de comprendre la logique qui se cache derrière cette diversité organisationnelle. A cet effet, il y a autant de formes spécifiques d'organisations que d'objectifs justifiant l'aspect collectif, économique, politique, culturel et religieuse etc....».*

L'organisation joue un rôle important dans la gestion des risques et des crises. En cas de crise, l'événement déclencheur peut déstabiliser les organisations des cellules de crise qui sont prises au dépourvu et risquent réagir de façon inappropriée du fait de leur vulnérabilité. L'échec de la gestion de crise consécutive à l'ouragan Katrina, en 2005, souligne la vulnérabilité intérieure des Etats-Unis et les failles de son dispositif de sécurité intérieure. Il a été le révélateur d'une impréparation de fond.

Partant de ces observations, comment peut-on évaluer la capacité d'une organisation dans le but de rester performante ?

La théorie des organisations a pour but d'analyser le fonctionnement et la structure d'une entreprise pour proposer des améliorations pour que l'organisation ne soit pas déstabilisée. Elle est située à la limite entre l'économie, la sociologie, la gestion, la science politique, la psychologie, les sciences de la décision.... Elle peut être analysée sous plusieurs angles, l'un d'eux est l'approche sociologique des organisations. Cette dernière analyse le système selon les relations d'acteurs évoluant dans une organisation (Rojot, 2005). Elle apporte une compréhension des comportements humains dans l'organisation de la cellule de crise. Crozier et Friedberg (1981) présentent le construit social dynamique, et mettent en évidence la théorie de l'analyse stratégique qui étudie le comportement des acteurs pour démontrer la rationalité des comportements. L'IRIT (Institut de Recherche en Informatique de Toulouse), en se basant sur le concept de Crozier et Friedberg, a développé des techniques pour simuler le comportement des acteurs sociaux. L'approche sociologique des organisations n'a pas été prise en considération dans ce projet car cette approche doit prendre en compte les relations conflictuelles entre acteurs et ce paramètre n'a pas voulu être pris en compte dans ce travail de thèse du fait de la particularité de la gestion de crise.

En revanche, Katz et Kahn (1966 *in* Rojot, 2005), énoncent la théorie des organisations en se fondant sur les travaux de Talcott Parson (1964) et sur la notion de système social ouvert. Ils distinguent les composants organisationnels permettant un fonctionnement efficace de l'organisation :

- Les composants techniques ou de productions qui concernent les produits et les transformations énergétiques ou informationnelles pour les produire ;
- Les composants de soutiens aidant à se procurer les entrées et à diffuser les produits dans l'environnement (achats, ventes) ;
- Les composants d'entretiens qui agissent sur les moyens pour assurer la réalisation de l'activité (garantit la capacité de production du personnel et de l'équipement) ;
- Les composants adaptifs aux changements qui assurent l'adaptation ;
- Les composants managériaux qui gèrent les activités internes et externes ainsi que les conflits.

Ces composants font apparaître les premiers grands points d'indices de performance organisationnelle. Le point suivant aborde cette notion et définit les caractéristiques de la performance.

2.2. La performance

Selon la remarque de Bourguignon (1995), le terme de performance est largement utilisé sans que sa définition fasse l'unanimité. Les origines étymologiques de ce terme signifient l'accomplissement pour évoquer par la suite l'exploit et le succès (Gauzente, 2000).

Les définitions trouvées à partir de l'état de l'art permettent de définir la performance comme étant l'association de l'efficacité et de l'efficience. L'efficacité et l'efficience sont deux éléments qui peuvent influencer la croissance des organisations. L'efficacité est la capacité à réaliser des objectifs et l'efficience est le rapport entre les moyens et les efforts mis en œuvre et le niveau des résultats. « *L'accroissement de cette dernière provient de la maximisation de l'utilisation de ressources qui passe par l'augmentation de la production sans accroissement des coûts, ou de la délivrance d'un niveau de production ou de service donné en réduisant les dotations factorielles* ». Par exemple la mesure d'efficience d'une entreprise est le ratio chiffre d'affaires / effectif de la force de vente. Son accroissement est liée soit à un

accroissement du chiffre d'affaires et / ou une réduction de l'effectif commercial³⁰ (Desreumaux, 1992).

La plupart des travaux de recherche qui traitent de la notion de performance s'accordent sur certaines de ses caractéristiques (Tahon, 2003 ; Cambon, 2007) :

- elle dépend d'un référent : l'objectif à atteindre. Comme le définit Lorino, « *est performant, tout ce qui, et seulement ce qui, contribue à atteindre les objectifs* » (Lorino, 2003) ;
- elle est subjective car elle dépend de la perception de celui qui la définit ;
- elle renvoie à un objet inféré à un haut niveau d'abstraction, difficilement observable et mesurable directement. Elle ne peut ainsi être appréhendé, comme il est souvent vu comme un concept unidimensionnel mesuré avec un indicateur unique (Saulquin *et.al*, 2005) : elle peut être considérée comme un construit, observable et représentable à l'aide de plusieurs indicateurs ;
- au sens strict ou latin, elle est l'effet, le résultat de l'action. C'est d'ailleurs dans ce sens que le terme a été employé dans le chapitre précédent (« performances de sécurité » pour désigner les résultats obtenus par l'entreprise en matière de sécurité) ;
- au sens large ou anglo-saxon, dans une approche considérant que le résultat n'est rien en soi si ce n'est le produit, la concrétisation des activités qui le sous-tendent, elle peut être considérée comme l'accomplissement, la réalisation d'un ensemble d'activités, d'étapes logiques élémentaires de l'action. Elle se rapproche ainsi de la notion de démarche.

La performance apparaît dans certaines communications comme un système, articulé autour d'un grand nombre de variables dont la dynamique dans le temps et dans l'espace peut engendrer des situations plus ou moins dangereuses pour une organisation. Pour évaluer la performance, deux notions doivent être prises en compte : la qualification des enjeux selon plusieurs facteurs et la quantification du niveau d'endommagement.

En effet, la performance d'une organisation est mesurée par des critères de performance. Il n'existe pas de critère unique, ni de liste exhaustive répertoriant les différents critères de performance.

³⁰ ISO 11620:2008

Mais certains auteurs énoncent une représentation générale de la performance, comme Olivier de la Villarmois (2001) qui a analysé les travaux de Quinn et Rohrbaugh (1983) et Morin *et al.* (1994) dont l'objectif est d'énoncer une vision globale de la performance. Quinn et Rohrbaugh (1983) ont une vision purement académique. Dans leur recherche, ils ont synthétisé les indicateurs de performances de différents auteurs (Scott, 1977 ; Seashore, 1979 ; Cameron, 1978 in de Villarmois, 2001). A partir des travaux de ces derniers et des modèles d'indicateurs de performances (le modèle rationnel³¹ et le modèle du système naturel³²), Quinn et Rohrbaugh ont mis en évidence trois dimensions de la performance organisationnelle: objectifs interne/externe, flexibilité/contrôle et moyens/résultats. Ces dimensions ont permis de déterminer huit cas de figures (Figure 2-1) :

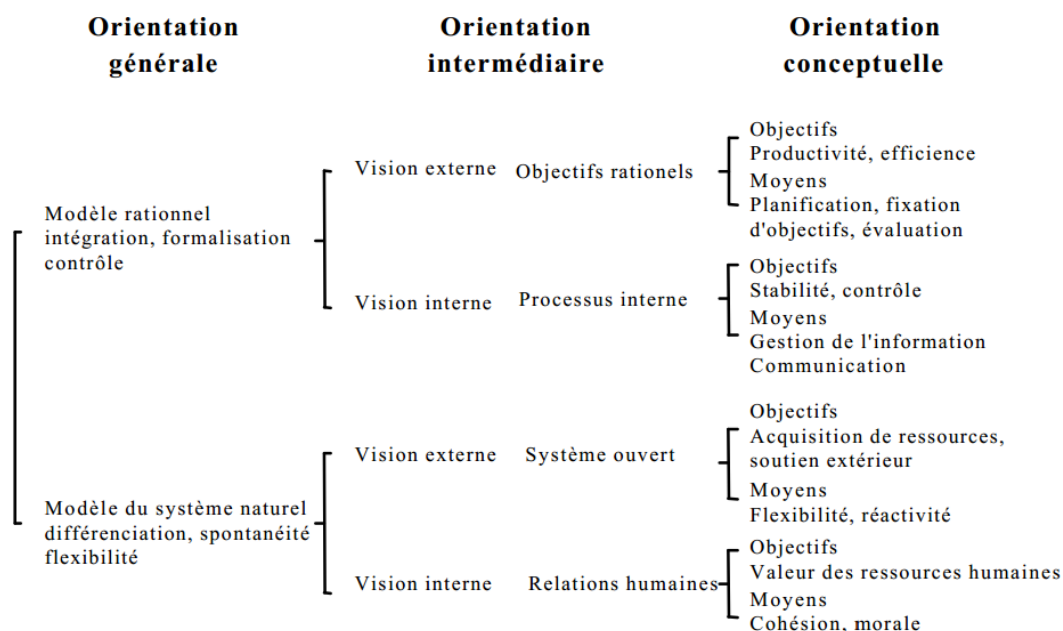


Figure 2- 1 Les différentes dimensions de la performance organisationnelles (Quinn *et al.*, 1983)

Cette réflexion sur le concept de performance et sur les différentes dimensions vont permettre d'identifier les indicateurs de performance pour pouvoir les mesurer.

La mesure de la performance organisationnelle est un complément à la planification stratégique. Deux types d'instruments ont été identifiés pour mesurer la performance : les instruments de mesure (variables tangibles) et les indicateurs (variables intangibles). Le prochain point présente ces différents instruments permettant de mesurer la performance.

³¹ Intégration et formalisation de contrôle

³² Différenciation, spontanéité et flexibilité

2.3. Méthode et outil pour mesurer la performance

Dans le point précédent, le terme « mesure de la performance » a été cité plusieurs fois mais n'a pas été défini, ni décrit. Tout d'abord, la mesure renvoie à une « *Action d'évaluer une grandeur d'après son rapport avec une grandeur de même espèce, prise comme unité et comme référence : la mesure du temps, des longueurs* » (Larousse 2012).

En utilisant la définition de la performance et de la mesure, on peut déduire que la mesure de la performance permet de décrire et de mettre en œuvre efficacement la stratégie, de surveiller l'organisation, de prendre des décisions, d'améliorer sa coordination (Malina *et al.*, 2004).

L'état de l'art n'a pas permis d'identifier une méthode commune de mesure de la performance organisationnelle. Cette section a pour but de présenter les différentes méthodes et outils permettant de mesurer la performance des organisations. La première partie définira les indicateurs de performance et la méthodologie permettant le choix des indicateurs. La deuxième partie présentera comment seront intégrés ces indicateurs dans un instrument d'action afin de prendre connaissance de l'état et de l'évolution du système.

2.3.1. Les indicateurs de performance

Selon Lorino (2003) « *Un indicateur de performance est une information devant aider un acteur, individuel ou plus généralement collectif, à conduire le cours d'une action vers l'atteinte d'un objectif ou devant lui permettre d'en évaluer le résultat.* »

Dans ce projet de recherche, les indicateurs de performance servent à mesurer l'impact qu'a une sous-cellule de crise sur une autre cellule face un événement d'urgence. Pour obtenir ces résultats de répercussions, la première étape est de construire les indicateurs. Pour cela, Morin *et al.* (1994) identifient quatre grands courants de pensée (de la Villarmois, 2001; Gauzente, 2000):

- L'approche économique : les théories classiques-bureaucratiques qui privilégient les critères économiques ;
- L'approche sociale : elle découle des apports de l'école des relations humaines qui a posé en particulier le problème de l'intégration des objectifs individuels et des objectifs organisationnels ;
- L'approche systémique : elle définit l'organisation comme un système dont la finalité est la survie. Elle met en avant les capacités de l'organisation : « *l'efficacité* »

organisationnelle est le degré auquel une organisation, en tant que système social disposant de ressources et moyens, remplit ses objectifs sans obérer ses moyens et ressources et sans mettre une pression induue sur ses membres. » (Georgopoulos *et al.*, 1957 in Gauzente 2000) ;

- L'approche politique de l'organisation qui renvoie essentiellement à la satisfaction des différents groupes externes tels que les bailleurs de fonds, de fournitures, les clients, la société et les organismes régulateurs.

La figure 2-2 résume les quatre dimensions de la performance organisationnelle de Morin *et al.* (1994) :

Valeur des ressources humaines	Efficience économique
Mobilisation du personnel Moral du personnel Rendement du personnel Développement du personnel	Economie des ressources Productivité
Légitimité de l'organisation auprès des groupes externes	Pérennité de l'organisation
Satisfaction des bailleurs de fonds Satisfaction de la clientèle Satisfaction des organismes régulateurs Satisfaction de la communauté	Qualité du produit Rentabilité financière Compétitivité

Figure 2- 2 Les quatre dimensions de la performance organisationnelle (Morin *et al.*, 1994)

Ces différentes dimensions permettent de construire les premiers indicateurs organisationnels. Les indicateurs « sont une mesure - ils sont généralement des ensembles d'informations utilisées sur une base régulière pour mesurer des changements. Ils peuvent utiliser des informations quantitatives (données brutes, des nombres comparables) et des informations qualitatives (opinions, valeurs, oui/non). Les indicateurs les plus utiles sont ceux qui mesurent les principaux domaines à risque et fournissent des informations qui peuvent clarifier des causes relatives aux problèmes importants » (TOMM, 2006).

L'indicateur a pour rôle de mesurer la situation et déclencher une prise de décision (figure 2-3). Pour prendre une bonne décision, le décideur doit prendre en compte :

- l'atteinte d'un objectif ;

- la situation perçue ;
- l'expérience et les valeurs du décideur ;
- les motivations ;
- les mesures du risque ;
- les moyens disponibles (Fernandez, 2010).

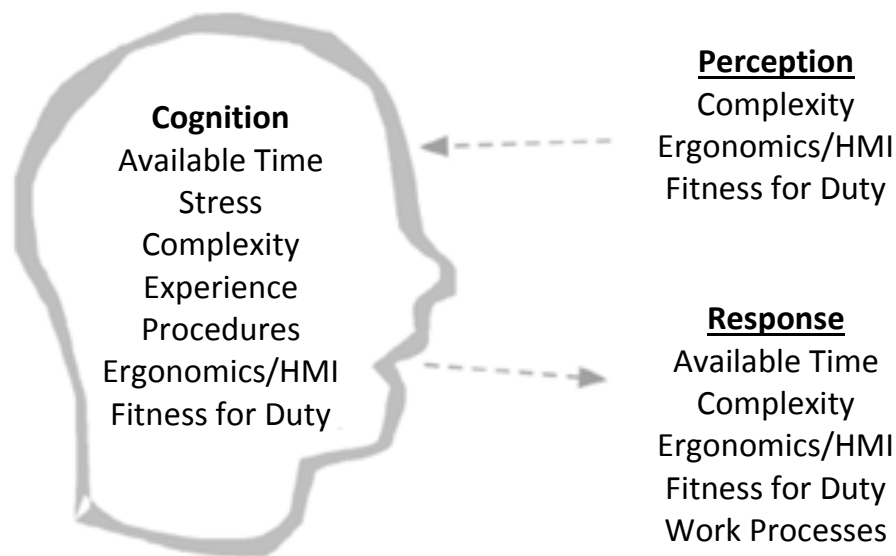


Figure 2- 3 Performance Shaping Factors in the information Processing context (Fernandez, 2010)

Comme évoqué précédemment, Lorino (2003) distingue deux situations correspondantes à des fonctions distinctes de l'indicateur, selon son positionnement par rapport à l'action :

- « soit il s'agit d'évaluer le résultat final de l'action achevée ... on parlera alors d'indicateurs de résultat. Par définition, l'indicateur de résultat arrive trop tard pour infléchir l'action, puisqu'il permet de constater que l'on a atteint ou non les objectifs : c'est un outil pour formaliser et contrôler des objectifs, donc des engagements. » ;
- « soit s'il s'agit de conduire une action en cours, d'en jalonner la progression en permettant, si nécessaire, de réagir (actions correctives) avant que le résultat soit consommé – on parlera alors d'indicateur de processus de suivi. Un indicateur de suivi doit révéler les évolutions tendancielle dans les processus et fournir une capacité d'anticipation ou de réaction à temps ».

Le choix des indicateurs est la principale difficulté lors de la mesure de la performance organisationnelle. Les indicateurs doivent représenter le système en fonction des objectifs. En effet selon l'objectif les indicateurs ne sont pas les mêmes. (Fernandez, 2010).

Les indicateurs sont construits à partir des informations de l'organisation. L'indicateur doit avoir une pertinence opérationnelle, cognitive et stratégique (figure 2-4) :

- Pertinence stratégique : mesurer un ou plusieurs objectifs. Les indicateurs mesureront la performance organisationnelle selon les objectifs préalablement définis ;
- Pertinence opérationnelle: induire l'action. Les indicateurs doivent permettre de prendre une décision pour corriger les erreurs ;
- Etre constructible : Pour construire un indicateur, les informations suivantes doivent être utilisées: accessibilité technique, pérenne, degré de confiance, simplicité, partage de l'information, coût ;
- Et l'utilisation en temps réel : les informations doivent être disponibles au moment nécessaire (Fernandez, 2010 ; Lorino, 2003).

L'indicateur se trouve au centre du triangle « stratégie traduite en objectifs/ processus d'action/ acteur (collectif)» (Lorino, 2003) ainsi que le Temps réel.

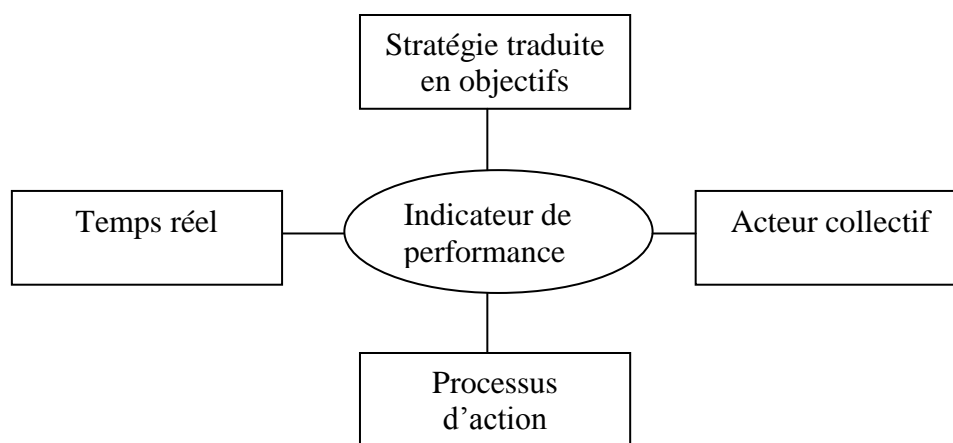


Figure 2- 4 Le triangle stratégie traduite en objectifs/ processus d'action/ acteur (collectif)/ Temps réel

Mais de nombreuses recherches (Rogers *et al.*, 1998 ; Gauzente, 2000 ; Lorino, 2003 ; Fernandez, 2010 ; Hollnagel *et al.*, 2005 ; Dautun, 2007) ces dernières années, s'effectuent sur l'identification des facteurs de performance organisationnelle. Les critères suivants sont les plus souvent cités:

- le facteur organisationnel et institutionnel : le degré de complexité du réseau organisationnel ;
- le facteur techniques et ressources : le type d'infrastructure dédié à la gestion des crises ;
- le facteur temps ;
- le facteur connaissance et compétence : l'expérience antérieure face aux crises, le niveau de préparation, l'inhabilité à utiliser efficacement des équipements d'alerte et de communication.

En plus de ces caractéristiques, le gestionnaire doit se poser les questions suivantes pour évaluer la performance organisationnelle :

- « Cet » indicateur est-il important pour le succès de l'entreprise ?
- L'information pour le mesurer est-elle disponible ?

De plus, l'identification des indicateurs de performance se fait rarement par un seul acteur. Cette identification se fait collectivement et s'inscrit dans la durée. L'ingénierie du système d'indicateur n'est donc pas qu'un simple développement informatique. Elle requiert des pratiques de recherche collective (Dewey, 1967) et elle est fondée sur la stratégie et la connaissance.

Toutes ces informations nous permettent de construire les indicateurs qui pourront mesurer la performance organisationnelle de la cellule de crise. En collaboration avec la ville d'étude et à l'aide des caractéristiques présentées dans cette section, les indicateurs de performance organisationnelle peuvent être à présent identifiés. Afin d'être analysé, ces indicateurs seront intégrés dans un outil d'évaluation de l'organisation. Le point suivant présente un de ces outils : Le tableau de bord.

2.3.2. Le Tableau de bord

2.3.2.1. Outils d'évaluation de l'organisation des communes

Après avoir définie la notion de performance, il est intéressant d'étudier les différents outils d'évaluation de l'organisation des communes. Ces outils sont les différents moyens d'information et d'aide à la décision nécessaires au pilotage. Ces outils sont connus sous le

nom de contrôle de gestion. Le contrôle de gestion est le processus par lequel les dirigeants s'assurent que les ressources sont obtenues et utilisées avec efficacité et efficience pour réaliser les objectifs de l'organisation. Le contrôle de gestion constitue un système d'information destiné au responsable opérationnel et fonctionnel. Il est le processus par lequel les dirigeants s'assurent sur les ressources qui sont obtenues et utilisées avec efficacité et efficience pour réaliser les objectifs de l'organisation. Il doit permettre aux managers de piloter son unité de gestion (programmer des moyens et des étapes, contrôler les performances et réagir) et de rendre comptes (présenter les résultats obtenus, les décisions prises) (Bouquin, 1989). Pour matérialiser les phases de finalisation de pilotage et d'évaluation, de nombreux outils de contrôle de gestion existent comme (Figure 2-5) (Abi Azar, 2005 ; Vilain, 2003 ; Fernandez *et al.*, 1996) :

- Les outils de prévision: ils étudient l'évolution en matière des opportunités de l'environnement. Ils sont matérialisés par des plans stratégiques, opérationnels et de budgétisations. Ils ont pour objectif d'orienter le choix des axes stratégiques de l'entreprise, de ses objectifs généraux et de déterminer les hypothèses économiques ;
- Les outils de suivi: permettent de recenser de suivre la variation des indicateurs pour comparer les résultats aux objectifs, d'interpréter les écarts et de prendre des mesures correctives. Ils se présentent sous forme de :
 - Suivi budgétaire : il a pour objectif de comparer les écarts entre les prévisions préétablis et la réalité ;
 - de reporting: il est défini comme étant les "*Procédures de circulation des informations assurant leur remontée régulière et formalisée des filiales et des unités de base vers les niveaux hiérarchiques supérieurs et la direction générale. Le reporting est constitué de rapports de contrôle ou d'activité ponctuels ou généraux, synthétiques et pertinents pour le niveau hiérarchique auquel ils sont destinés*" ;³³
 - des tableaux de bord: Le tableau est un outil de pilotage qui présente de manière synthétique un nombre limité d'indicateurs (financiers, physiques et/ou qualitatifs) dans le but de repérer les points clés de leur gestion et d'améliorer la prise de décision.

³³ <http://savoir.fr/reporting-rapport-de-contrôle-ou-d-activité>

- Les outils d'analyse: ils fournissent des explications des résultats pour améliorer le contrôle de gestion. Ils se présentent sous forme de benchmarking qui compare les résultats de l'unité de gestion à ceux qui sont obtenues par d'autres responsables ou par le reengineering qui reconfigure une fonction de l'unité afin d'améliorer la qualité du service.

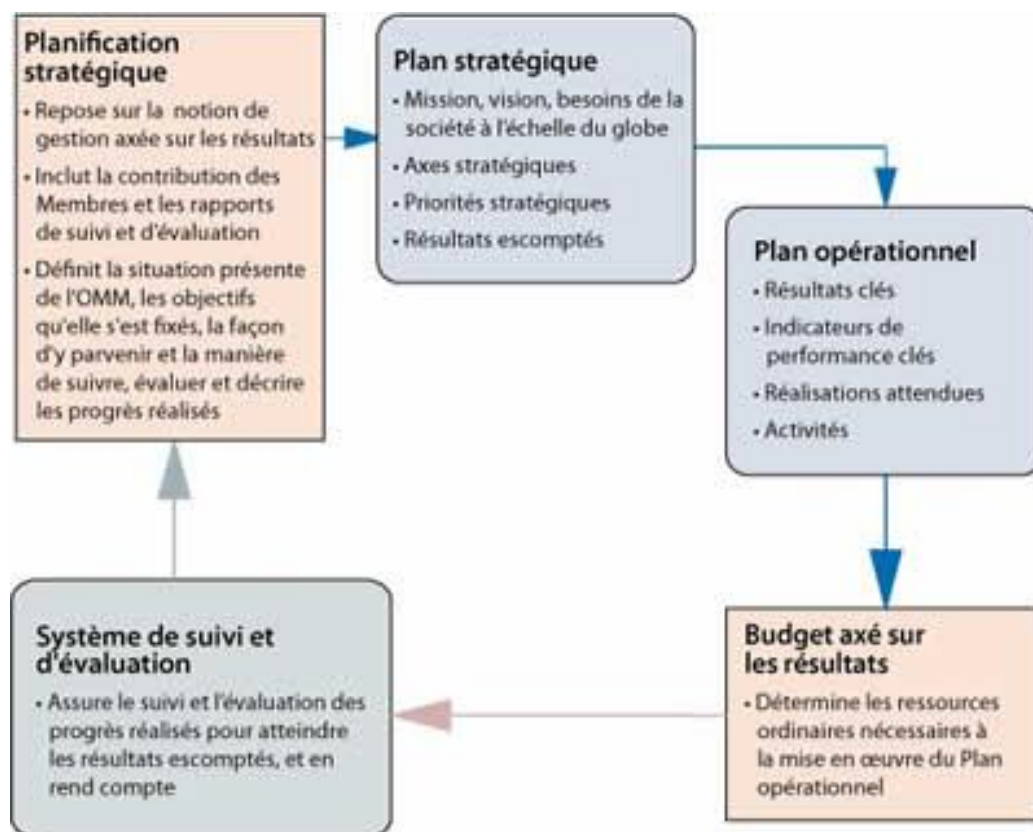


Figure 2- 5 Les outils de contrôle de gestion³⁴

Cette analyse a permis de lister l'ensemble des outils de pilotage que l'on peut trouver au sein d'une organisation. L'objectif de ce projet de recherche est d'étudier le comportement des acteurs de la cellule de crise. Certains de ces outils peuvent être utilisés pour l'analyse de la performance de l'organisation. En effet, comme ce projet intègre des indicateurs non-financiers, il semble que l'outil tableau de bord soit le mieux adapté à l'analyse de l'organisation. Le tableau de bord est un système de mesure de la performance qui fournit aux cadres dirigeants un panorama rapide mais complet de leur système.

³⁴ http://www.wmo.int/pages/about/spla_fr.html

2.3.2.2. Caractéristiques d'un tableau de bord

Les indicateurs cités précédemment peuvent être regroupés dans un tableau de bord conçus pour permettre aux gestionnaires de prendre connaissance de l'état et de l'évolution des systèmes qu'ils pilotent et identifier les tendances qui les influenceront sur un horizon cohérent avec la nature de leurs fonctions (Bouquin, 2003). Selon Lorino (2003), les tableaux de bord « assurent une présentation lisible et interprétable, avec une périodicité régulière adaptée aux besoins du pilotage. Chaque tableau de bord correspond à une unité de pilotage donnée (centre de responsabilité, processus, projet, fonction, produit, marché) sur laquelle ont été définis un schéma de responsabilité et une animation de gestion, en vue d'atteindre des objectifs. » (Lorino, 2003)

Dans ce projet, les tableaux de bord seront utilisés comme des outils pour la mise en œuvre d'une démarche de pilotage. Ils devront former un ensemble adapté aux besoins de l'utilisateur et cohérent dans son orientation générale et dans son contenu, fournissant un langage commun de gestion aux différents acteurs de la cellule de crise.

Le tableau de bord est un outil de pilotage qui souligne l'état d'avancement dans lequel se trouve le processus pour permettre au responsable de mettre en place des actions correctives. Il existe deux types de tableaux de bord :

- Des tableaux de bord transversaux qui permettent de rendre des comptes sur les résultats obtenus et à dialoguer entre niveaux hiérarchiques. Ils mettent en valeurs les indicateurs stratégiques ainsi que les indicateurs opérationnels les plus pertinents pour vérifier la coordinance de l'action et de l'objectif stratégique.
- Des tableaux de bord des centres de responsabilité, par niveaux hiérarchique. Ils suivent l'avancement des plans d'action et les résultats obtenus.

Pour construire un tableau de bord plusieurs étapes doivent être respectées :

1 Tout d'abord, le tableau doit contenir quatre éléments principaux:

- un tableau rassemblant les indicateurs pertinents ;
- un graphique pour présenter l'information la plus représentative des données :

- un commentaire clair, précis et concis donnant des indications sur les actions achevées, en cours, et à venir ;
- un encart de références avec les coordonnées de l'émetteur et les sources utilisées.

2 La deuxième étape consiste à la conception des tableaux de bord et chaque élément cité précédemment doit avoir :

- une qualité des données ;
- une limitation à l'essentiel ;
- une présentation lisible et interprétable, accessible à ses destinataires qui ne sont pas forcément des techniciens des chiffres ;
- une mise à jour périodique régulière adaptée aux besoins ;
- qu'il soit évolutif c'est-à-dire qu'il prévoit des modalités d'actualisation ;
- un raisonnement en termes prévisionnels en pensant toujours à l'adaptation aux évolutions futures et en ne se contentant pas d'accumuler des informations sur le passé;
- une restitution à faibles coûts et dans des délais corrects permettant la fonction d'alerte.

3 Après avoir définis les caractéristiques pour construire un tableau de bord correcte, la troisième étape définis la méthode de construction

- Expliciter les objectifs stratégiques du service ;
- Associer des indicateurs de résultat à ces objectifs ;
- Identifier les principaux processus et projets en œuvre dans le fonctionnement du service et présentant des enjeux significatifs ;

- Déployer les objectifs stratégiques sur chaque processus et projet et donc définir des objectifs par processus et projet ;
- Construire avec les acteurs concernés des plans d'action par processus et projet ;
- Associer à ces plans d'action des indicateurs de résultat et de suivi de leur avancement ;
- Construire à partir de ces éléments le tableau de bord du service et celui de chacun de ses processus et projets ;
- Compléter la démarche en construisant les tableaux de bord des unités du service, en reprenant ceux des indicateurs précédents concernant l'unité et en y ajoutant les indicateurs utiles au pilotage de l'unité³⁵.

Cette section a montré qu'un outil de tableau de bord standard ne permet pas de répondre à toutes les exigences des acteurs. Il existe des méthodologies de construction en croisant le niveau stratégique et le processus d'action. Par exemple, les travaux de Norton et Kaplan répondent en partie à cette problématique avec les « balanced scorecard ». Ils visent la mesure et l'amélioration de la performance par la définition d'un ensemble d'indicateurs (financier ou non) directement liés à la stratégie de l'entreprise (Kaplan *et al.* 1998). Ces indicateurs sont regroupés autour de quatre axes : financier, client, processus interne et innovation et apprentissage organisationnel. Les balanced scorecard ne sont pas adaptés à ce projet car cet outil convient aux organisations anglo-saxonnes qui ne sont pas de type pyramidal et dont leurs fonctionnements diffèrent de l'organisation française. Le tableau de bord standard, au sens de Lorino, a donc été retenu.

2.3.3.Exemples de tableaux de bord

Le tableau de bord est un outil d'évaluation et de mesure de la performance de l'organisation d'une entreprise ou d'une institution. L'objectif de la conception d'un tableau de bord est d'établir et de maintenir une performance durable. Il existe plusieurs types de tableaux qui peuvent être ajustés aux différents besoins. Cette section a pour but de présenter quelques exemples de tableaux de bord existants dans la littérature. Cette synthèse va permettre de

³⁵ <http://www.colloc.bercy.gouv.fr>

comprendre les différentes procédures permettant de définir les indicateurs de performance et de concevoir les tableaux de bord.

2.3.3.1. Tableau de bord sécurité

Le tableau de bord de sécurité est un tableau de bord de pilotage adapté pour assurer un déploiement conforme aux attentes de l'entreprise. Dans une logique de progrès constant le tableau de bord est utilisé par le responsable de sécurité des systèmes d'information pour mesurer la performance des solutions sélectionnées. Le choix des indicateurs se fait à l'aide de la politique de sécurité informatique, des spécificités de l'entreprise et du système d'information. Cinq points clés sont nécessaires pour la conception d'un tableau de bord (CIGREF, 2007, Fernandez 2004-2012) :

- 1 Identifier les axes de progrès. En définissant l'orientation stratégique, les finalités, les voies pour y accéder et les moyens nécessaires ;
- 2 Identifier les objectifs spécifiques à la démarche. Ils sont exprimés de manière qualitative et quantitative pour fixer la métrique de la performance ;
- 3 Définir les indicateurs de performance. Les indicateurs sont choisis selon les objectifs spécifiés aux cours de la deuxième étape. Quelques pistes pour le pilotage opérationnel détections d'alertes : analyse des anomalies logs (historique d'événement), des tentatives d'intrusions, suivi des corrections logiciels, suivi des mises à jour des versions logiciels, résultat des audits et tests "blancs" de vulnérabilité... ;
- 4 Collecter les données ;
- 5 Choisir le design du tableau de bord.

La démarche de construction du tableau de bord de sécurité va permettre de présenter et de suivre l'état du système d'information pour garantir que tous les accès sont sous contrôle.

2.3.3.2. Tableau de bord dans les Services Publics

Un tableau de bord dans le secteur public est destiné à différentes structures (tableau 2-1). Il est utilisé par le contrôleur de gestion et le responsable financier pour les besoins de pilotage et de reporting. Une enquête en septembre 2011 a été réalisée par Logica Business Consulting

et l'Association des Directeurs Financiers et de Contrôle de Gestion pour comprendre ce qu'apporte un tableau de bord pour un décideur dans le public³⁶.

Tout d'abord les technologies utilisées pour ces tableaux sont en majorités formalisés selon des tableurs de type Excel, puis par des logiciels de gestion courante (tableau 2-2).

Tableau 2- 1 Tableau de bord dans le secteur public (Logica Business Consulting et l'Association des Directeurs Financiers et de Contrôle de Gestion, 2011)

Opérateur publics	49%
Collectivités locales	17%
Associations et établissements public associatifs	15%
Santé et sécurité sociale	12%
Administration centrales	7%

Tableau 2- 2 Technologies utilisées pour créer des tableaux de bord (Logica Business Consulting et l'Association des Directeurs Financiers et de Contrôle de Gestion, 2011)

Un tableur (Excel, Open Office...)	79
Les logiciels de gestion courants	37
Un outil spécifiquement développé à cette fin	21
Une base de données alimentée manuellement	19

L'objectif de ces tableaux de bord est de fiabiliser et de sécuriser les données et de réduire la charge de travail induite par leur construction. Une généralisation de la méthodologie pour la construction d'un tableaux de bord pour les services publics n'est pas spécifiée ce qui rend flou la construction de ces tableaux. Fernandez (2010) propose un cadre de conception et de réalisation reposant sur la méthode Gimsi. Cette méthode est un guide à la réalisation des tableaux de bord de pilotage pour les administrations publiques. La méthode de construction est la même que celle des tableaux de bord de sécurité. Selon Fernandez, pour être efficace il faut un nombre réduit d'indicateur de performance qui se porte à une dizaine environ (figure 2-6). Mais cela n'a pas encore été adapté dans les services publics. En effet, dans les services Publics la quantité d'indicateurs utilisés est variable et dépasse souvent les dix.

³⁶ <http://www.formation-comptable-intec.fr/wp-content/uploads/2012/01/quels-tableaux-de-bords-secteurs-publics.pdf>

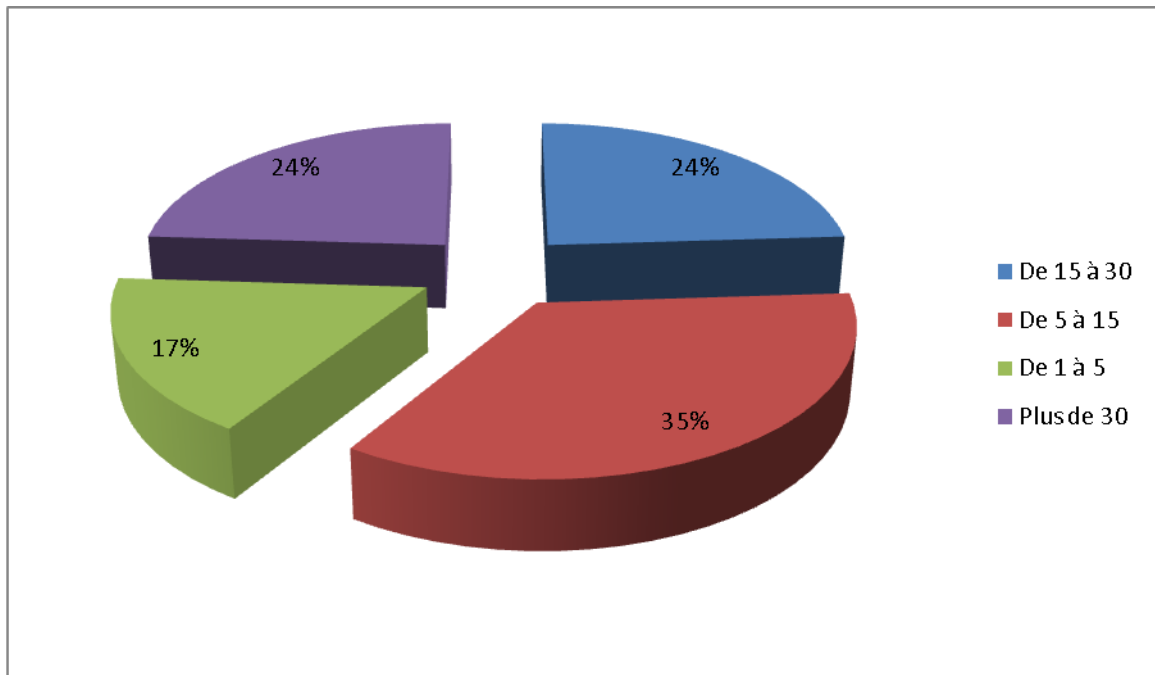


Figure 2- 6 Nombre d'indicateurs suivis dans les tableaux de bord (Fernandez, 2010)

Les indicateurs définis pour le secteur public auront comme finalité de mettre en lumière les problématiques de ressources humaines au sein de l'administration, de formation et de mobilité dans le but de gagner en efficacité de production publique.

2.3.3.3. Le tableau de bord social

Le tableau de bord social (TBS) désigne un groupe d'indicateur qui a pour objectif de présenter l'information sociale nécessaire à la prise de décision (tableau 2-3) (Allègre *et al.*, 2008). Les TBS sont utilisés pour effectuer par exemple un suivi de la politique de ressource humaine de l'entreprise, de la formation, de la mobilité, du comportement de salariés et de la rémunération.

Tableau 2- 3 Le mode de calcul de quelques indicateurs sociaux (Allègre *et al.*, 2008)

Indicateurs	Mode de Calcul
Taux de départ en formation par catégorie de salariés	Nombre de salariés par catégorie ayant bénéficié d'une formation au cours de la période de référence – Effectif moyen de la catégorie de salariés sur cette période de référence
Taux de participation à la formation	Montant des dépenses consacrée à la formation / Masse salariale
Taux de mobilité interne	Nombre de recrutements via la mobilité interne / Effectif moyen
Taux de mobilité fonctionnelle	Nombre de salarié ayant changé de fonction / Effectif moyen
Taux de mobilité verticale	Nombre de promotions / Effectif permanent moyen
Taux de turnover	Nombre de départs / Effectif moyen
Taux de départ volontaires	Nombre de démissions / Nombre de départs
Taux d'absentéisme	Nombre d'heures d'absence / Nombre d'heures théorique
Taux d'absentéisme de courte durée	Nombre d'absences de moins de trois jours consécutifs / Nombre total d'absences.

Pour construire un TBS, plusieurs étapes sont à respecter :

- Vérifier la mise en place des équipes de travail ;
- Vérifier que les différents acteurs viennent d'horizons, de compétences diverses ;
- Vérifier que ces acteurs aient une volonté affirmée d'agir ;
- Etablir une démarche projet ;
- Définir des objectifs ;
- Déterminer une durée d'action ;
- Rechercher les indicateurs ;
- Traduire les indicateurs retenus en ratios.

Le choix des indicateurs doit rendre compte le plus fidèlement possible de la réalité sociale observée. Certains peuvent être mesurables et d'autres observables. De plus, il est important que le TBS soit un bon outil de communication pour être lisible et accessible à tous les destinataires.

2.3.3.4. Etape clés pour la réalisation d'un tableau de bord

Les exemples cités précédemment ont permis de constater que les tableaux de bord sont utilisés dans plusieurs domaines. Néanmoins, des caractéristiques communes pour la construction des tableaux de bord ressortent. Tout d'abord cinq étapes sont nécessaires pour la conception (Fernandez, 2010, Allègre *et al.*, 2008):

- Phase 1 : stratégie et environnement : Le système de pilotage à base de tableaux de bord est le support essentiel de la mise en œuvre effective de la stratégie sur le terrain. Une stratégie est toujours spécifique à une organisation, à son contexte, à sa personnalité et à ses ambitions. Les concepteurs attacheront une attention particulière à la forme et à l'expression de la stratégie, aux caractéristiques particulières du marché de l'organisation : produits, clients, partenaires, et bien sûr sa concurrence. Ils s'attarderont le temps nécessaire pour bien saisir le mode de management en vigueur et bien comprendre la structure intrinsèque (les processus essentiellement). Ils pourront ainsi cadrer avec précision le projet en terme d'environnement, de périmètre et de portée. Ils seront alors à même d'identifier les points d'intervention (la cartographie des processus pour identifier les processus clés) ;
- Phase 2 : choisir les objectifs : Choisir les objectifs les mieux adaptés à la stratégie suivie, au contexte particulier de l'activité et aux sensibilités des acteurs de terrain. Un bon objectif est un objectif qui oriente les actions dans le sens de la stratégie ou tout au moins de la démarche de progrès choisie. Un bon objectif est aussi un objectif qui recueille le plein assentiment du décideur ou de l'équipe en charge de l'appliquer ;
- Phase 3 : choisir les indicateurs pertinents : Les indicateurs sont choisis par chaque utilisateur ou groupe d'utilisateurs selon les objectifs fixés, l'activité sous pilotage et la sensibilité propre des acteurs. Le tableau de bord efficace est celui qui délivre la quintessence en un seul coup d'œil. Nul besoin de se poser de question sur la signification de tel ou tel indicateur ;
- Phase 4 : la collecte des données La collecte des données est une phase de première importance qui malheureusement n'est pas toujours considérée à sa juste valeur. Elle peut quelquefois être longue, difficile et coûteuse. toutes les informations de production contenues dans les systèmes informatiques ne sont pas toujours directement utilisables à des fins décisionnelles. Les systèmes d'information des organisations ne se sont pas construits en un temps unique. Certaines informations fondamentales ne sont pas directement utilisables sans connaître les précautions d'usage. Soit, malgré un identificateur commun, elles ne couvrent pas les mêmes

notions, soit le mode de calcul est différent... Les concepteurs devront donc se rapprocher des utilisateurs habituels ;

- Phase 5 : le choix des progiciels. Lors de la phase de choix des progiciels, il est important de considérer l'ensemble des coûts inhérents à l'intégration et au déploiement.

De plus le choix des indicateurs est la partie la plus délicate. Un indicateur doit être porteur d'un sens suffisant pour déclencher une prise de conscience chez son utilisateur et pour l'inciter à la décision. Les indicateurs sont nécessairement en nombre restreint. De 5 à 10 indicateurs sont en général bien suffisants pour assurer le pilotage d'une activité. Le point suivant utilise les caractéristiques présentées ci-dessus pour mesurer la performance pour la gestion de crise (Lorino, 2001).

2.4. La performance : quelle mesure pour la gestion de crise?

L'organisation d'une cellule de crise peut être directement affectée par la crise du fait de la présence de nombreuses incertitudes, d'un temps d'action limité, de l'ambiguïté des causes et des conséquences et d'une pression de la part des décideurs. La présence de lacunes organisationnelles peut être à l'origine de l'amplification d'un incident ou accident majeur en une crise et non à l'origine de l'événement déclencheur (Jacques, 1997). Dans le but de garantir un fonctionnement des organisations durant la phase de crise, une évaluation de l'organisation pourra être faite. Cette évaluation permettra de prendre la décision la plus adaptée à la situation. La prise de décision dépend de la situation perçue, du niveau de risque évalué et d'une motivation claire du décideur (figure 2-7).

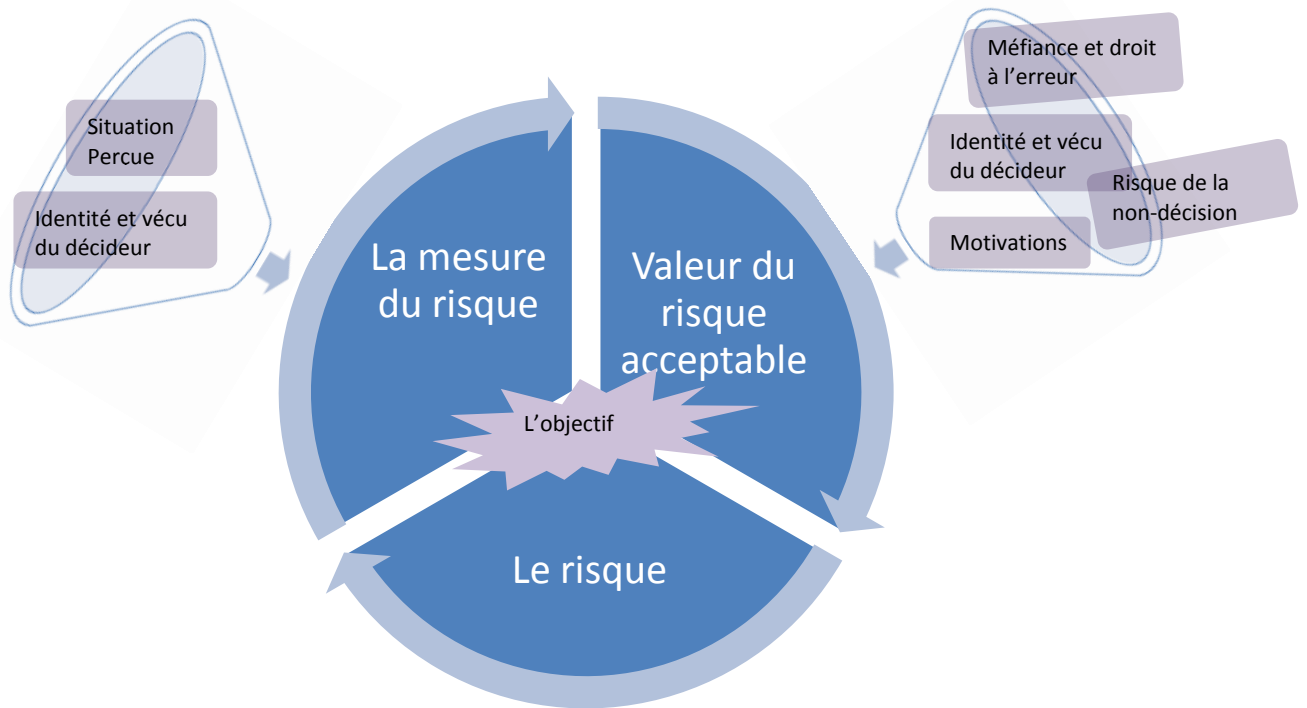


Figure 2- 7 La décision et le risque (Fernandez, 2010)

Dans une situation à risque plusieurs paramètres doivent être identifiés. Dans les organisations publiques, le système de mesure de la performance permet d'aider : «

- *les municipalités à évaluer si la « valeur reçue » (contribution) de l'Etat central, des fournisseurs, des citoyens et des employés est conforme à celle qui est espérée d'eux ;*
- *les municipalités à évaluer si la « valeur fournie » (besoin) aux citoyens et usagers est suffisante (par rapport à leurs besoins) pour qu'ils puissent continuer d'aider la collectivité locale à atteindre ses objectifs primaires ;*
- *l'organisation dans le design et l'implémentation du « processus d'efficience » (processus qui contribue aux objectifs secondaires) ;*
- *les collectivités locales à évaluer leurs « propriétés stratégiques », c'est-à-dire aider l'organisation à évaluer ses planifications et ses contrats, à la fois implicites et explicites, qu'elle a négociés avec ses partenaires en l'aidant à évaluer l'effet des objectifs secondaires sur les objectifs primaires. »*

Selon Kaplan et Norton (1992), les indicateurs quantitatifs financiers ne suffisent plus pour appréhender la performance de l'organisation : il est donc nécessaire d'étudier et d'utiliser d'autres indicateurs de performance. Les indicateurs de performance des organisations

publiques sont considérés comme importants pour les gouvernements locaux car ces mesures permettent d'atteindre une responsabilité administrative dans le but de gagner la confiance du citoyen. De plus, pour qu'ils soient utiles et efficaces, ils doivent être appropriés, fiables, opportuns, résistants aux comportements pervers, complets, détaillés, non redondants, sensibles aux coûts, spécifiques et focalisés sur des aspects contrôlables de la performance (Ammons, 1995 ; Wholey *et al.*, 1992 ; Togodo Azon *et al.*, 2009). En reprenant les quatre dimensions de la performance organisationnelle (figure 2-2), le schéma de Fernandez sur la décision et le risque et les travaux de Carole Dautun, le tableau suivant (tableau 2-4) synthétise les éléments pouvant être un frein à l'organisation.

Tableau 2- 4 Synthèse des éléments pouvant être un frein à l'organisation

Types de Facteurs	Eléments pouvant être un frein à l'organisation	
Facteurs géographiques, événementiels	<ul style="list-style-type: none"> - le lieu de la crise ; - la localisation de la source de danger ; - le moment de survenue de l'événement ; 	
Facteurs socio démographiques et économiques (Thouret, 1996)	<ul style="list-style-type: none"> - la cinétique ; - la gravité ; - la présence d'effet domino dans le cas d'événements industriels ou terroristes ; 	
Facteurs fonctionnels et techniques (Mc Entire, 2003)	<ul style="list-style-type: none"> - la simultanéité d'événements similaires ou non ; - les conditions météorologiques - l'expérience antérieure face aux crises ; - la nature du tissu social ; - le type de société ; - le type d'intégration des populations ; - l'information préventive et la culture du Risque - localisation des infrastructures en zone à risques ; - constructions inadéquates des bâtiments 	
Facteurs institutionnels, Organisationnels	Point de vue général	<ul style="list-style-type: none"> - l'expérience antérieure face aux crises ; - le degré de complexité du réseau organisationnel ; - le type d'infrastructure dédié à la gestion des crises ; - le niveau de préparation ; - l'inhabilité à utiliser efficacement des équipements d'alerte et de communication
	Acteurs	<ul style="list-style-type: none"> - Ambiguïté des fonctions - Difficultés de coordination - Manque de doctrine commune - Méconnaissance des rôles et des actions de chacun - Stress, fatigue, frustration, impatience - Première expérience de la crise - Méconnaissance du territoire d'action
	Fonctionnement général d'une cellule de crise	<ul style="list-style-type: none"> - Point de situation non régulière - Difficultés à identifier les causes de l'événement déclencheur - Levée des incertitudes tardives - Difficultés de coordination entre les différentes cellules de crise - Système d'alerte inadéquat
	Informations et communication	<ul style="list-style-type: none"> - Échanges d'informations insuffisantes entre les acteurs - Relations difficiles avec les médias - Absence de transmission des conclusions des points de situation - Informations initiales imprécises

Ces facteurs sont à la fois liés à l'individu mais aussi au collectif et peuvent être de nature structurelle ou humaine. Mais comme montré précédemment il n'existe pas d'indicateur précis pour l'évaluation de la cellule de crise. C'est selon les besoins de l'utilisateur que ces indicateurs seront définis.

Ces indicateurs peuvent être utilisés à travers des outils de contrôle de gestion. En effet la mesure de la performance est un outil de management et de responsabilité (Brown *et al.*, 1988; Poister *et al.*, 1999 ; Wholey *et al.*, 1992). Aux Etats-Unis, les gouvernements locaux sont encouragés à utiliser des outils de pilotage de la performance. Selon l'étude de Togodo Azon et Van Caillie (2009) cinq périodes marquent fondamentalement l'évolution du système de contrôle de gestion des collectivités locales. Depuis les années 70, l'évolution du contrôle de gestion des collectivités locale se caractérise par la gestion budgétaire. L'objectif était d'améliorer les programmes budgétaires pour une meilleure prise de décisions à caractère financier (Williams, 2003). Dans les années 80, les autorités locales se focalisent sur l'évolution de l'impact de leur action sur les citoyens pour améliorer la responsabilité publique (Poister *et al.*, 1999). Puis dans les années 90 apparaissent des outils technologiques qui intègrent les indicateurs pour la planification et la gestion stratégique. L'étude de Togodo Azon et Van Caillie constate aussi que de nouveaux outils sont apparus comme le benchmarking. L'objectif de cet outil est d'améliorer la qualité des services en comparant des gouvernements locaux entre eux et les fournisseurs de services entre eux, afin de choisir les meilleurs (Ammons *et al.*, 2008; Folz, 2004). Enfin ces dernières années, le tableau de bord et le Balanced Scorecard sont de plus en plus utilisés dans les collectivités. Ces outils permettent d'évaluer les divers aspects (financier, orientation citoyens usagers clients, processus interne, innovation et apprentissage) de la performance pour améliorer l'efficacité et l'efficience des services locaux. L'objectifs de ces outils pour les municipalités est de pouvoir prendre en compte l'impact de l'environnement politique et social de la collectivité locale (Kloot *et al.*, 2000 ; Edward *et al.*, 2005; Yang *et al.*, 2007; Charpenter *et al.*, 2001).

2.5. Synthèse

Ce chapitre a présenté les méthodes et outils supportant directement ou indirectement la décision du gestionnaire. En utilisant des indicateurs de performance, l'outil de mesure de la performance permet de mieux comprendre la complexité de l'organisation.

La construction de cet outil se fait en deux étapes. La première est la construction des indicateurs selon les besoins de la ville d'étude. Ces indicateurs ne sont pas choisis au hasard

mais selon la stratégie de la commune. A l'aide de cet état de l'art, il semble important de prendre en compte, dans cette thèse, l'aspect organisationnel, temporel, technique et de connaissance du système.

Dans le but d'être analysés et mesurés, la deuxième étape consiste à intégrer les indicateurs dans un outil de mesure de performance. L'outil choisi pour cette étude est le tableau de bord standard car ce dernier permet de regrouper les indicateurs pour permettre au gestionnaire de prendre connaissance de l'état et de l'évolution du système.

Le chapitre suivant met l'accent sur cette complexité de l'organisation et aborde la notion de modélisation ainsi que sa contribution dans le cadre de la cellule de crise.

PARTIE 2
Apports conceptuels et
Développement méthodologique

Chapitre 3: La modélisation et la simulation comme supports méthodologiques à l'étude des organisations

3.1. Le système complexe.....	98
3.2. La pensée systémique.....	101
3.3. L'approche systémique	104
3.4. Méthodes d'étude des Systèmes Complexes	116
3.5.Synthèse	131

Une crise est une situation complexe qui est gérée grâce à la mise en place d'une organisation. Celle-ci est soumise lors de cet événement à un stress et doit, dans l'urgence, prendre des décisions. L'état de l'art met en avant que cette organisation est confrontée à des problèmes de communication et à des problèmes matériels qui peuvent interférer dans la prise de décision. L'un des moyens identifiés est l'utilisation de la modélisation et de la simulation pour vérifier cette problématique.

En parallèle aux considérations de politique publique de prévention et de gestion des situations d'urgence, il existe des approches permettant de modéliser des systèmes dynamiques complexes et de simuler leurs variations dans le temps dans le but de construire des scénarios. La systémique représente ainsi une approche particulièrement adaptée pour tenter de comprendre le comportement d'un système complexe (Karsky, 2004 ; Marguin, 2002) dans le but de le modéliser et de l'analyser afin d'acquérir des connaissances pour pouvoir agir. Le concept de base de la systémique est le système. Ce dernier est considéré, dans cette thèse, comme étant « *Un ensemble, formant une unité cohérente et autonome, d'objets réels ou conceptuels (éléments matériels, individus, actions, etc.) organisés en fonction d'un but (ou d'un ensemble de buts, objectifs, finalités, projets, etc.) au moyen d'un jeu de relations (interrelations mutuelles, interactions dynamiques, etc.), le tout immergé dans un environnement (Le Gallou, 1993).* »

Cette définition repose sur le modèle du Système Général proposé par Le Moigne (1977) qui « *se décrit par une action (un enchevêtrement d'actions) dans un environnement (tapissé de processus) pour quelques projets (finalités, théologie) fonctionnant (faisant) et se transformant* ».

Ce chapitre a pour objectif dans un premier temps de démontrer que l'organisation de la cellule de crise est un système complexe et dans un second temps de présenter le concept de la systémique pour modéliser cette complexité.

3.1. Le système complexe

Un système compliqué et un système complexe (Durand, 1992) sont deux notions différentes. Le premier a de nombreux éléments plus ou moins en ordre mais dont le principe de composition reste simple. Quant à la complexité, selon Edgar Morin (1994), elle n'est pas seulement la quantité d'éléments et d'interactions dans le système, mais elle renvoie aussi aux phénomènes imprévisibles.

Plusieurs éléments caractérisent la complexité, selon Donnadiou et Karsky (2002) :

- Le flou et l'imprécision auxquels est confrontée la personne qui tente de déterminer la constitution, les dimensions et les frontières de l'objet à étudier ;
- L'aléa et l'instabilité sont en perpétuelle désorganisation-réorganisation ;
- L'Ambiguïté liée aux comportements de l'objet est incompréhensible, selon les circonstances, constitue la troisième caractéristique de la complexité ;
- L'incertitude et l'imprévisibilité du comportement du système, liées à la moindre modification de ce dernier suite à des contraintes externes.

La complexité est aussi caractérisée par l'apparition continue d'une nouvelle configuration ce qui rend instable le système complexe.

Un système complexe est un système avec de nombreux composants et interconnexions, des interactions ou interdépendances qui sont difficiles à décrire, à comprendre, à prévoir, à gérer, à concevoir et/ou à changer (Sheard, 2006). Le comportement d'un système complexe est relié aux comportements des composants mais aussi aux comportements globaux du système (Figure 3-1).

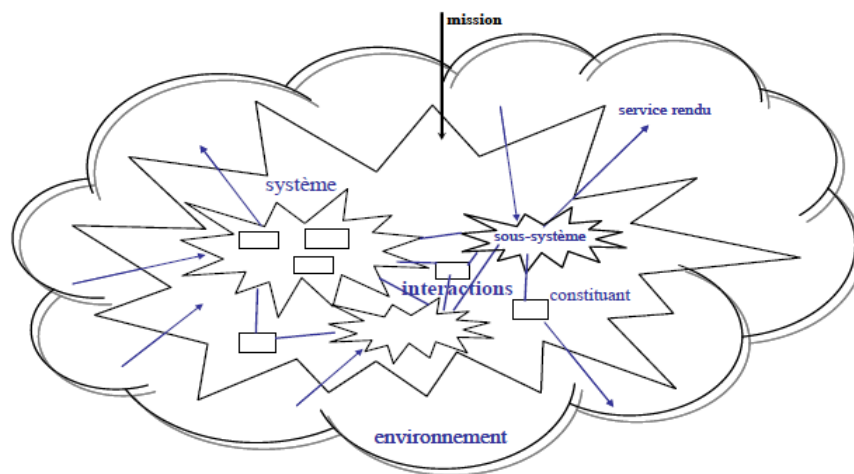


Figure 3- 1 Schématisation d'un système complexe (Meinadier, 1998)

Un système complexe doit être modélisé pour être compris, et le fait de retirer certains de ses éléments peut conduire à son inintelligibilité (Le Moigne 1977).

En se replaçant dans le contexte de la crise, Weick considère la crise comme un processus dynamique dû à une accumulation d'incidents, qui s'amplifient dans le temps (Weick, 1990). Ces conditions créent ainsi une situation complexe cumulant des facteurs interactifs et dynamiques et ne permettent pas aux acteurs d'avoir une maîtrise totale du système. La crise peut donc être considérée comme un système complexe.

Ce travail de recherche présenté dans ce manuscrit s'intéresse au système des jeux d'acteurs d'une cellule de crise, notamment sur les relations d'acteurs évoluant dans une organisation. Sachant que la crise est un système complexe, les jeux d'acteurs d'une organisation décisionnelle peuvent-ils être considérés comme complexes?

Selon Moine (Moine, 2007), le système d'acteurs est complexe. Il considère un territoire comme la combinaison d'un ensemble d'acteurs et d'un espace géographique. Les acteurs utilisent, aménagent et gèrent l'espace géographique (Moine, 2006). Les acteurs en interrelation vont permettre, soit dans un espace donné, soit par rapport à une problématique donnée, de comprendre en partie les raisons des équilibres présents qui déterminent une stabilité dynamique du territoire. Cette définition est fondée sur le modèle Système Sociotechnique Complexe (SSC). Un SSC est: « *un ensemble composite de personnels, de matériels et de logiciels organisés pour que leur interfonctionnement permette, dans un environnement donné, de remplir les missions pour lesquelles il a été conçu*. Cet ensemble est défini par le groupe modélisation d'entreprise du GDR MACS comme « *tout système socio-économique donné visant la production de biens ou de services pour satisfaire un marché (sa mission) en utilisant au mieux ses moyens (financiers, techniques et humains)* ». (Meinadier, 1998 In Aloui, 2007)

En reprenant la définition de Meinadier, la cellule de crise peut être considérée comme cet ensemble et elle doit satisfaire le client (la population ou les hautes autorités).

Celle-ci peut être considérée comme un système complexe du fait des interactions entre éléments. De ce fait, une modélisation des jeux d'acteurs complexes lors d'une gestion de crise sera réalisée au cours de ce projet reposant sur les trois éléments suivant (Meinadier, 1998 in Aloui, 2007) :

- des concepts d'appréhension du système (principes théoriques et langages de modélisation à différents niveaux d'abstraction) ;
- une démarche (un mode opératoire) qui permet d'explicitier la manière de mettre en œuvre ces concepts ;
- des outils de mise en œuvre supportant cette démarche.

Un modèle est une représentation simplifiée d'un système à un moment précis dans le temps ou l'espace destiné à promouvoir la compréhension du système réel (Durand, 1992). La systémique est un des moyens pour comprendre, au moins en partie, la complexité. Le modèle

permettra donc, dans ce travail, de comprendre comment est organisée la cellule dans le but d'évaluer sa performance.

Le point suivant présente l'approche utilisée pour modéliser le système et ainsi que ses grands principes.

3.2. La pensée systémique

La théorie générale des systèmes a été proposée par Ludwig von Bertalanffy en 1956. Elle a pour but d'analyser des domaines qui échappent au type d'explication en vigueur dans la science physiques (Rojot, 2005). Cette théorie permet d'analyser des phénomènes complexes dont les comportements des composants reliés entre eux sont orientés dans un but ou une direction (Bertalanffy, 1956). Plusieurs courants et approches se sont inspirés de la théorie générale des systèmes comme par exemple l'approche systémique. Selon l'AFSCET (Association Française de Science des Systèmes) (2003), la systémique est une *« discipline qui regroupe les démarches théoriques, pratiques et méthodologiques, relatives à l'étude de ce qui est reconnu comme trop complexe pour pouvoir être abordé de façon réductionniste, et qui pose des problèmes de frontières, de relations internes et externes, de structure, de lois ou de propriétés émergentes caractérisant le système comme tel, ou des problèmes de mode d'observation, de représentation, de modélisation ou de simulation d'une totalité complexe »*

Elle vise, qui plus est, à formaliser une méthode pour organiser la production de connaissances sur les objets et orienter l'action sur ces objets (Aubert-Lotarski, 2002). L'utilisation de cette approche permettra, pour cette étude, d'élaborer un système de représentation qui servira à comprendre le comportement des acteurs dans une cellule de crise. Les étapes de la démarche systémique permettent de mettre en avant deux niveaux: le système et le modèle.

3.2.1. Le premier niveau : le système

Dans cette thèse, nous utiliserons la définition de Système proposé par Le Gallou (1993) (cf. Chapitre 3).

Le système représente, donc, un objet construit par un observateur et jugé pertinent face à une situation complexe. La démarche systémique intègre les logiques d'acteurs et les différents niveaux d'interactions qui sont considérés comme un seul système qui ne doit pas être isolé et

doit être ouvert sur son environnement. Le système se construit en suivant la procédure systémographie, une procédure de conception (construction) de modèles de phénomènes perçus complexe (figure 3-2). Le modéleur procède par Isomorphie³⁷ et Homomorphie³⁸ avec les propriétés du Système Général et elle se décompose en trois phases (figure 3-3). :

- Le cadrage : construction du modèle par isomorphie avec un système général ;
- Le développement : correspondance homomorphique du modèle avec les traits perçus du modèle avec les traits du phénomène ;
- L'interprétation : simulation d'actions possibles sur le modèle pour anticiper les conséquences éventuelles dans les phénomènes.

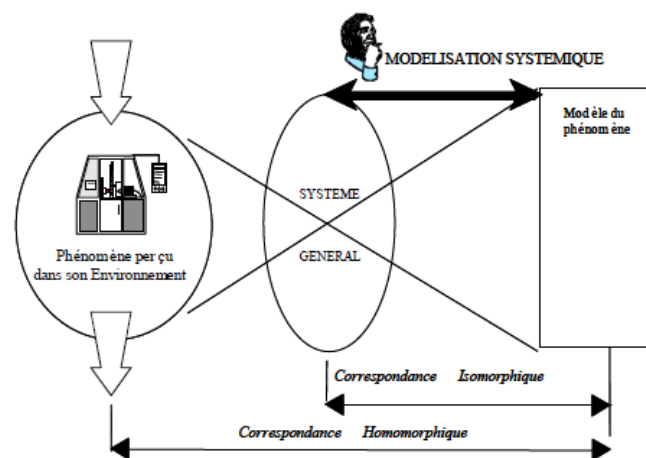


Figure 3- 2 Systémographier un phénomène complexe non identifiable (Le Moigne, 1977)

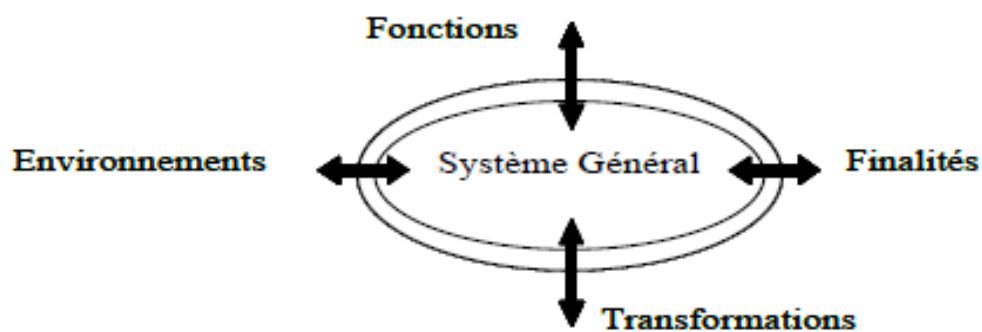


Figure 3- 3Forme canonique du Système Général (Le Moigne, 1977)

Après avoir identifié le système, l'étape suivante est d'intégrer le second niveau permettant de définir le modèle.

³⁷ Isomorphisme : Correspondance bijective, telle qu'à tout élément de l'ensemble d'arrivée (le modèle) correspond un élément et un seul de l'ensemble de départ (l'objet) ; et réciproquement

³⁸ Homomorphisme : Correspondance surjective telle qu'à tout élément de l'ensemble d'arrivée corresponde un élément au moins de l'ensemble de départ, sans que la réciproque soit vraie : correspondance transitive et réflexive, mais non symétrique

3.2.2. Le deuxième niveau : Le modèle

Le modèle est ici la représentation d'un système. Il est construit afin de comprendre l'ampleur et l'importance de la décision sur le système modélisé (Bezivin *et al.*, 2001). Selon Naslin (1974 *in* Le Moigne, 1977) « *un modèle d'un phénomène ou d'un processus est essentiellement un mode de représentation tel qu'il permette, d'une part, de rendre compte de toutes les observations faites et, d'autre part, de prévoir le comportement du système considéré dans des conditions plus variées que celles qui ont donné naissance aux observations* ». La modélisation est conçue sur un formalisme, des règles d'écriture et des règles d'évolution de manière à réagir de la même façon que le système réel.

En se basant sur le modèle et selon l'objectif et l'usage attendu, du degré de formalisation et de structuration des connaissances, il existe différents types de modèles (cf. Tableau 3-1).

Tableau 3- 1 Les différents types de modèles (Chapurlat 2007 ; Aloui, 2007)

Types de modèle	Modèle cognitif	Modèle normatif		Modèle prédictif ou prospectif	
		Modèle prospectif	Modèle constructif	Modèle formel	Modèle analytique
Usages des modèles	Analyser	Formaliser	Construire les architectures fonctionnelles et physiques	Prévoir	Estimer les performances, la fiabilité et la sûreté de fonctionnement
	Comprendre	le problème et les besoins ;		Valider	
	Identifier l'environnement			Prouver des comportements	
	Explorer			Simuler	
	Simuler	Prescrire			Simuler
	Valider les concepts organisationnels	les exigences			
Objectifs du modèle	Fournir une représentation d'un système existant qui mette en évidence les propriétés intéressantes de ce système	Fournir une représentation d'un système à créer qui mette en évidence les propriétés souhaitées de ce système		A partir des connaissances que l'on a d'un état d'un système, déduire son comportement dans des situations nouvelles	

Pour conclure, une situation complexe ne peut être directement analysée sans détruire sa compréhension. Le système est un cadre qui permet d'explorer la complexité et de construire le modèle. Le prochain point présente l'approche permettant de comprendre et de modéliser le système d'étude.

3.3. L'approche systémique

L'approche systémique s'avère nécessaire pour comprendre le système et appréhender la complexité organisationnelle (Aubert-Lotarski, 2002).

Dans les domaines des risques, il existe des méthodes d'analyse des risques, telles que HAZOP et AMDEC, qui ont une vision statique et simplifiée du système et ne prennent pas

en compte l'aspect dynamique. Les accidents tels que Bhopal (1984), Piper Alpha (1988) ou Tchernobyl (1986) résultent de la co-occurrence de multiples facteurs en interaction dynamique. La catastrophe de Bhopal, par exemple, n'est pas le fait d'une seule cause. De nombreux dysfonctionnement (de natures différentes) se couplent pour déclencher un accident puis une catastrophe. La nuit du 3 décembre 1984 à Bhopal, plusieurs dysfonctionnements ont été révélés (De Grazia, A., 1985) :

- Des dysfonctionnements organisationnels. Les opérateurs ont injecté de l'eau dans un système de stockage contenant un produit réagissant à l'eau. De plus certains systèmes étaient inopérants à cause d'un problème de maintenance ;
- Des dysfonctionnements techniques sont à l'origine du non fonctionnement du système. Les alarmes et les capteurs étaient défectueux ;
- Des dysfonctionnements humains, des problèmes de communication et de culture ont conduit à différer l'alerte ;
- Un dysfonctionnement réglementaire : la population des bidonvilles situés à proximité du site a été alertée tardivement.

La démarche systémique vise, donc, à organiser les connaissances (Fig 3-4) en niveaux de modélisation pour réduire la complexité dans le but de permettre une meilleure compréhension et une analyse plus efficace. La modélisation de la cellule de crise sera détaillée en niveau mettant en avant son comportement, sa structure et sa fonction.

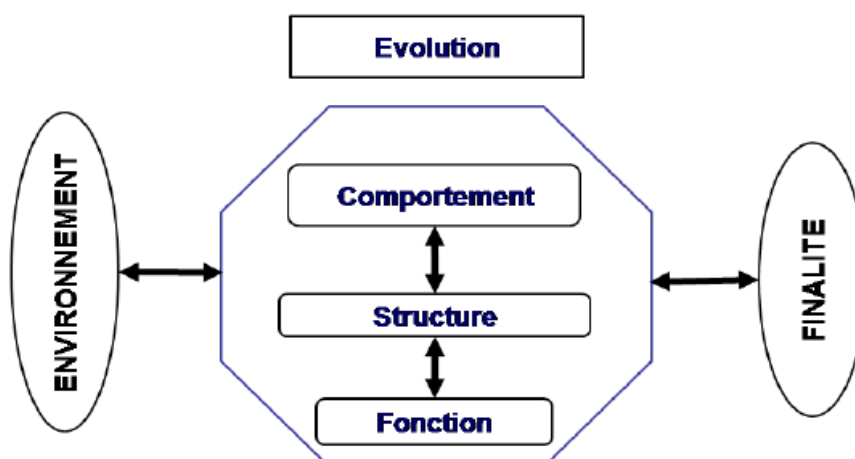


Figure 3- 4Les différents niveaux de modélisation (Le Moigne, 1977)

La systémique propose alors de définir l'objet d'étude selon une triangulation reposant sur les trois pôles suivant (Le Moigne, 1977): aspect historique (nature évolutive du système),

structural (ses composants et son agencement) et fonctionnel (ce que fait le système au contact de son environnement).

Les travaux de Donnadiou et Karsky (2002) répondent bien à cette problématique. Ils définissent trois étapes de la démarche systémique (figure 3-5):

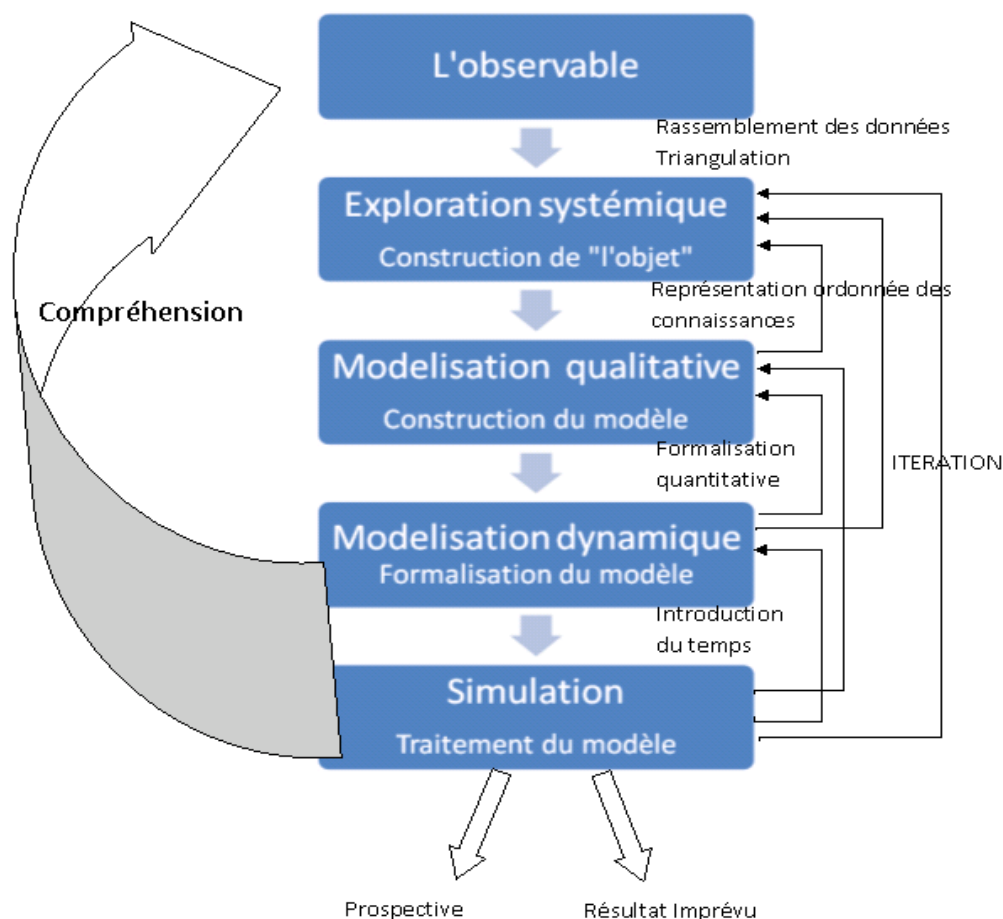


Figure 3- 5 Les étapes de la démarche systémique (Donnadiou et Karsky, 2002)

- L'exploration systémique permet de délimiter le système à étudier et de situer le système dans son environnement. L'observation permet d'identifier le système, son environnement mais aussi les différents flux qui traversent le système. De ce fait une immersion au sein de la ville d'étude est nécessaire pour l'identification des acteurs de la crise. Ces derniers disposent de moyens d'action susceptibles d'agir sur le potentiel conflictuel en exerçant une influence sur d'autres acteurs ou sur les facteurs

d'instabilité. Chaque acteur est caractérisé par ses objectifs, ses moyens, ses ontraintes mais aussi par ses liens d'influence avec les autres acteurs (Marguin, 2002) ;

- La modélisation qualitative, permet de faire une carte représentative du système, en ajoutant les interactions entre les principaux composants, les flux et les actions de pilotage pour le réguler. Le modèle cognitif a été choisi dans ce projet car il fourni une représentation de la crise et met en évidences les propriétés intéressantes de ce système Ce projet de recherche proposera deux modélisations: la première concernera la cellule de crise telle qu'elle est prescrite dans le PCS et la seconde représentera le système tel qu'il est dans la réalité. Cette étape a pour but de comparer ces deux modélisations pour dégager les différences existantes, d'analyser l'origine de ces dissimilitudes et détecter les premières défaillances de l'organisation ;
- La modélisation dynamique introduit la notion de temps pour l'observation des évolutions possibles du système et ce à travers les simulations. Ce modèle (modèle prospectif) permettra de déduire le comportement dans les nouvelles situations et permettra d'estimer sa performance ;
- La simulation permet de tester le modèle et de mettre en évidence les comportements imprévus. Cette simulation se caractérise par la réalisation et l'étude des scénarios pour prospecter et analyser les résultats imprévus. Ces résultats permettront de modifier le modèle mental, l'expertise des décideurs et des spécialistes. L'approche prospective a pour objectif d'anticiper les évolutions futures du système. Cette évolution peut se présenter sous forme de tableaux de bord. Enfin la simulation permettra de modifier la structure destinée à générer les comportements désirés (modification de la réalité) ;

Les modèles qualitatifs et quantitatifs se feront à l'aide des diagrammes UML (Unified Modeling Language) et d'un outil de modélisation dynamique. Ils représenteront l'organisation de la cellule de crise afin de mettre en évidence les propriétés, les paramètres et les interrelations durant une situation de crise.

3.3.1. Les différents modèles qualitatifs

Dans l'objectif de procéder au développement de la modélisation de la cellule de crise, plusieurs méthodes de modélisation de processus existent, chacun ayant des avantages et des

inconvenients. En prenant en compte les objectifs et les contraintes de ce projet de recherche, une méthode de modélisation des systèmes organisationnels sera choisie. La méthode choisie devra prendre en compte le caractère dynamique des systèmes organisationnels.

3.3.1.1. La Dynamique des systèmes selon Forrester

J. W. Forrester, ingénieur électronicien et professeur à la "Sloan School of Management" du MIT (Massachusetts Institute of Technology), est le père fondateur de la dynamique industrielle en 1961. Forrester s'intéresse à l'étude du comportement des entreprises, plus précisément à leur organisation, et plus tard il étend cette approche aux systèmes urbains. En 1971, considérant l'entreprise comme une organisation, composée de sous système, il crée la "dynamique des systèmes".

Celle-ci est définie comme un « mode d'étude du comportement des systèmes industriels permettant de montrer comment des politiques, des décisions, des structures et des délais sont en interrelation pour influencer la croissance et la stabilité » (Forrester, 1961).


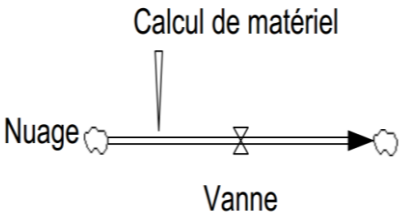

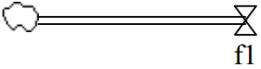
La dynamique des systèmes propose ainsi d'étudier, de modéliser et de simuler les phénomènes qui réalisent un changement ou une conservation dans un système naturel ou artificiel, au travers du temps. Les modèles permettant d'appréhender la dynamique des systèmes se fondent sur les concepts d'interaction, de rétroaction et de complexité.

La conception d'un modèle dynamique de système consiste à définir le projet, à représenter le modèle, à étudier son comportement et à utiliser le modèle (Durand, 1992).

Les éléments de base du modèle sont (Tableau 3- 2) :

- Les variables d'état (stock), ce sont des accumulateurs. Leur quantité varie à travers le temps selon des flux entrant et sortant ;
- Les flux transitent par le réservoir et en modifient son état. Les vannes contrôlent les débits des différents flux ;
- Les variables auxiliaires peuvent être une constante, ou une fonction tabulée selon le temps ou une variable quelconque. Elles apparaissent dans le canal d'information. Elles permettent d'intégrer l'information qualitative et les délais des modèles ;
- Et le canal d'information permet de connecter les variables de système entre elle et de simuler les rétroactions (Provitolo, 2006).

Tableau 3- 2 Présentation des principaux symboles du module graphique de la Dynamique des Systèmes ³⁹

	<p>Les stocks ou réservoirs, dont le formalisme graphique est un rectangle, sont les variables de niveau ou d'état. Ils fonctionnent comme des accumulateurs. Ainsi, les variables d'état représentent des stocks dont la quantité varie à travers le temps en fonction des flux d'entrée et de sortie qui les alimentent et les vident. La valeur de ces stocks renseigne sur l'état du système à chaque instant t. Les stocks sont utilisés pour représenter tant des accumulations matérielles (l'eau, les individus) qu'immatérielles (la connaissance)</p>
	<p>Les flux transitent par le réservoir et en modifient donc l'état. Ils déterminent les variations dans les différents niveaux du système. Les vannes contrôlent les débits des différents flux. Chaque vanne peut être considérée comme centre de décision, recevant des informations et les transformant en actions. En l'absence de flux, aucun changement dans la magnitude des stocks n'est possible.</p>
	<p>Les variables auxiliaires, représentées par un cercle, apparaissent dans le canal d'information. Elles peuvent être une constante, ou une fonction tabulée en fonction du temps t ou d'une variable quelconque. Ces variables auxiliaires sont très utiles pour intégrer de l'information qualitative et des délais dans les modèles. Elles permettent également de coupler des flux de nature différente, par exemple un flux d'automobiles et un flux d'hommes.</p>
	<p>Le canal d'information permet de connecter entre elles les variables du système et de simuler les rétroactions.</p>

³⁹ <http://www.hypergeo.eu/spip.php?article384>

Jay Forrester élargi le champ de ses applications, en élaborant, en 1969, un modèle de comportement dynamique d'une aire urbaine (Urban Dynamics). Ce modèle a pour principe d'étudier l'avenir des villes et les conséquences des décisions de politique urbaine. L'auteur montre que les politiques échouent le plus souvent et aggravent la situation initiale. Le modèle que propose Forrester est complexe. Trois sous systèmes interagissent dans ce modèle : l'industrie, le logement et la population. Ce système est repris en partie dans les travaux de Moine (2007) sur la complexité du territoire (cf. : 3.1). L'industrie est divisée en trois sous catégories correspondant à l'âge de l'entreprise (entreprise nouvelle, entreprise mure et les vieilles entreprise). Les logements sont regroupés selon la classe de population (les employés, les ouvriers et les non qualifiés). La population est constituée de trois variables (les professions libérales, les ouvriers qualifiés et les non qualifiés). Ces trois variables correspondent au taux de croissance naturel, au taux de migration normal et au taux de mobilité interclasses. Ces taux déterminent le flux responsable de l'évolution.

3.3.1.2. SADT

Le SADT (Structured Analysis and Design Technic) est une méthode mise au point par la société Softech aux Etats-Unis, en 1977, destinée à la modélisation des décisions et des activités d'une organisation ou d'un système (Lissandre, 1990 in Karagiannis 2010). Elle permet de représenter les systèmes, les entités et/ou activités par des boîtes, et les relations entre les boîtes par des flèches (figure 3-6). Cette méthode décrit les fonctions, les relations et les flux de données d'une organisation. Selon Suh (2001) (Karagiannis, 2010), le SADT permet de décomposer un système complexe en sous systèmes de façon physique et structurelle.

De plus, le SADT est un langage de communication qui se fait à différents niveaux. Au niveau de l'élaboration du projet tout d'abord en permettant par son formalisme à chacun de participer, ensuite lors d'explications à des intervenants extérieurs (Berger, 2012).

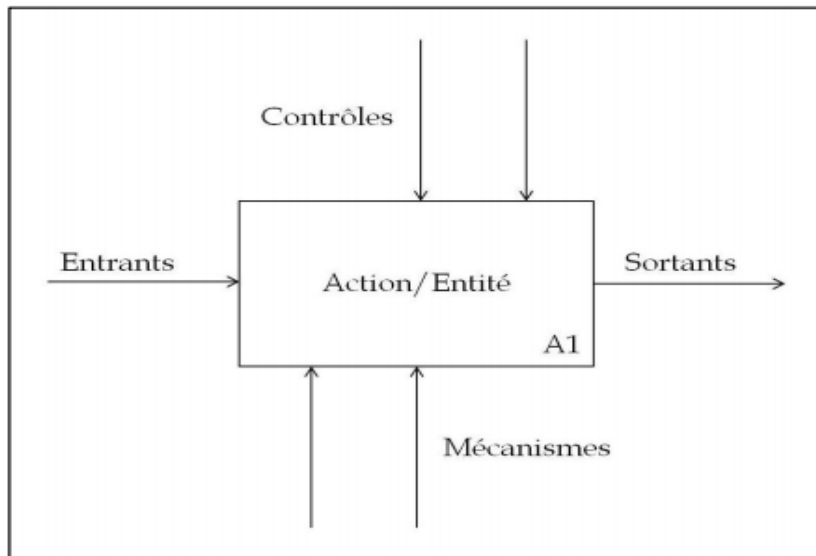


Figure 3- 6 Élément de base SADT (adapté depuis Lissandre, 1990)

3.3.1.3. FIS

La méthode FIS (Fonctions-Interactions-Structure) est fondée sur l'approche SIPOC (Supplier-Input-Process-Output-Customers). Elle peut être vue comme une extension de la SADT. Cette méthode permet de modéliser le système de point de vue des fonctions et des ressources (Flaus *et al.*, 2010). Les résultats sont destinés à l'analyse des risques. Elle décrit les fonctions sous la forme de séquences. Elle permet la construction d'un système complexe de façon hiérarchique. L'élément de base de cette modélisation est le processus composé de fonction, de ressources physiques, de port d'entrées/ sorties et de support permettant des interactions entre les systèmes. Un processus est caractérisé par ses fonctions (rôle d'un ensemble de ressources exprimé en termes de finalité), ses ressources (éléments matériels, informationnels, humains et organisationnels) et ses interactions (éléments utilisés par le processus (entrée) et services fournis par le processus (sortie)) avec les autres systèmes (figure 3-7).

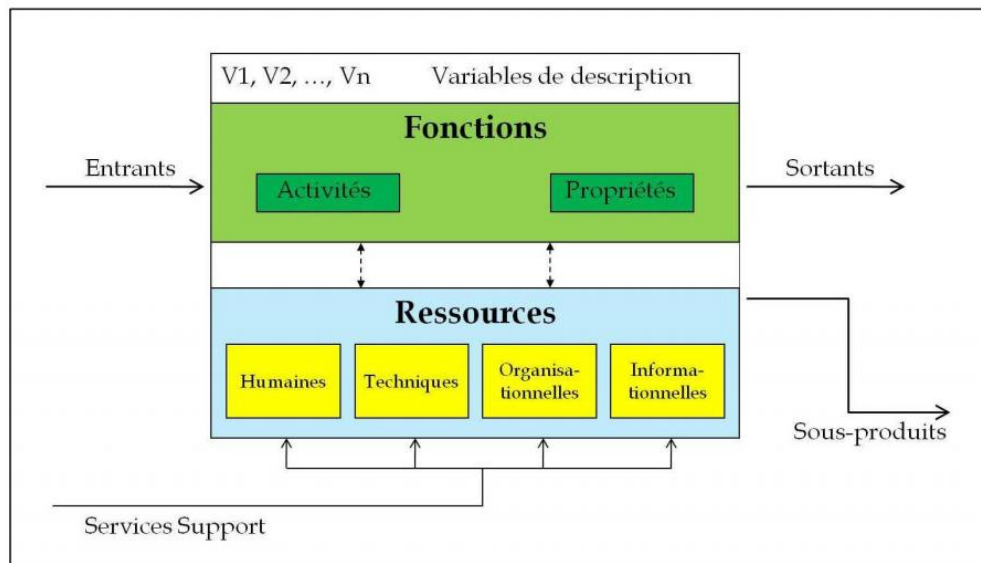


Figure 3- 7 Modélisation FIS d'un système (Karagiannis, Piatyszek & Flaus, 2010)

La méthode FIS a une forte ressemblance avec l'UML. En effet, l'UML modélise, de la même manière que la méthode FIS, les fonctions et les ressources du système (Diagramme de Classe) et l'interaction des agents dans le temps (Diagramme de Séquence).

L'Ecole Nationale Supérieure des Mines de Saint-Etienne (Karagiannis, 2010) a développé une méthode, pour l'analyse de la robustesse des plans de secours industriels en utilisant la méthode FIS. Cette recherche a utilisé l'outil informatique (XRisk) développé pour la modélisation structuro-fonctionnel et l'analyse des risques des systèmes complexes. Le modèle a permis de structurer l'analyse et d'identifier les défaillances pouvant se manifester pendant la gestion de crise.

L'approche FIS est adaptée pour formuler la décomposition de l'opérateur dans le contexte de la modélisation itérative.

3.3.1.4. La formalisation UML

Issu en 1996 de la pratique industrielle et de la modélisation des systèmes logiciels, UML est un langage de modélisation graphique et est devenu un standard pour la modélisation des objets (définis par l'Object Management Group (OMG)). UML est un support de

communication, qui facilite la représentation et la compréhension de solutions objet. Il permet d'exprimer et de modéliser le comportement d'un système.

Cette approche permet de donner une forme définitive au système de manière standard en utilisant différents diagrammes. L'UML est un langage permettant de spécifier, de visualiser, de mettre en œuvre les systèmes informatiques (Jacobson *et al.*, 1999). Treize types de diagrammes existent pour représenter les différents aspects du système. Ces diagrammes peuvent être classés en trois types: statiques, dynamiques et comportementaux (Tableau 3-3) :

Tableau 3- 3 Diagramme Structurel et dynamique du langage UML (Jacobson et al., 1999)

Type de Diagramme	Nom	Objectif
Modélisation Structurelle	<i>Diagrammes de déploiement</i>	Décrivent l'architecture technique du système
	<i>Diagrammes de composants</i>	Représentent les composants logiciels du système et leurs dépendances dans l'environnement de réalisation (ils ne sont utilisés que pour des systèmes complexes) ;
	<i>Diagramme d'objets</i>	Représente les instances des classes, c'est-à-dire une situation concrète à un instant donné
	<i>Diagramme de classes</i>	Représente la structure statique du système sous forme de classes et de relations entre classes. Il constitue la partie pivot de la modélisation
	<i>Diagrammes de cas d'utilisation</i>	Décrivent les fonctions du système du point de vue de l'utilisateur. Cette étape permet de comprendre, d'expliquer et de représenter les besoins des utilisateurs ;
	<i>diagrammes de collaboration</i>	Représentent de façon spatiale les rôles joués par les objets et les interactions entre ces objets via l'envoi de messages
Modélisation Dynamique	<i>Diagrammes de séquence</i>	Représentent les interactions entre objet via la chronologie des échanges de message;
	<i>Diagrammes d'état transition</i>	Montrent les différents états des objets et leurs réactions par rapport aux événements ;
	<i>Diagrammes d'activités</i>	Donnent un enchaînement des activités propres à un cas d'utilisation
	<i>Diagrammes d'interaction</i>	Modélisent un comportement dynamique entre objets qui se traduisent par l'envoi de messages entre objets. Nous utiliserons deux catégories de diagrammes d'interactions

Ce langage est couramment utilisé dans la modélisation informatique pour les systèmes informatiques et logiciels. Il est utilisé, de plus en plus, pour modéliser d'autres types de systèmes comme :

- le système d'information des risques naturels (Napoli, 2001). Cette étude a pour but de comprendre, à travers la démarche de modélisation, le phénomène de forêt dans le but de prédire et de limiter les dégâts. Le langage UML est utilisé pour spécifier le système de gestion des connaissances issues d'expérimentation en milieu naturelle.
- le développement des systèmes critiques pour la sécurité des chemins de fer tels que le système de verrouillage de chemin de fer. L'UML est utilisé dans cette recherche comme un outil de spécification des états du système (Man Hon *et al.*, 2006).
- la modélisation systémique à l'analyse des risques des unités de stockage de produits chimiques au Maroc (Bouloiz *et al.*, 2010). Ils utilisent l'approche UML comme un outil opérationnel pour modéliser le système complexe. Cette étude formalise les interactions du système et identifie les situations anormale.

3.3.2.Choix d'une méthode de modélisation

Les contraintes de ce travail de recherche concernant la méthode de modélisation recherchée sont les suivantes (Flaus *et al.*, 2010) :

1. capacité à décrire le système ;
2. capacité à décrire les fonctions du système ;
3. capacité à décrire les ressources ;
4. faire apparaître la hiérarchie ;
5. faire apparaître les liens inter processus ;
6. décrire de façon schématique le déroulement du processus ;
7. langage répandu et normalisé
 - a. gain de précision ;
 - b. gage de stabilité ;
 - c. encourage l'utilisation d'outils.

La Dynamique des Systèmes a une vocation générale et est un outil générique d'analyse des phénomènes et des organisations. Mais cette approche n'a pas été retenue pour ces travaux de recherche car celle-ci n'est pas adaptée pour étudier le comportement des individus.

Quant à la méthode SADT, elle fournit une représentation graphique des fonctions, sans prévoir l'assemblage des fonctions ayant des attributs en communs, ni l'attribution d'une ressource à plusieurs fonctions. (Flaus *et al.*, 2010 ; Karagiannis 2010).

L'objectif de cette recherche est de fournir au final un outil permettant de simuler le comportement de la cellule de crise. La méthode FIS fait apparaître les aspects structurels et fonctionnels mais n'est pas conçue pour l'analyse des comportements dynamiques des acteurs alors que le dynamisme et la notion de temps sont un des points centraux de ce travail.

Le choix de l'outil pour la représentation du monde réel et pour étudier le comportement d'acteurs s'est donc porter sur le langage UML. Dans de nombreux domaines d'activité utilisant des systèmes d'information, la connaissance liée à un métier est souvent représentée par des modèles UML (OMG2, 2004) notamment par des diagrammes de classes modélisant les entités propres au domaine. Ces abstractions, appelées « modèles métier », capitalisent un ensemble de connaissances exprimées dans un langage largement répandu et normalisé. Ce formalisme présente l'avantage d'être maîtrisé par une importante communauté même si sa mise en pratique nécessite un apprentissage et passe par une période d'adaptation. Elle constitue aussi un moyen d'échange privilégié entre les parties qui conçoivent un logiciel (Faucher *et al.*, 2008).

3.3.3. Conclusion

L'approche qualitative et l'approche systémique, selon les travaux de Joël De Rosnay (1975) et de Thierry Vilmin (1999), restent impuissantes dès lors qu'il s'agit de prévoir le comportement du système et de résoudre les problèmes identifiés. C'est pour cette raison que l'UML n'a été utilisé dans ce projet que pour formaliser les interactions au sein du système de la cellule de crise pour comprendre l'organisation de celle-ci. Mais pour palier la difficulté du comportement du système, certains chercheurs se sont intéressés à l'étude quantitative, telle que la modélisation dynamique pour modéliser les « interactions dynamiques » entre les acteurs. Pour analyser les interactions d'une cellule de crise, le projet de recherche va s'intéresser à une démarche de modélisation dynamique qui repose sur les systèmes d'aide à la décision.

3.4. Méthodes d'étude des Systèmes Complexes

Dans le chapitre précédent, la gestion de crise est considérée comme un système complexe. Il existe de nos jours des méthodes, concepts ou outils permettant d'étudier ces systèmes complexes. Le concept de la Dynamique des systèmes selon Forrester a été étudié mais sera

abandonné rapidement (cf. 3.3.1.1). Sera choisi à la place, un outil fondé sur les Systèmes d'Aide à la Décision (SAD). Cet outil permet d'aider les décideurs à bien mener leurs tâches pour pouvoir prendre la bonne décision. Cette partie exposera les raisons pour laquelle ce concept n'a pas été choisi pour ce projet. Dans un second temps, seront décrits les caractéristiques et les outils permettant d'étudier le comportement de la cellule de crise.

3.4.1. Les Systèmes d'aide à la décision

3.4.1.1. Les systèmes d'informations

Les Systèmes d'Informations (SI) sont de plus en plus présents dans la vie quotidienne. En effet, nous sommes, consciemment ou in consciemment, en contact avec un ou plusieurs SI. Ce contact rend perceptible l'impact des SI sur la vie quotidienne (exemple : la carte interactive sur les pages jaunes). La définition courante d'un SI est :

« Le système d'information est l'ensemble des informations formalisables circulant dans l'entreprise et caractérisées par des liens de dépendance, ainsi que des procédures et des moyens nécessaires pour les définir, les rechercher, les formaliser, les conserver, les distribuer »⁴⁰ (Kebair, 2009 ; Semoud et al., 2006).

La tâche principale d'un SI est de récolter, traiter, stocker et diffuser l'information pour représenter partiellement la réalité qui est mise en œuvre grâce à des ressources techniques et des acteurs humains. Il est constitué d'information (représentation partielles des faits), de traitements (procédé d'acquisition, de mémorisation...), de règles d'organisation (exécution des traitements informationnels) et de ressources humaines et techniques (pour le fonctionnement des SI). De plus, le SI appartient à une organisation comprenant le système de pilotage et le système opérant (figure 3-8) qui sont en interactions.

⁴⁰ performance-publique.budget.fr

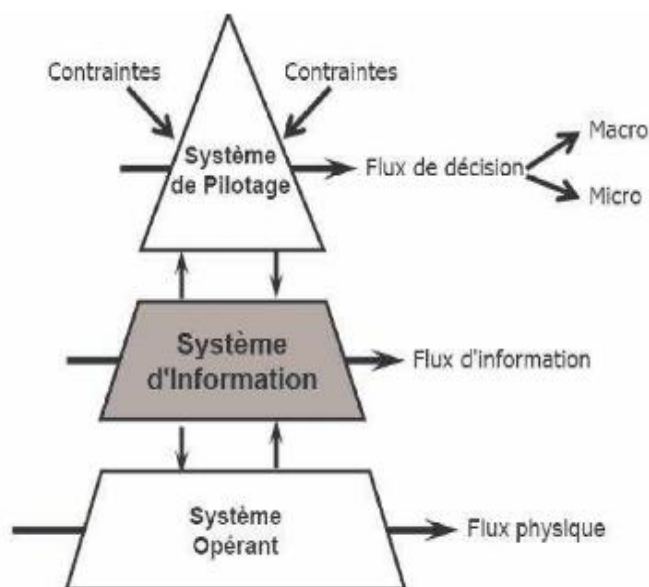


Figure 3- 8 Le modèle canonique Opération-Information-Décision (Le Moigne, 1977)

Pour introduire le concept de SI, la vision systémique d'une cellule de crise sera prise comme exemple. Le Système Opérant (SO) réalise les objectifs définis par le système d'information. Dans la cellule de crise le SO représente les acteurs qui se trouvent sur le terrain mais aussi les cellules opérantes (cellule travaux, hébergement...). Il agit en utilisant les flux physiques (matériel...). Le Système de Pilotage (SP) a pour mission de conduire l'organisation vers des objectifs qui lui sont fixés, et de vérifier que ces objectifs ont bien été atteints. Ce qui nécessite souvent un contrôle continu du fonctionnement du système opérant et d'éventuelles modifications (recrutement, investissement, nouveaux développements...) à apporter au système opérant. Les décisions prise par le SP correspondent aux flux décisionnels.

L'objectif du SI est d'être l'intermédiaire entre le SO et le SP pour leur fournir des informations, leur permettre de fonctionner dans les bonnes conditions et pour prendre les bonnes décisions. L'intérêt du SI, dans ce travail, est d'apporter aux acteurs et aux décideurs une connaissance nécessaire de la cellule de crise (du système), par une représentation des faits (passés, présents et futurs), pour agir et décider.

3.4.1.2. Système d'aide à la décision

3.4.1.1.1. Les niveaux de décision

Pour comprendre le rôle d'un Système d'aide à la décision (SAD), il est nécessaire de définir le terme décision et de présenter ses niveaux. La décision est définie comme l'un des choix

parmi un certain nombre d'alternatives et la prise de décision se réfère par l'amélioration du processus de décision en utilisant la planification (Lucas-Conwell, 2008) et la coordination qui se compose des trois principales étapes suivantes (Kebair, 2009) :

- Renseignement : enquêter, détecter et évaluer les problèmes ou les opportunités ;
- Conception : générer, modéliser et simuler les alternatives ;
- Choix : maximiser le but, sélectionner et implémenter une alternative et prendre une décision.

Mais certaines des décisions sont plus importantes que d'autre et s'opèrent à des niveaux différents. En reprenant la figure ci-dessus (Figure 3-9) trois niveaux de décision sont identifiables (stratégie, tactique et opérationnel).

La décision stratégique se place au plus haut niveau. Elle concerne la prise de décision pour un objectif à long terme. Elle est la moins structurée et ces résultats sont les plus incertains.

Le niveau de décision tactique appuie les décisions stratégiques. Elle est dédiée pour des décisions à moyens termes et avec des conséquences modérées.

Enfin le niveau de décision opérationnelle correspond aux décisions tactiques. Elles sont structurées pour avoir un impact immédiat.

3.4.1.1.2. Définition du SAD

Les Systèmes d'Aide à la Décision (SAD) est, comme son nom l'indique, un outil qui aide l'Homme dans le processus de décision. Ils permettent au décideur de mieux gérer la masse et la complexité de l'information et aux organisations de mieux coordonner l'activité des décideurs individuels. Le terme SAD a été évoqué de manière informelle par A. Gorry et M. Scott Morton, en 1971, mais ce n'est qu'en 1978 que P. Keen et M. Scott Morton définiront ce terme en prenant en compte la dimension cognitive du décideur (Keen *et al.*, 1978):

« Les SAD associent les ressources intellectuelles des individus avec les capacités de l'ordinateur pour améliorer la qualité des décisions. Il s'agit d'un système informatique d'aide pour les décideurs de gestion qui traitent des problèmes semi-structurés. »

Puis les recherches sur les SAD se sont focalisées sur la démarche heuristique⁴¹. Cette démarche permet de résoudre les problèmes pour lesquels l'énumération exhaustive des états de la nature s'avère impossible (Lebraty, 2006). En 1972, A. Newell et H.A. Simon, ont

⁴¹ Une démarche relativement empirique, établissant des hypothèses provisoires dans laquelle l'imagination, l'expérience, et l'histoire personnelle ont une place non négligeable (Dictionnaire de l'Académie Française)

conçut une méthode (« General Problem Solver ») qui peut être décrite comme le premier modèle complet du traitement humain de l'information. La figure suivante (figure 3-9) illustre ce processus :

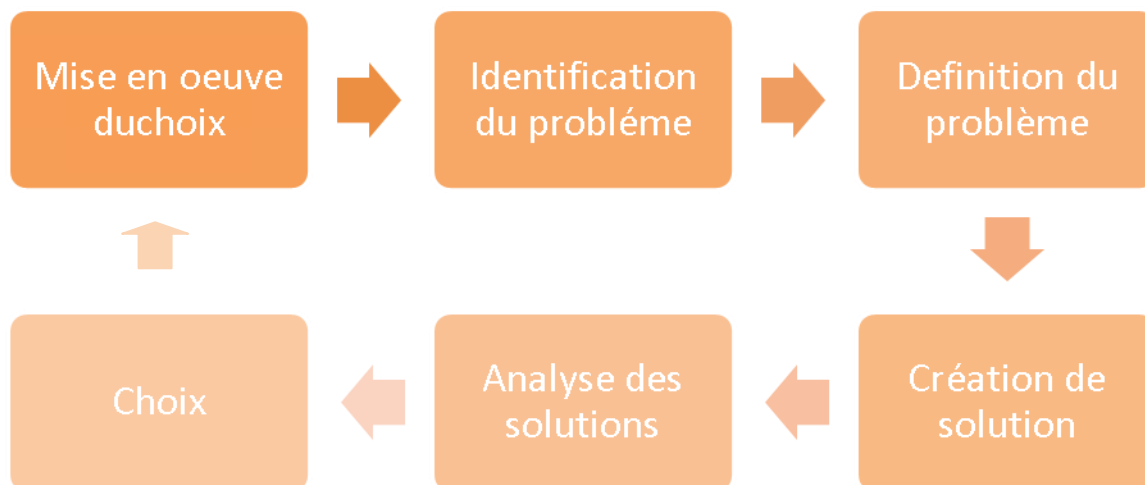


Figure 3- 9 Le processus décisionnel fondant les SAD (Lebraty, 2006)

En se basant sur ce processus décisionnel, plusieurs SAD ont été conçus. Ces derniers se résument en sept catégories (Arnott *et al.*, 2008) :

- Systèmes d'Aide à la Décision Personnel (SADP): généralement des systèmes à petite échelle qui sont développés pour un gestionnaire ou un petit nombre de gestionnaires indépendants, pour soutenir une tâche de décision ;
- Systèmes d'Aide au Groupes (SAG): l'utilisation d'une combinaison de communications et de technologies de SAD pour faciliter le travail effectif des groupes ;
- Systèmes d'Aide à la Négociation (SAN): son objectif est la négociation entre les parties opposées ;
- Systèmes Interactif d'Aide à la Décision (SIAD): l'application des techniques de l'intelligence artificielle pour l'aide à la décision;
- SAD à base de Gestion de Connaissances (SADGC): des systèmes qui supportent la prise de décision en aidant le stockage, la recherche, le transfert et l'application des

connaissances en soutenant la mémoire individuelle et organisationnelle et les accès aux connaissances inter-groupes ;

- Entrepôt de Données (ED) : des systèmes qui fournissent une infrastructure à grande échelle pour l'aide à la décision;
- Systèmes d'Entreprise d'Analyse et d'Établissement de Rapports : une entreprise axée sur des systèmes d'aide à la décision y compris les systèmes d'information exécutifs, le renseignement des affaires et plus récemment, les systèmes de gestion de performance d'entreprise.

Les objectifs d'un SAD sont les suivants (Kebair, 2009) :

- compléter les décideurs : compléter une ou plusieurs capacités du décideur ;
- permettre un meilleur renseignement, conception ou choix : faciliter les phases de prise de décision. Pour le renseignement, le SAD doit parcourir l'organisation interne ainsi que l'environnement externe. Dans la phase de conception, il peut générer et évaluer des alternatives de décision. Le SAD doit aussi prendre la forme d'offreur de conseils pour maximiser les résultats escomptés pour la phase des choix ;
- faciliter la résolution des problèmes: rendre la résolution des problèmes fluide et rapide ;
- fournir de l'aide pour les décisions non structurées ;
- gérer la connaissance : il pourrait être accompli en renforçant le traitement et la représentation de la connaissance.

Depuis plusieurs années la recherche académique avance sur le thème des systèmes d'aides à la décision. En effet, le concept d'agent s'est fait connaître dans les années 90 par le MIT, et se retrouve dans de nombreuses recherches et notamment dans la conception de SAD. Le recours à la simulation est de plus en plus fréquent dans le processus d'aide à la décision, il s'apparente souvent aux jeux de simulation, aux micro-mondes et aux jeux de rôle. Le micro-monde est un outil qui simule le comportement d'objet ou de concept abstrait. Les jeux de rôle fixe une mission à accomplir et met en situation des acteurs ayant chacun a un rôle spécifique. Enfin le jeu de simulation est un comportement d'un système à partir d'un modèle d'origine (appareil physique, phénomène naturel ou système abstrait) (Guéraud, 2005). Il doit contenir au minimum les douze éléments suivants : un modèle, des scénarios, des évènements inattendus, un processus de jeu, une durée de jeu, des rôles, des procédures, des décisions, des

résultats, des indicateurs, des symboles et enfin des matériels dédiés (Duke *et al.*, 1981). Le jeu de simulation a de nombreux avantages notamment le fait qu'il soit peu coûteux, sans risque sur des situations dangereuses, travailler à des échelles à temps variable.

Cette approche semble appropriée pour la simulation des comportements d'une cellule de crise et elle permettra d'apporter à l'utilisateur un outil d'aide à la décision, de communication et d'enseignement. Il existe plusieurs types de jeux de simulation tels que le Serious Game (Jeu Sérieux) qui est « *un logiciel qui combine une intention sérieuse, de type pédagogique, informative, communicationnelle, marketing, idéologique ou d'entraînement avec des ressorts ludiques issus du jeu vidéo* » (Alvarez *et al.* 2007). Comme les Serious Games sont fondés sur les jeux vidéo, ce type d'outil est assez lourd à mettre en place et demande un fort investissement en moyen techniques et humains.

Les Systèmes Multi-Agents sont un autre moyen pour mettre en œuvre des outils pour la prise de décisions. Les SMA proviennent de recherches en Intelligence Artificielle et consiste à gérer des agents en leur fournissant des tâches pour qu'ils puissent coopérer. Ce concept peut être une voie vers l'intégration d'un nouveau modèle décisionnel dans les SAD et donc vers la conception d'un nouveau type de SAD : les SAD Multi Agents (Kwon *et al.*, 2005 ; Lebraty, 2006).

3.4.2. L'intelligence artificielle : Les Systèmes Multi-Agents

Il est difficile de donner une définition précise et admise par tous de l'intelligence artificielle (IA) car elle recouvre de nombreux domaines. Quelques définitions de l'intelligence artificielles sont présentées ci-dessous (Bienvenu, 2006-2008) :

- « L'étude des facultés mentales à l'aide des modèles de type calculatoires » (Charniak et McDermott, 1985) ;
- « Discipline étudiant la possibilité de faire exécuter par l'ordinateur des tâches pour lesquelles l'homme est aujourd'hui meilleur que la machine" (Rich et Knight, 1990) ;
- « L'automatisation des activités associées au raisonnement humain, telles que la décision, la résolution de problèmes, l'apprentissage,..." (Bellman, 1978) ;
- « L'étude des mécanismes permettant à un agent de percevoir, raisonner, et agir" (Winston, 1992) ;
- «L'étude des entités ayant un comportement intelligent" (Nilsson, 1998) ;

L'IA est donc une discipline fondée sur le traitement des connaissances et du raisonnement qui permet à une machine d'exécuter des fonctions normalement associées à l'intelligence humaine comme la compréhension, le raisonnement, le dialogue, l'adaptation, ou encore l'apprentissage. L'IA a pour objectif de rendre une machine qui raisonne sur une situation statique ou dynamique (faire un diagnostic, proposer des plans), d'expliquer et de communiquer ses conclusions, d'abstraire, ou encore d'apprendre à partir de données.

L'IA occupe une place importante dans la recherche sur les systèmes complexes et elle est utilisée dans la vie quotidienne sans que nous nous rendions comptes comme la reconnaissance vocale, correcteur orthographique, jeux vidéo, moteurs de recherches.⁴²

La simulation consiste à analyser les propriétés de modèles théoriques du monde réel. Les Systèmes Multi-Agents apportent une solution en offrant la possibilité de représenter les individus, leurs comportements et leurs interactions. La simulation Multi-Agents représente, sous forme informatique, les comportements individuels des entités dont leurs interactions font apparaître des phénomènes nouveaux.

Un Système Multi-Agents est :

« Un réseau couplé de solveurs de problèmes qui interagissent pour résoudre des problèmes qui dépassent les capacités individuelles (Durfee 1989). Ces solveurs de problèmes sont souvent appelés « agents », sont autonomes et peuvent être hétérogènes par nature. » (Kebair, 2009)

Les SMA sont des entités qui interagissent pour produire un comportement collectif. Une des caractéristiques intéressantes se situe dans la répartition de la complexité sur plusieurs agents. Ce chapitre a pour but de décrire les caractéristiques d'un Système Multi-Agents. Quelques définitions des agents ainsi que leurs interactions seront présentées en première partie. Puis sera exposée la plateforme JADE qui sera la plateforme choisie pour développer la simulation.

⁴² L'intelligence artificielle : entre la science et l'art , Sélection d'œuvres et d'articles du catalogue du SCD (mars 2009), http://portail.bu.univ-artois.fr/webcontent/viewer/viewer.asp?INSTANCE=INCIPIO&EXTERNALID=WBCTDOC_1510_WRK

3.4.2.1. Les agents

Le terme agent est utilisé pour définir un objet capable d'interagir, d'exécuter ses actions en parallèle avec celles d'autres agents. Il n'existe pas de définition universelle du mot agent car ce terme est utilisé dans plusieurs domaines :

- Un agent est une entité qui fonctionne continuellement et de manière autonome dans un environnement où d'autres processus se déroulent et d'autres agents existent (Shoham, 1993) ;
- Un agent est une entité autonome, réelle ou abstraite, qui est capable d'agir sur elle-même et sur son environnement qui, dans un univers Multi-Agents, peut communiquer avec d'autres agents, et dont le comportement est la conséquence de ses observations, de ses connaissances et des interactions avec les autres agents (Ferber, 1995) ;
- Un agent est un système informatique, situé dans un environnement, et qui agit d'une façon autonome pour atteindre les objectifs (buts) pour lesquels il a été conçu (Wooldridge *et al.*, 1995) ;
- Un agent est une entité qui perçoit son environnement et agit sur celui-ci (Russell, 1997) ;
- Pour Weiss (1999), un agent est une entité qui peut agir dans son environnement, percevoir et représenter cet environnement et communiquer avec d'autres agents ;
- Les agents intelligents sont des entités logiciels qui réalisent des opérations à la place d'un utilisateur ou d'un autre programme, avec une sorte d'indépendance ou d'autonomie, et pour faire cela, ils utilisent une sorte de connaissance ou de représentation des buts ou des désires de l'utilisateur⁴³ ;
- Ferber, en 1995, associe les systèmes complexes (cf. 3.1) aux Systèmes Multi-Agents. Ces derniers permettent de « *réduire la complexité de la résolution d'un problème en divisant le savoir nécessaire en sous-ensembles, en associant un agent intelligent indépendant à chacun de ces sous-ensembles et en coordonnant l'activité de ces agents* » (Ferber, 1995). Un SMA peut représenter un groupe social, comme par exemple une cellule de crise, que l'on place dans un environnement dynamique avec des règles de fonctionnement et des normes. Il est constitué de plusieurs processus qui

⁴³ Cours agents intelligents cours web interactif : http://turing.cs.pub.ro/auf2/html/chapters/chapter3/chapter_3_2_1.html (consulté Janvier 2012)

peuvent se dérouler au même moment. Ainsi les agents peuvent se partager les ressources communes.

Les agents peuvent être classés en 4 catégories (Fernandez, 2010) :

- Simple agents de collecte, ils ne prennent aucune décision vis-à-vis de la pertinence des informations collectées ;
- Agents de collecte pouvant appliquer des traitements simples sur les informations collectées comme des contrôles de seuils ;
- Les agents sont capables de prendre de décisions plus évoluées, en accord avec l'utilisateur (comme la négociation d'une transaction ou la prise automatique de rendez-vous,...) ;
- Les agents communiquent et agissent à plusieurs.

Selon la définition de Wooldridge et Jennings, 1995, un agent a les propriétés suivantes:

- sa situation: l'agent agit sur son environnement à partir des entrées qu'il reçoit de ce même environnement ;
- son autonomie: l'agent agit sans l'intervention d'un tiers et contrôle ses propres actions;
- sa pro-activité: l'agent doit avoir un comportement proactif en prenant l'initiative au bon moment ;
- sa réactivité: l'agent est capable de percevoir son environnement et de pouvoir répondre dans un temps donné ;
- sa capacité sociale: l'agent interagit avec d'autres agents afin d'accomplir des tâches ou aider ces agents à accomplir les leurs.

Un agent doit établir ses règles en se basant sur :

- la décision: quels sont les mécanismes de la décision de l'agent? Quelle est la relation entre les perceptions, les représentations et les actions des agents ? Comment décomposent-ils leurs buts et tâches ? Comment construisent-ils leurs représentations?
- le contrôle: quelles sont les relations entre les agents? Comment sont-ils coordonnés? Cette coordination peut être décrite comme une coopération pour accomplir une tâche commune ou comme une négociation entre des agents ayant des intérêts différents ;

- la communication : quels types de message s'envoient-ils? à quelle syntaxe obéissent ces messages? Différents protocoles sont proposés en fonction du type de coordination entre les agents.⁴⁴

Dans cette notre recherche, le terme agent désigne un ensemble d'acteurs dans un programme informatique qui sont en interactions et qui perçoivent et agissent dans un environnement de façon autonome. Les agents représenteront les acteurs de la cellule de crise. Le prochain point détaille les interactions entre ces agents.

3.4.2.2. Les interactions

Les SMA cherchent à coordonner les agents entre eux. La coordination permet de modéliser des systèmes, des modes de communication, des simulations sur le terrain. Ces interactions ont pour effet de modifier le comportement d'un autre agent pour atteindre un but global.

L'interaction se fait par le transfert d'information qui est décomposée en trois parties (Moulin *et al.*, 1996 ; Chaib-draa, 1996)⁴⁵ :

- la réception d'informations ou la perception d'un changement : l'agent perçoit le changement de comportement d'un autre agent via l'environnement ;
- le raisonnement sur les autres agents à partir des informations acquises ;
- une émission de message(s) ou plusieurs actions (plan d'actions) modifiant l'environnement. Un agent transfère des informations à un ou plusieurs agent(s). Cette phase est le résultat d'un raisonnement de l'agent sur son propre savoir-faire et celui des autres agents.

Pour construire un Système Multi Agents, il existe sur le marché des plateformes Multi-Agents. La section suivante aborde les différentes plateformes existantes et présente la plateforme choisie.

3.4.2.3. La plateforme Jade

Une fois que la conception du Système Multi-Agents est terminée, l'étape suivante procède aux choix de l'outil ou de la plateforme permettant la réalisation des programmes informatiques qualifiés d'agents logiciels intelligents. Les plateformes Multi-Agents sont un

⁴⁴ Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement, 2012

⁴⁵ Cours agents intelligents cours web interactif :

http://turing.cs.pub.ro/auf2/html/chapters/chapter3/chapter_3_2_1.html (consulté Janvier 2012)

ensemble d'outils nécessaire pour le développement, le déploiement et l'exécution des agents. Jade (Bellifemine, 1999), MadKit (Gutknecht, 2000), Zeus (Lee *et al.*, 1998) et Jack (Ltd, 2008) sont les plateformes les plus utilisées pour la construction des SMA. La plateforme JADE sera détaillée dans ce document car elle sera utilisée dans le cadre de cette thèse. JADE a été choisie du fait, de son implémentation en JAVA et de sa compatibilité aux normes FIPA⁴⁶ (Foundation for Intelligent Physical Agents) (FIPA 2000 ; FIPA, 2002 ; Ferguen A., 2012).. De plus, le prototype est implanté dans le langage Java qui est, depuis quelques années, le langage le plus utilisé dans le monde⁴⁷

JADE (Java Agent DEvelopment framework) est une plate-forme Multi-Agents créée par le laboratoire TILAB (TILAB) et est décrite par Bellifemine *et al.*(1999).

JADE possède trois modules principaux (figure 3-10) :

- Le facilitateur d'annuaire: DF « Director Facilitator » fournit un service de « pages jaunes » à la plate-forme. Il recherche un agent à partir de son nom ou de ses compétences ;
- Le système de transport de message: ACC « Agent Communication Channel » contrôle la communication entre les agents. Par ses canaux de communication il permet aux agents de communiquer ;
- Le système de gestion d'agent: AMS « Agent Management System » supervise l'enregistrement des agents, leur authentification, leur accès et l'utilisation du système. Un seul AMS doit exister dans une plateforme. Il authentifie chaque agent, par un AID (Agent Identifier Directory) et un état. Ces trois modules sont activés à chaque démarrage de la plate-forme.

⁴⁶ FIPA est une organisation à but non lucratif fondée en 1996 dont l'objectif est de produire des standards pour l'interopération d'agents logiciels hétérogènes.

⁴⁷ Indice Tiobe 2009 mais le langage JAVA perd sa place de n°1 Le 10/04/2012, par Gordon Fowler, Chroniqueur Actualités

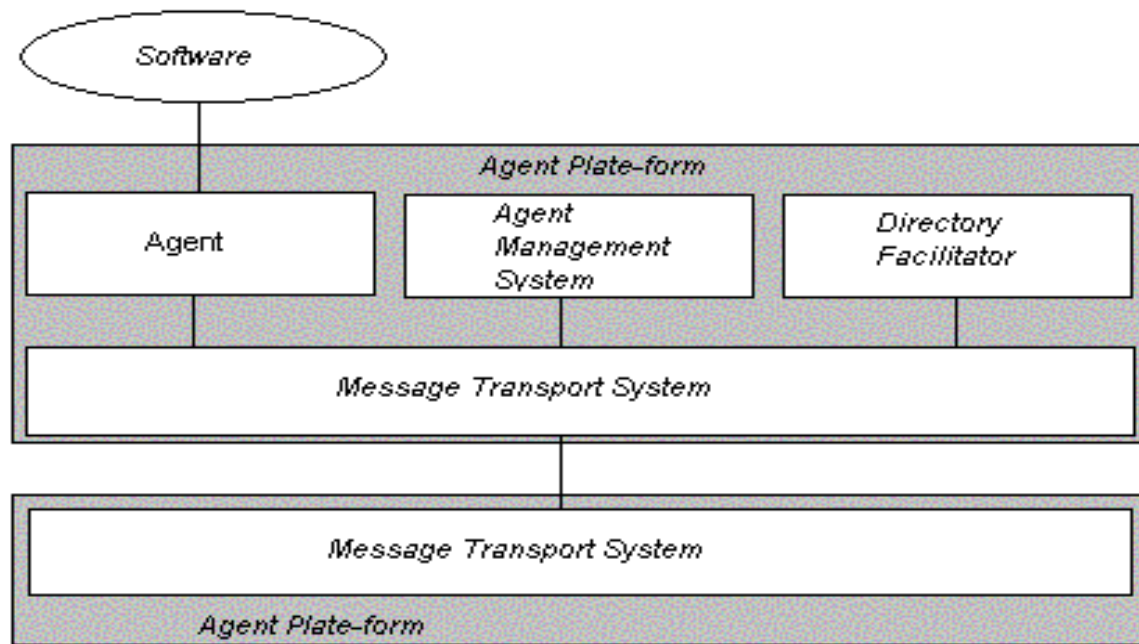


Figure 3- 10 Architecture logicielle de La plate-forme JADE (FIPA, 2000)

Le cycle de vie d'un agent est composé, selon la norme FIPA, de cinq états (Active, Waiting, Transit, Initiated et Suspended). La classe Agent fournit les méthodes permettant d'accéder à l'état de l'agent (getState()) ainsi que les méthodes permettant de passer d'un état à un autre (doWait (), doSuspend (), doActivate ()...). Un agent sera autorisé à accomplir des traitements seulement s'il est actif. Les différents états d'un agent JADE sont spécifiés ci-dessous (figure 3-11) :

- Initialisation (Initiated): l'agent est construit mais n'a pas encore été enregistré avec l'AMS, il n'a ni nom ni adresse et ne peut pas communiquer avec les autres agents ;
- Activation (Active): l'agent est enregistré avec l'AMS, a un nom et une adresse régulière et peut accéder à toutes les différentes caractéristiques de JADE ;
- Suspendu (Suspended): l'agent est actuellement arrêté, il est suspendu et aucun de ses comportements n'est en exécution ;
- En attente (Waiting): l'agent est bloqué, attendant quelque chose, il va se réveiller quand certaines conditions sont validées ;
- Transitions (Transit) : l'agent mobile entre dans cet état tant qu'il est en migration vers une nouvelle location.

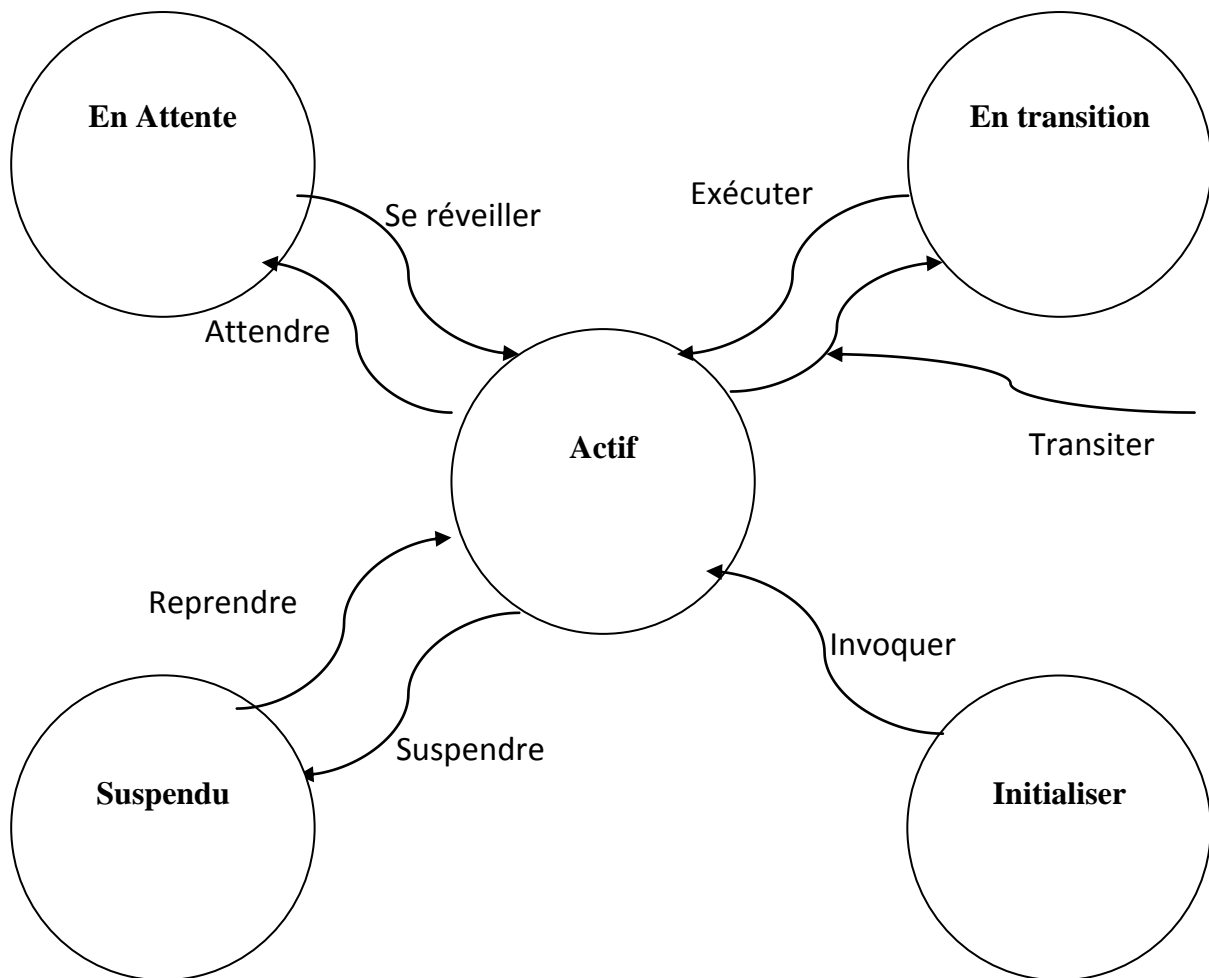


Figure 3- 11 Cycle de vie d'un agent selon la FIPA (2008)

Les langages de communication permettent aux agents d'interagir entre eux par des échanges de règles, d'actions et de messages. KQML (Knowledge Query and Manipulation Language) et ACL (Agent Communication Language) sont des langages les plus répandus et utilisés. FIPA-ACL a été créée pour étendre la puissance d'expression de KQML mais aussi pour le simplifier, ce qui fait de lui le langage le plus utilisé actuellement. Ici, nous nous intéressons au langage FIPA-ACL qui un langage de Communication de la plate-forme JADE est FIPA-ACL (Agent Communication language). Des messages peuvent être envoyés entre agent avec la classe ACLMessage. Par exemple, lorsqu'un agent souhaite envoyer un message, il doit créer un nouvel objet ACLMessage et appeler la méthode send(). Lorsqu'un agent souhaite recevoir un message, il doit utiliser la méthode receive ().

Un message ACL (Agent Communication Language) comprend plusieurs éléments qui sont présentés dans le tableau 3-4 :

Tableau 3- 4 Éléments d'un message FIPA-ACL

Performative :	Acte de langage du message qui exprime l'intention de l'émetteur vers le contenu du message.
Sender :	L'identifiant de l'agent émetteur (Agent Identifier – AID), qui contient son nom (globalement unique).
Receiver :	La liste des récepteurs
reply-to :	L'agent auquel il devrait être répondu.
content :	Le contenu (chaîne de caractères ou objet) du message.
language :	La langue dans laquelle le contenu du message devrait être codé
encoding :	Le codage du message
ontology :	L'ontologie qui peut être employée pour l'arrangement du message contenu.
protocol :	Le protocole d'interaction du message s'il appartient à une conversation.
conversation-id :	Utilisé dans les interactions pour identifier des messages qui appartiennent à une conversation spécifique. Tous les messages d'une interaction devraient partager la même conversation-identification
reply-with :	Ce champ est employé pour assigner une réponse à un message original. Le récepteur du message devrait répondre à ce message après en misant la valeur reply-with près le champ reply-to de la réponse.
in-reply-to :	Utilisé dans des messages de réponse et devrait contenir le champ replywith du message répondu.
reply-by :	Ce champ peut contenir le dernier moment pour un message de réponse.

Un SMA est un système composé d'un ensemble d'agents qui sont capables de coopérer et de se coordonner afin de résoudre des aspects d'un problème. Le point suivant a pour objectif d'étudier comment les SMA sont intégrés dans les systèmes d'aide à la décision pour la gestion de crise.

Les SAD en gestion de crise sont utilisés soit comme un support d'animation lors de la phase de préparation (cf. chapitre 1) soit comme un outil de réponse d'urgence ou soit comme un outil de réparation d'urgence.

Les SAD de préparation sont utilisés pour susciter des interactions didactiques et comme support d'animation d'un exercice (Burkhardt, 2003). Ces SAD pour la préparation d'urgence se reposent sur des concepts fournissant un cadre rationnel pour la réponse d'urgence. Ils sont

appliqués, par exemples, pour déplacer des milliers de familles d'un endroit à un autre suite à des inondations, pour l'aide à la reconstruction...

Durant la réponse d'urgence, la communication joue un rôle prépondérant. Les SAD, dans ce cas, peuvent être un outil de représentation de ce processus de communication mais aussi ils permettent de simuler l'organisation des infrastructures, du matériel, du positionnement physiques des acteurs...

Le SMA est un Système d'aide à la Décision, qui sera utilisé dans ce projet lors de la phase de préparation ou de réponse d'urgence afin d'étudier et d'organiser la cellule de crise pour qu'elle soit performante lors d'une situation de crise.

3.5.Synthèse

Ce chapitre a mis en avant la méthodologie fondée sur la modélisation et la simulation pour analyser et étudier l'organisation

La première étape est l'emploi de l'approche systémique qui permet de comprendre le système et d'appréhender la complexité de l'organisation.

Cette théorie permettra d'appréhender le système complexe et le modéliser pour acquérir les connaissances suffisantes pour identifier les éléments et les fonctions de ce système. L'UML a été choisi dans ce projet pour mettre en évidence les propriétés, les paramètres et les interrelations d'une organisation de la cellule de crise.

La deuxième étape est d'utiliser une modélisation dynamique pour simuler le comportement des acteurs de la cellule selon des scénarios prédéterminés.

Cette modélisation reposera sur un Système d'aide à la décision basé sur le Système Multi Agents. Le Système Multi-Agents est une technologie qui permet de modéliser et de simuler des entités qui interagiront pour produire un comportement collectif afin de résoudre un problème.

Chapitre 4: Fonctionnement d'un système d'aide à la décision pour évaluer la performance organisationnelle d'une cellule de crise

4.1. Proposition d'un cadre méthodologique	136
4.2. Le contexte	139
4.3. Modélisation de l'environnement global	147
4.4. Analyse de l'environnement global	152
4.5. Modélisation d'un exercice d'Etat Major	153
4.6. Définition d'une typologie de crise et de l'organisation de réponse.....	158
4.7. Identification des indicateurs de performance.....	161
4.8. Synthèse	165

Le chapitre 1 a rappelé le contexte de la gestion de crise, ce qui a mis en évidence dans le chapitre 2 les éléments d'évaluation du système de la cellule de crise. Le chapitre 3, quant à lui, a exposé l'approche choisie pour modéliser et simuler l'organisation de la cellule de crise. Tout au long de ces chapitres certaines questions sont revenues : Où se trouve la place de l'organisation d'une cellule de crise lors d'un événement d'urgence ? Existe-t-il des paramètres permettant d'évaluer la performance de la cellule de crise ?

L'évaluation de l'organisation repose tout d'abord sur l'analyse du système en utilisant l'approche systémique et repose aussi sur la spécification des indicateurs de performances qui seront définis selon les besoins des communes. Dans l'intention de mesurer l'organisation d'une cellule de crise un outil d'aide à la décision sera conçu.

De ce fait, à l'aide des informations précédentes, ce chapitre expose le développement de la méthode d'aide à la décision et les caractéristiques permettant la mise en place de son application sur le terrain d'étude.

4.1. Proposition d'un cadre méthodologique

La méthodologie proposée pour analyser la performance de l'organisation de la cellule de crise repose sur l'approche systémique. L'approche systémique dans ce projet permet d'analyser le système et de le modéliser pour réduire sa complexité (chapitre 3). La méthodologie proposée utilisera cette approche et se basera sur le modèle cognitif et prédictif pour la construire. Le but visé de cette méthodologie est de fournir une représentation de la crise pour mettre en évidence les failles de l'organisation (figure 4-1). Cette approche permet de dresser un périmètre méthodologique cohérent pour l'étude dynamique de l'organisation. Il en ressort que cette approche repose sur quatre axes (Lachtar *et al.*, 2012):

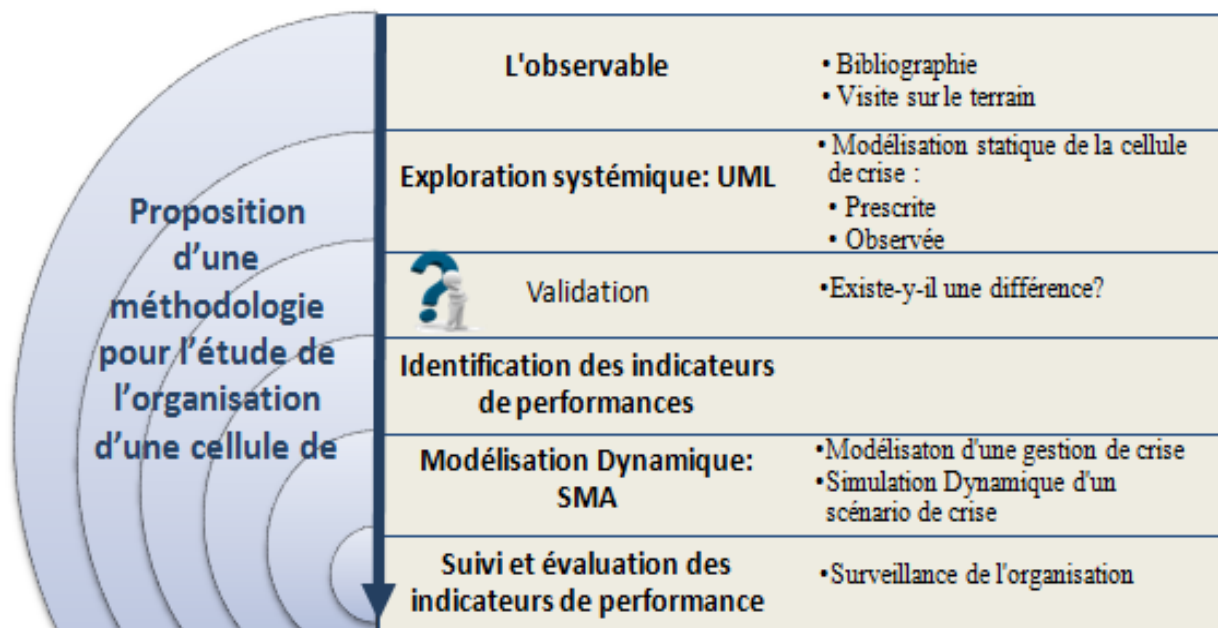


Figure 4- 1 Proposition d'une méthodologie pour l'étude de la performance de la cellule de crise communale

1 La première phase : l'observation

Elle permet de connaître l'organisation de la cellule de crise, les acteurs impliqués et les flux échangés. Ainsi, une visite au sein de la ville d'étude était nécessaire pour identifier les acteurs de la crise qui ont une influence sur les autres acteurs ou sur les facteurs d'instabilité. Chaque acteur est caractérisé par ses propres buts, les moyens et les contraintes et par ses liens avec les autres acteurs (Marguin, 2002). Cette phase consiste à observer la ville d'étude mais aussi à analyser le PCS de la ville.

2 La deuxième phase : l'exploration Systémique

A partir de ces observations, deux modèles seront proposés : la cellule de crise telle qu'elle est prescrite et telle qu'elle est observée. Cette modélisation qualitative permet, à partir des informations récoltées, de modéliser le système en mettant en avant les différentes interactions entre les composants du système ainsi que son environnement, les différents flux et les actions de pilotage pour la régulation du système (Aubert-Lotarski, 2002). Le langage UML a été choisi dans ce projet pour formaliser les connaissances issues de l'observation terrain. Après validation des deux modèles par les parties prenantes, une comparaison sera faite pour étudier les différences existantes entre les deux modèles. Ces différences, si elles existent, seraient-elles liées à l'organisation de la cellule de crise?

3 La troisième phase : L'identification des indicateurs de performances

Elle identifie les indicateurs de performance de la cellule de crise communale. Ces paramètres de performances seront intégrés dans le modèle dynamique afin d'identifier les points forts et faibles de la cellule de crise pour que le décideur puisse adopter des mesures appropriées.

4 La quatrième phase : la modélisation dynamique

Son principe est d'intégrer la notion de dynamisme dans le modèle qualitatif pour observer les changements dans le système. La Dynamique des systèmes choisie pour ce projet est les Systèmes Multi-Agents (SMA). Les SMA sont des entités qui interagissent pour produire un comportement collectif. Ces derniers permettent de "réduire la complexité de la résolution d'un problème en divisant le savoir nécessaire en sous-ensembles, en associant un agent intelligent indépendant à chacun de ces sous-ensembles et en coordonnant l'activité de ces agents" (Ferber, 1995). Le SMA, dans ce projet, représentera une cellule de crise communale, que l'on placera dans un environnement dynamique avec des règles de fonctionnements et des normes. Le prototype sera constitué de plusieurs processus qui peuvent se dérouler au même moment et permettent aux agents de partager les ressources communes.

5 La cinquième phase : Evaluation de l'organisation

Un mode d'organisation sera proposé par la modélisation dynamique et des outils d'évaluation de l'organisation seront réalisés. Ces outils donneront un cadre général du système pour améliorer l'efficacité et l'efficience de la performance de l'organisation.

L'application de cette méthodologie dans le cadre du projet de recherche a une vocation d'étudier, de modéliser et de simuler la cellule de crise en ayant pour objectif de fournir, auprès de la ville d'étude, un cadre formalisé d'aide à la décision. L'utilité de toutes les étapes mentionnées ci-dessus est de définir les scénarios de défaillance de l'organisation. A partir de ce modèle, une forme d'organisation de la cellule de crise sera proposée à la ville étudiée pour rendre l'organisation la plus performante possible.

Après avoir proposé la méthode d'étude de la performance de l'organisation d'une cellule de crise, le point suivant présente le contexte d'étude et l'application de la méthodologie sur ce contexte.

4.2. Le contexte

Lors d'une crise, une cellule de réflexion est créée dans le but de conseiller et de proposer des actions pour limiter les effets du sinistre. Cette cellule est à la fois le lieu de rassemblement de toutes les informations nécessaires à l'analyse de l'événement mais est également le point de prise de directive pour la gestion de crise. Comme le montre les retours d'expériences (chapitre 1), la gestion de crise peut être défaillante du fait des informations erronées, un manque de données, de difficultés pour remonter l'information etc.... Pour disposer d'information et pour se coordonner les cellules ont besoin de communiquer. Les problèmes de communication et de matériels peuvent agir négativement sur la prise de décision. Cette section présente l'étape 1 de la méthodologie pour l'étude de la performance de la cellule de crise communale. Cette étape a été réalisée à l'aide de l'état de l'art mais aussi en analysant la cellule de crise de la ville d'étude.

4.2.1. L'organisation de la gestion de crise de la ville d'étude

La ville d'étude se situe en France dans la région Provence-Alpes-Côte d'Azur et elle est bordée par la méditerranée. Elle compte plusieurs centaines de milliers habitants d'après l'INSEE (Institut National de la statistique et des études économiques).

Le Plan Communal de Sauvegarde (PCS), dans cette commune, a été conçu avant l'application de la loi de modernisation de la sécurité civile⁴⁸ et du décret d'application⁴⁹. Ce PCS a été mis en œuvre dès 2006.

Lors du déclenchement du PCS, plusieurs postes de commandement sont activés dans différents lieux selon le niveau de crise (figure 4-2) :

- Le centre de secours qui gère les opérations des secours et d'incendie ;
- La cellule de crise qui se charge des opérations de sauvegarde, y compris la coordination avec les moyens de la communauté urbaine ;

⁴⁸ n°2004-811 du 13 août 2004

⁴⁹ n°2005-1156 du 13 septembre 2005

- Le Poste de Commandement de Décision et de Communication (PCDC) qui s'occupe des aspects stratégiques et de communication (optionnel).

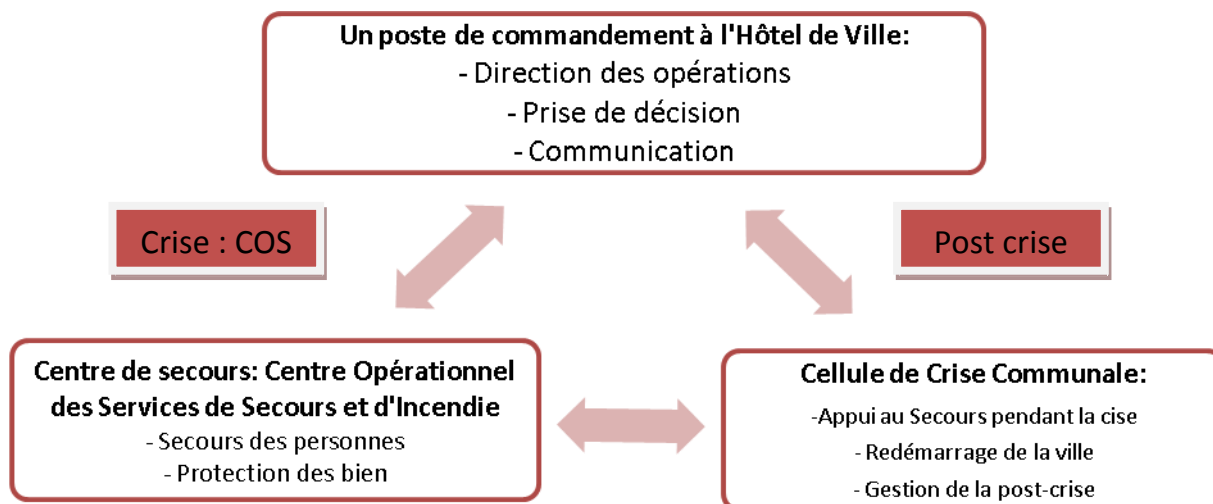


Figure 4- 2 Les relations entre les postes de commandement de la Ville d'étude (source : PCS de la ville d'étude)

Lors d'une crise, tous ces postes de commandement sont en interrelations. Durant un événement qui survient sur la commune, seuls le Centre de secours, la cellule de crise et le poste de commandement à l'Hôtel de Ville sont présents. Dès que l'événement dépasse la commune le Poste de Commandement de la préfecture prend le commandement.

Les visites au sein de la cellule de crise et du centre de secours ont permis une analyse plus approfondie de ces derniers. La partie suivante décrit la cellule de crise de la commune ce qui permettra par la suite de modéliser celle-ci.

4.2.2. La cellule de crise

La commune d'étude est administrée par un organe délibérant, le conseil Municipal, et un organe exécutif, le Maire. Le diagramme ci-dessous (figure 4-3) présente l'organigramme de l'administration de la commune.

Le Maire a pour mission de préparer et d'exécuter les décisions du conseil municipal (proposer le budget, ordonnancer les dépenses...). Dans le cadre de la gestion du risque, il a la responsabilité d'informer la population concernant les risques encourus. Il établit alors le Plan Communal de Sauvegarde (PCS) et participe à l'élaboration du Plan des Préventions des Risques (PPR).

La Mairie compte quinze directions détaillées dans le schéma ci-dessous :

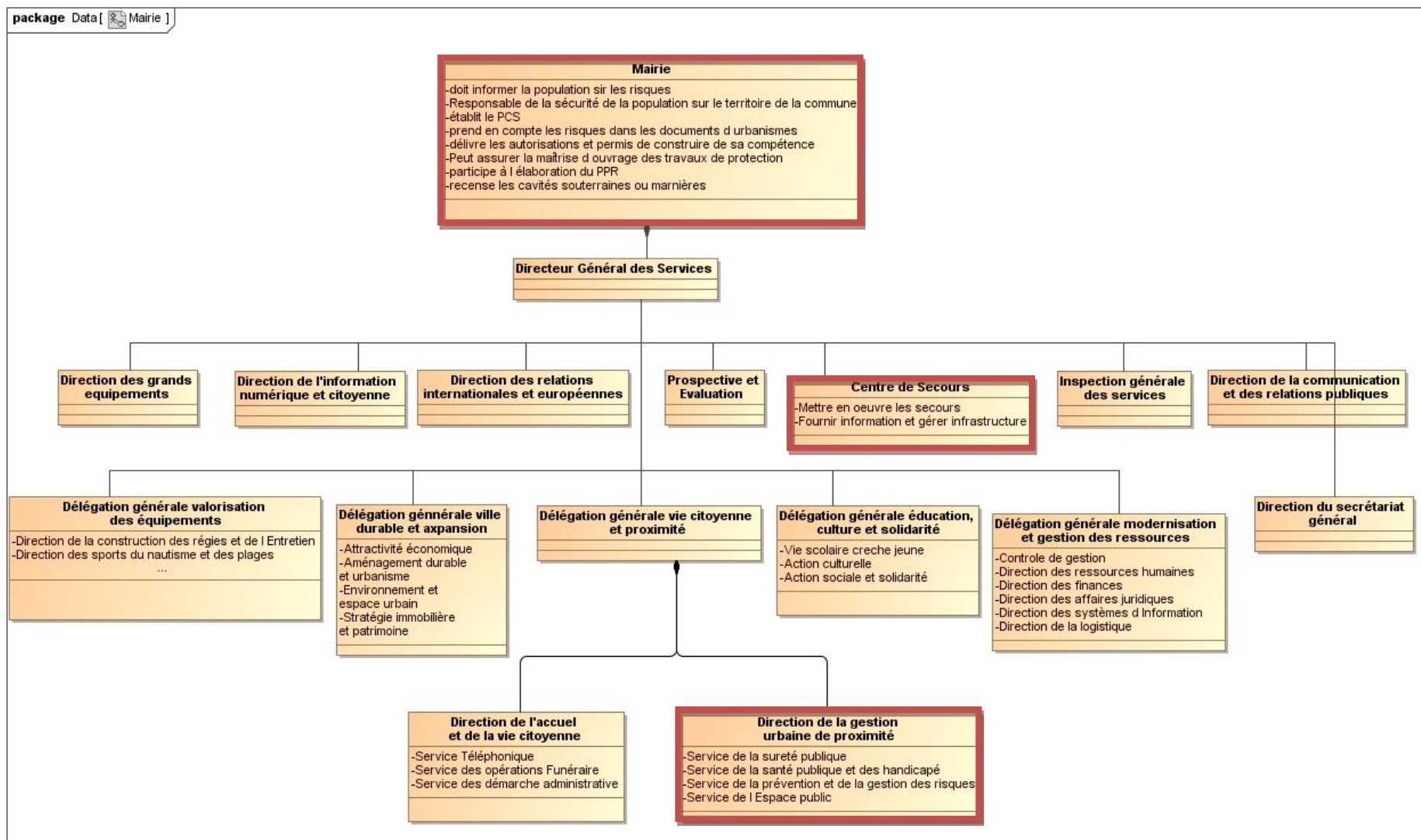


Figure 4- 3 Organigramme de la Ville d'étude.

En cas de crise, toutes les directions peuvent être concernées mais certaines sont plus présentes que d'autres (le centre de secours, la direction de l'accueil et de la vie citoyenne, la direction de la gestion urbaine de proximité et la mairie) notamment la délégation générale vie citoyenne et proximité est composée de deux directions :

- La direction de l'accueil et de la vie citoyenne est constituée du service centre d'appel qui prend en charge les appels téléphoniques provenant de la population qui souhaite signaler une anomalie. Il joue un rôle important lors d'une crise car il fait l'interface entre la cellule de crise et la population ;
- La direction de la gestion urbaine de proximité a pour rôle de réunir les acteurs intervenant dans l'espace public pour une meilleure gestion mais aussi de mettre en place la cellule de crise. Elle comprend la Police Municipale et Sûreté, la sécurité civile et Urbaine... Cette dernière a pour mission d'établir, de mettre à jour le PCS et d'activer la cellule de crise en cas d'événement d'urgence.

La cellule de crise de la commune d'étude est localisée au centre ville, et a pour rôle de coordonner et de porter appuis aux opérations de secours pour ramener la ville à une situation sûre.

Elle est composée d'un Pilote, d'un copilote, d'un secrétaire et des cellules suivantes: anticipation, évaluation, renseignement, travaux, circulation, police, transport, hébergement-restauration et logistique. Dix à cinquante acteurs sont sollicités pour armer la cellule de crise, ce nombre d'acteurs dépend de la nature de l'événement. La gestion des crises repose sur des multiples acteurs ayant des missions différentes. Ces acteurs sont présents à titre volontaire et travaillent tous pour la Ville ou pour la Communauté Urbaine. Le tableau 4-1 explique les rôles de chaque cellule.

Tableau 4- 1 Cellule susceptible d'être présente lors d'une crise

Cellule	Composition	Rôle
<u>Pilotage</u> (pilote, copilote et assistant technique)	1 à 4 personnes	Coordonner l'ensemble des actions (établir priorités, répartir missions, diffuser points de situation ...)
<u>Secrétariat et logistique</u>	2 à 4 personnes	Assurer diffusion informations, main courante Logistique (armement ...)
<u>Evaluation-anticipation</u>	1 à 2 personnes	Evaluation quantitative et qualitative, Anticipation des évolutions possibles
<u>Communication</u>	1 personne (lien -> service)	Communication interne ville d'étude et médias Lien avec les services de communication externe, finaliser points
<u>Renseignement</u>	1 à 5 personnes	Recueil, vérification et affectation des renseignements entrants (par ex centre appel)
<u>Travaux</u>	1 à 2 personnes	Coordonner les travaux et expertises dans tous les domaines : bâtiment, voirie, réseaux, espaces verts ...
<u>Transport</u>	1 à 2 personnes	Transports de personnes et de matériels
<u>Circulation-police</u>	1 personne (lien -> service)	Assurer interfaces avec forces de police et les postes de commandement circulation Veiller à tenue périmètres sécurité ...
<u>Hébergement-restauration</u> (+sanitaire, psychologique et social)	1 à 4 personnes (lien -> service)	Organiser (avec ressources terrain) la prise en charge Armer centres, coordonner restauration
<u>Partenariats</u>	Le plus souvent hors de la cellule de crise	Lien avec l'ensemble des partenaires, en particulier associatifs
<u>Juridique et financier</u>	Le plus souvent hors de la cellule de crise	Expertise dans les 2 domaines

La cellule de crise peut être armée dans des configurations variables, du simple prolongement d'un dispositif de « Veille Municipale de Sécurité » reposant sur 1 à 4 personnes, jusqu'à un ensemble de 15 cellules comportant chacune 1 à 5 personnes : la cellule de crise sous l'autorité éventuelle d'un poste de commandement qui depuis l'Hôtel de Ville gère les décisions stratégique et la communication.

L'un des types de procédures décrites dans le PCS concerne la Veille et la Mise en Alerte. Les autres procédures décrivent d'une part les missions des différentes cellules pouvant composer la cellule de crise, et d'autres part les réflexes et moyens de mobiliser les ressources dans chaque type d'événement possible. Le schéma ci-après décrit, par familles de domaines, les transitions potentielles à l'intérieur de chacune de ces familles, ces transitions peuvent être rendues nécessaires par (figure 4-4) :

- la complexité et/ou le nombre d'actions à mener ;
- ou l'indisponibilité des effectifs pour armer certaines cellules.

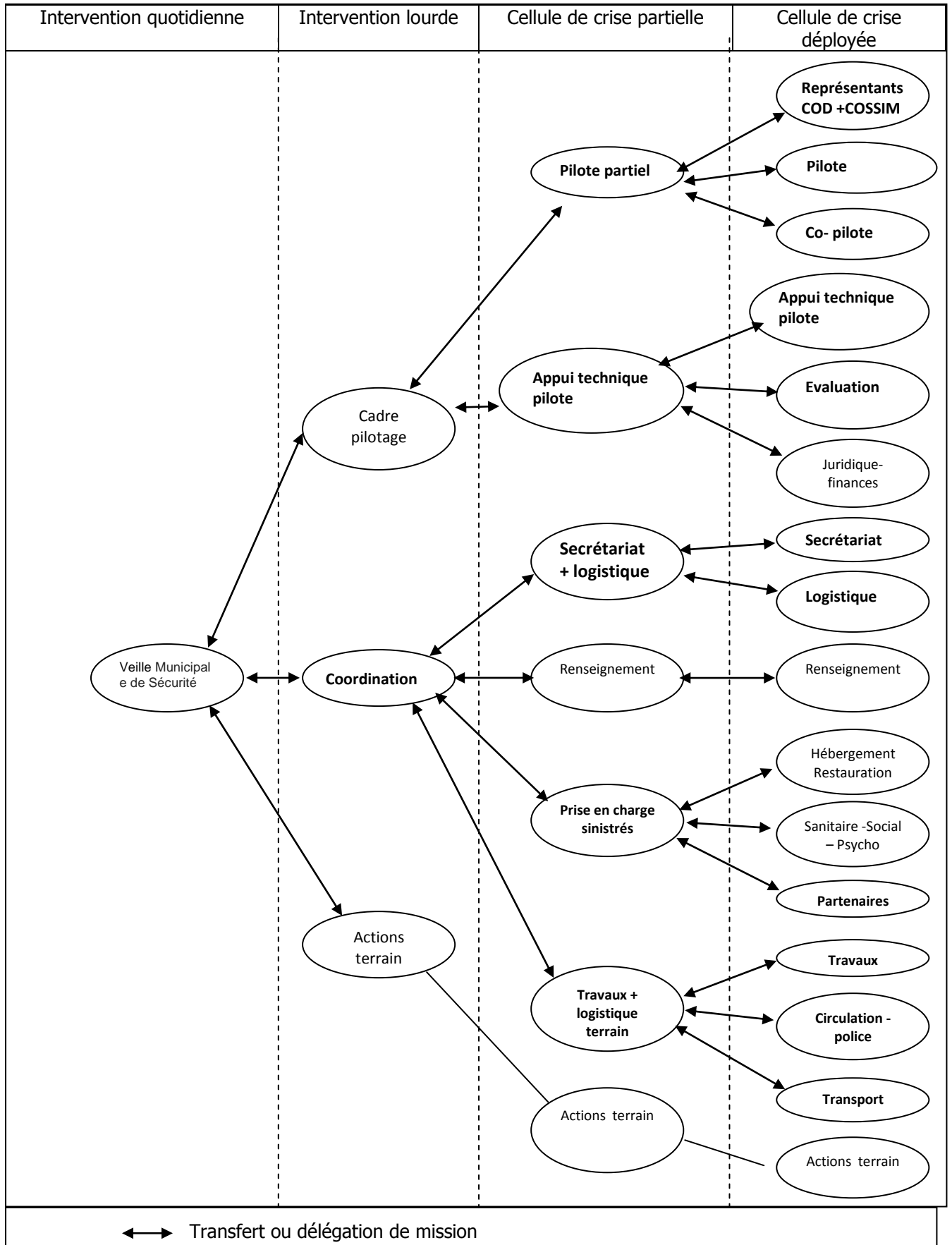


Figure 4- 4 Armement complet de la cellule de crise : Transitions potentielles

Remarquons qu'il y a une différence entre les acteurs décrits dans le tableau 4-1 et le schéma 4-5. En effet le tableau 4-1, décrit les rôles des cellules de crise et ces cellules peuvent être décomposés ou restructurés pour former une autre cellule.

Cette observation souligne qu'il manque à ce jour, pour la ville d'étude, une procédure décrivant la transition éventuelle des modes d'organisation des plus simples aux plus complexes (cellule de crise déployée à son maximum), et le retour d'une organisation complexe à une plus simple. Il serait intéressant de proposer à la ville d'étude un outil informatique permettant d'organiser et de réorganiser la cellule de crise en fonction de l'événement, des disponibilités des acteurs et des moyens, ...

En plus de l'analyse interne de la cellule de crise, l'étape d'observation a permis d'étudier les acteurs externes en relation avec la cellule. La section suivante décrit ces acteurs externes.

4.2.3. Les acteurs externes de la commune d'étude

Dans un contexte de situation de crise de nombreux partenaires doivent interagir pour résoudre la situation. Leur coordination dans ce contexte constitue un enjeu majeur pour la résolution de la crise et leur interopérabilité représente une composante essentielle de la réussite de celle-ci (IRIT, 2007-2009). Les acteurs indispensables à la gestion de crise ont été identifiés au cours de la visite de la ville et sont référencés dans le Plan Communal de Sauvegarde. Le schéma ci-dessous (Figure 4-5) montre les acteurs qui sont en interrelation avec la cellule de crise :

- Les missions de sécurité civile sont assurées principalement par le centre de secours et d'incendies. Lors de la survenue d'un événement, le centre opérationnel de service de secours et d'incendie est en étroite collaboration avec la cellule de crise. Celle-ci porte appui au service de secours pendant les crises ;
- La communauté urbaine a été créée par la loi du 12 juillet 1999. Elle rassemble dix-huit communes solidaires sur un espace de 60 500 hectares et forme un groupement de plusieurs villes de plus de 500 000 habitants. Les compétences de la communauté sont élargies : aménagement de l'espace, transports, développement économique, politique de la ville, habitat.... La ville d'étude a passé avec la métropole certains accords pour des échanges de données comme par exemple des données de repère de crues, des données météorologique (même si la commune d'étude a son propre prestataire

météo). Lors d'une crise la Communauté Urbaine mobilise ses services pour la sauvegarde du territoire ;

- Les partenaires : en lien avec la cellule de crise, les partenaires sont présents pour prévenir des situations d'urgence (Service Météo) ou pour mettre en œuvre les opérations d'assistance ;
- La Mairie : la cellule de crise est en étroite collaboration avec plusieurs acteurs de la mairie. En cas de crise le maire doit suivre l'évolution de la crise en temps réel. De plus certaines directions de la crise peuvent être mobilisées pour apporter appuis à la cellule de crise ;
- La Préfecture : la présence de la préfecture lors d'une crise se fait le plus souvent des cas quand l'événement dépasse la commune ou quand la commune n'est (ou n'est plus) en mesure de gérer la crise.

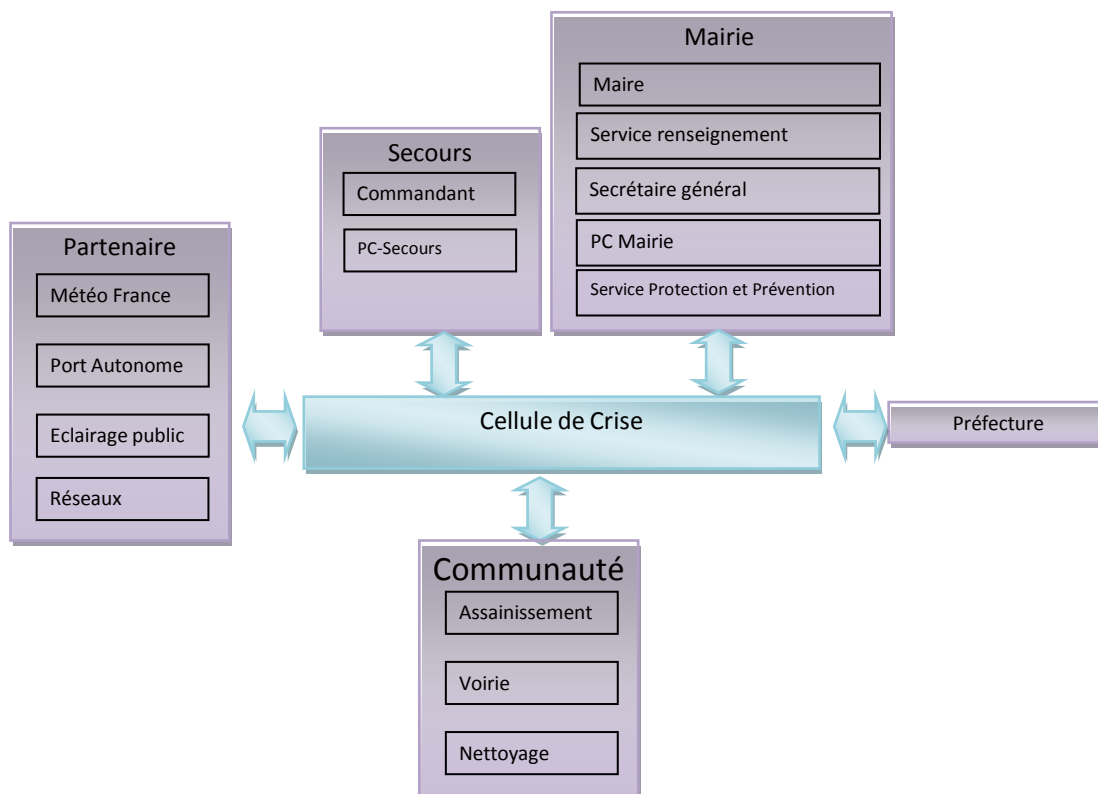


Figure 4- 5 Interaction des partenaires avec la cellule de crise

Du point de vue de la modélisation de la cellule de crise, cette partie souligne le processus d'organisation de la cellule de crise et les acteurs présents lors de la survenance d'un risque majeur.

Après avoir défini l'organisation de la cellule de crise et les acteurs impliqués, le point suivant présente l'étape 2 de la méthodologie, c'est-à-dire le déroulement de la phase opérationnelle

de la gestion de crise de la ville, avec l'utilisation de l'UML et en intégrant les acteurs présentés ci-dessus.

4.3. Modélisation de l'environnement global

Les visites au sein de la ville d'étude et les documents (PCS) ont permis d'identifier les acteurs et leur rôle (figure 4-6). A partir de ces paramètres deux modèles UML ont été construits selon la pensée systémique (exploration systémique : modèle prescrit et observé). Dans ces modèles seuls les acteurs internes à la cellule de crise sont modélisés. Chaque cellule est caractérisée par des ressources (personnel, équipement, matériels et machines) et les fonctions (rôle). Ces cellules interagissent entre elles (au minimum 1). Les informations échangées sont diverses: état actuelle de la situation, des exécutions, des rapports...

La figure 4-6 présente l'organisation de la cellule de crise telle qu'elle est décrite dans le Plan Communal de Sauvegarde (PCS) et la figure 4-7 présente le modèle de la cellule tel qu'elle est observée. Certaines différences ont été soulevées dans les deux modèles notamment au niveau des interactions et seront présentées dans les points suivants.

Pour modéliser la figure 4-6, il a fallu utiliser le plan communal de sauvegarde. Le PCS est divisé en cinq parties dont la troisième partie de ce plan détaille chaque sous cellule ainsi que toutes les activités de la cellule de crise. Les acteurs du système sont :

- La cellule Evaluation Anticipation: l'objectif de cette cellule est d'estimer l'importance probable de la crise, d'en évaluer ses conséquences en termes de sécurité pour les personnes et les biens et de l'anticiper pour prévoir des ressources supplémentaires ou des mesures supplémentaires. La cellule doit évaluer le montant des dommages pour estimer les préjudices soumis par la ville. L'anticipation est présentée dans le PCS comme une action permettant d'éviter, d'être prise au dépourvu en analysant la situation de sorte que les actions et mesures de sauvegarde soient prises au bon moment⁵⁰ ;
- La cellule Communication: elle est chargée de mettre en place la gestion de la communication interne (PCDC, cabinet, Elu...) et externe (les autres cellules de crises (Communauté Urbaine, préfecture, entreprise, Régie des Transports...), les populations spécifiques, les médias) à la ville ;

⁵⁰ PCS de la ville d'étude

- La cellule Travaux: elle coordonne l'exécution des travaux lors d'une crise. Elle assure le dégagement des accès, la mise en place des périmètres de sécurité, la coupure des réseaux et la mobilisation des moyens ;
- La cellule Circulation Police : elle est amenée à gérer les périmètres de sécurité, à assurer les interfaces, à mettre en œuvre une stratégie de circulation, à maintenir l'ordre... ;
- La cellule Financier-Juridique : la cellule Financier gère les aspects financiers, les dépenses exceptionnelles, la validation des procédures de passation en urgence de marchés publics sans mise en concurrence et la gestion des dons financiers. La cellule Juridique a pour mission l'assistance juridique et administrative, la coordination et l'assurance de la validité juridique des arrêtés, la réalisation des états de lieu, la rédaction des courriers aux sinistrés... ;
- La cellule Transport : elle gère le transport de biens et des personnes lors d'un événement grave ;
- La cellule Hébergement & Cellule Restauration : elles sont présentes lorsqu'il y a nécessité d'évacuer les personnes suite à une crise (incendie d'immeuble, conditions météorologique...). Ces deux cellules, en collaboration avec les autres cellules et les partenaires, prennent en charge les impliqués non blessés sur site, arment les centres d'accueil, assurent l'accueil au centre d'hébergement, la restauration (des sinistrés et de tout le personnel de sauvegarde) ;
- La cellule Sanitaire-Sociale. La cellule Sanitaire assure l'assistance sanitaire aux impliqués non blessés et en particulier les publics fragiles sur les lieux du sinistre et dans les centres d'hébergement. La cellule Sociale assure l'assistance psychologique et sociale des impliqués non blessés sur le site et dans les centres d'hébergement ;
- La cellule Secrétariat/Logistique assiste le responsable de la cellule de crise pour produire la synthèse, assure l'armement de la cellule (fourniture, restauration...), trie les informations pour les répartir aux autres cellules, réceptionne et actualise la liste des victimes... ;
- La cellule Renseignement, via la plateforme téléphonique, recueille, vérifie, trie et affecte les renseignements reçus.

La Figure 4-6 a permis d'avoir la composition de la cellule de crise telle qu'elle est prescrite. La détermination des liens entre les cellules a été, quant à elle, un peu plus difficile à établir.

Pour cela des réunions, avec la ville, ont permis d'identifier les liens, les échanges et de valider les caractéristiques pour chaque cellule.

Sept réunions ont été organisées pour modéliser et valider les figures 4-6 et 4-7. De plus ces réunions ont permis d'identifier les points de vulnérabilité de chaque cellule commence à apparaître :

- La cellule anticipation et évaluation était présente lors de la première réunion. Lors de cette réunion le problème qui a été soulevé est le manque de valorisation de cette dernière. En effet, cette cellule se sent exclue et se considère comme inutile dans cette organisation. Son rôle n'est pas très bien défini ;
- Le manque de personnel. Des campagnes de recrutement doivent être effectuées ;
- Et enfin, les cellules ne s'étaient jamais rencontrées d'où l'importance de faire des exercices.

Les diagrammes 4-6 et 4-7 ont été réalisés avec le langage de modélisation orienté objet UML. Le rectangle modélise une classe qui est un élément du système classe. Cette classe peut avoir des attributs (exemple : Nom de la cellule)

La classe peut être en relation avec d'autres éléments. Cette association est définie par un trait simple ou une flèche qui peut être associé(e). La flèche désigne le sens d'utilisation de la relation. Le nom sur la flèche indique le rôle que joue la classe dans la relation. La particularité du diagramme 4-6 est qu'il dispose de deux couleurs de flèche. Les flèches rouges représentent les liaisons existants dans le prescrit mais pas dans l'observée.

4.4. Analyse de l'environnement global

Pour des raisons de clarté, une partie de l'organisation de la cellule de crise sera présentée pour montrer les différences entre les deux modèles (Lachtar *et al.*, 2011).

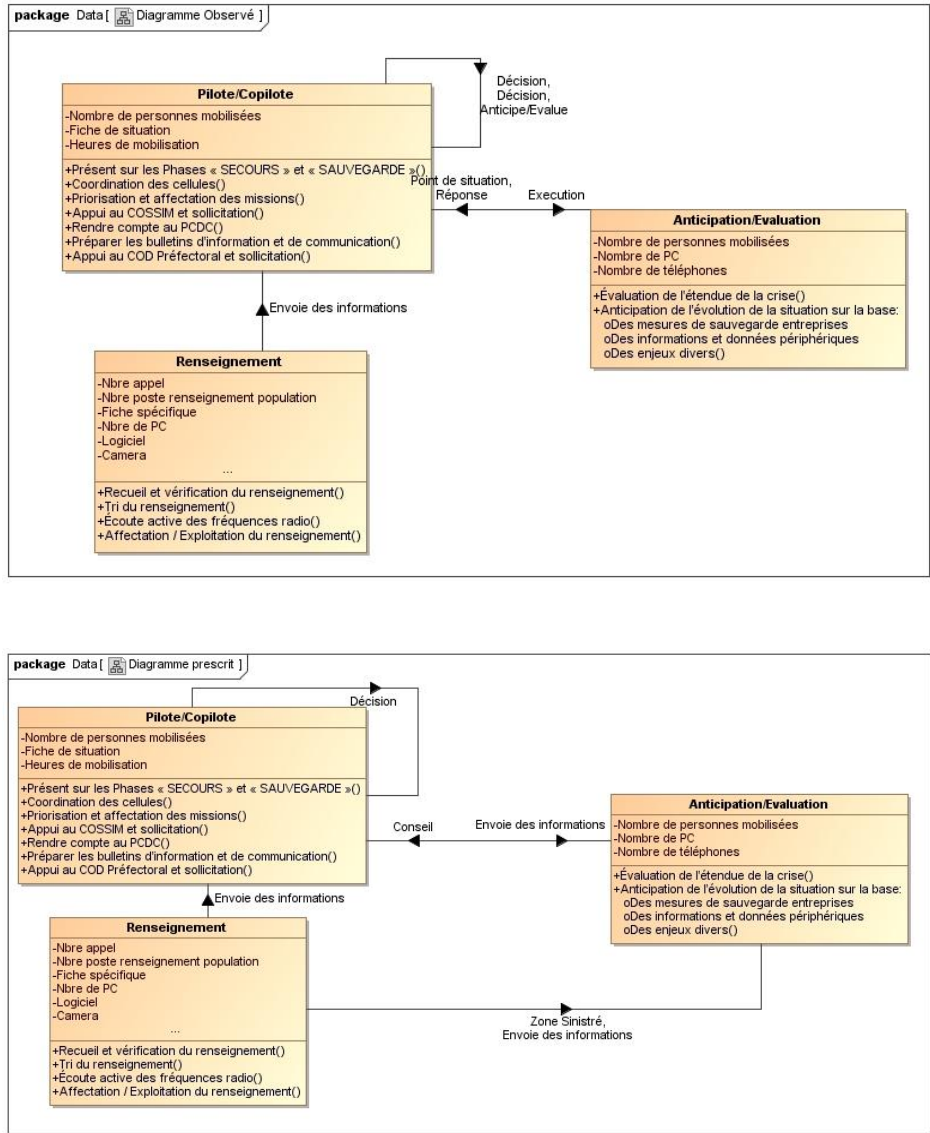


Figure 4- 8 Diagramme de classe décrivant les différentes relations et interactions entre les cellules de crise observée (a) et prescrite (b)

Dans cet exemple, les cellules pilotage, évaluation-anticipation et renseignement s'échangent différents types d'informations. Le pilote, Copilote coordonnent l'ensemble des cellules de crise et affectent les missions. La cellule Evaluation-Anticipation, comme son nom l'indique, évalue l'ampleur de la crise et tente d'anticiper l'évolution de la crise. La cellule Renseignement est le point d'entrée de l'information externe, elle collecte les informations et les affecte aux cellules. Les fonctions ressources sont identiques dans les deux modèles. Ce qui différencie ces modèles ce sont les interactions. En effet, dans le PCS, la cellule

renseignement informe la cellule évaluation anticipation de toutes les informations utiles pour qu'elle puisse évaluer et anticiper. Ces informations traitées par cette dernière sont fournies aux Pilote/Copilote pour qu'ils puissent prendre la bonne décision. Mais dans le modèle observé, aucune information n'est transmise à la cellule Evaluation Anticipation, ce qui rend cette dernière incapable d'évaluer la situation. La cellule Pilotage ayant toutes les informations prend, en plus de ses fonctions, le rôle de la cellule Evaluation et Anticipation.

4.5. Modélisation d'un exercice d'Etat Major

Dans le but de confirmer et de valider les diagrammes présentés dans la section précédente, le 22 juin 2011 un exercice d'état major a eu lieu au sein du service de la prévention et Gestion des Risques. Le but de cet exercice était double :

- pour la ville d'étude, il consistait à simuler une crise afin d'armer la cellule de crise et de vérifier le bon fonctionnement de la cellule et des missions de chaque sous cellule ;
- pour les travaux de recherche, il s'agissait d'observer le comportement de chaque acteur pour valider les diagrammes de classe.

Le thème de l'exercice était lui aussi double ; une prévision météorologique très préoccupante et un accident de Transport de Marchandises Dangereux (TMD). Plusieurs événements seront déclarés : de forte pluie, des villas et écoles inondées, une fuite de marchandise dangereuse.

L'exercice a débuté la veille par une vigilance météorologique. Les services météorologiques annoncent des précipitations importantes sur l'ensemble du département. Le lendemain, l'arrivée des prévisions orageuses dans les deux prochaines heures est confirmée. La cellule pilotage confirme l'armement de la cellule de crise et déclenche l'appel des équipes. En parallèle le COD (Centre Opérationnel Départemental) de la préfecture et le Centre Opérationnel et Technique de Crise du centre de secours sont armés. A 8h30, les équipes commencent à arriver au sein de la cellule de crise et arment la cellule. Les cellules présentes sont: le pilotage, les renseignements, le secrétariat, l'évaluation-anticipation, les travaux, l'hébergement, la restauration, le transport. La cellule Communication n'était pas présente mais était joignable à tout moment. Cette dernière se considère plus efficace quand elle travaille dans ses locaux. A 8h48 un éboulement de terrain s'est produit, le centre de secours demande à la ville l'envoi d'engin pour l'intervention. Un appel téléphonique a été reçu par le centre de secours au Pilote qui signale une fuite sur un camion citerne. La cellule pilotage informe directement (par voie orale) la cellule évaluation anticipation pour qu'elle établisse un

périmètre des personnes impactées par cette fuite. Plusieurs types de messages (avec différents moyens) circulaient dans la cellule :

- par téléphone: les informations, arrivant par téléphone, provenaient de source externe (préfecture, centre de secours, le maire...) et interne (les observateurs sur le terrain) à la cellule de crise ;
- par mail: les informations arrivants par email sont, en majorité, la confirmation ou le récapitulatif des conversations téléphonique ;
- directement: la communication au sein de la cellule de crise se fait rarement par téléphone. Les personnes se déplacent et vont chercher l'information ;
- Fiche des centres d'appels: la cellule renseignement reçoit des informations de la plateforme téléphonique. Elle les retranscrit sous forme de fiches et les transmet à la cellule concernée.

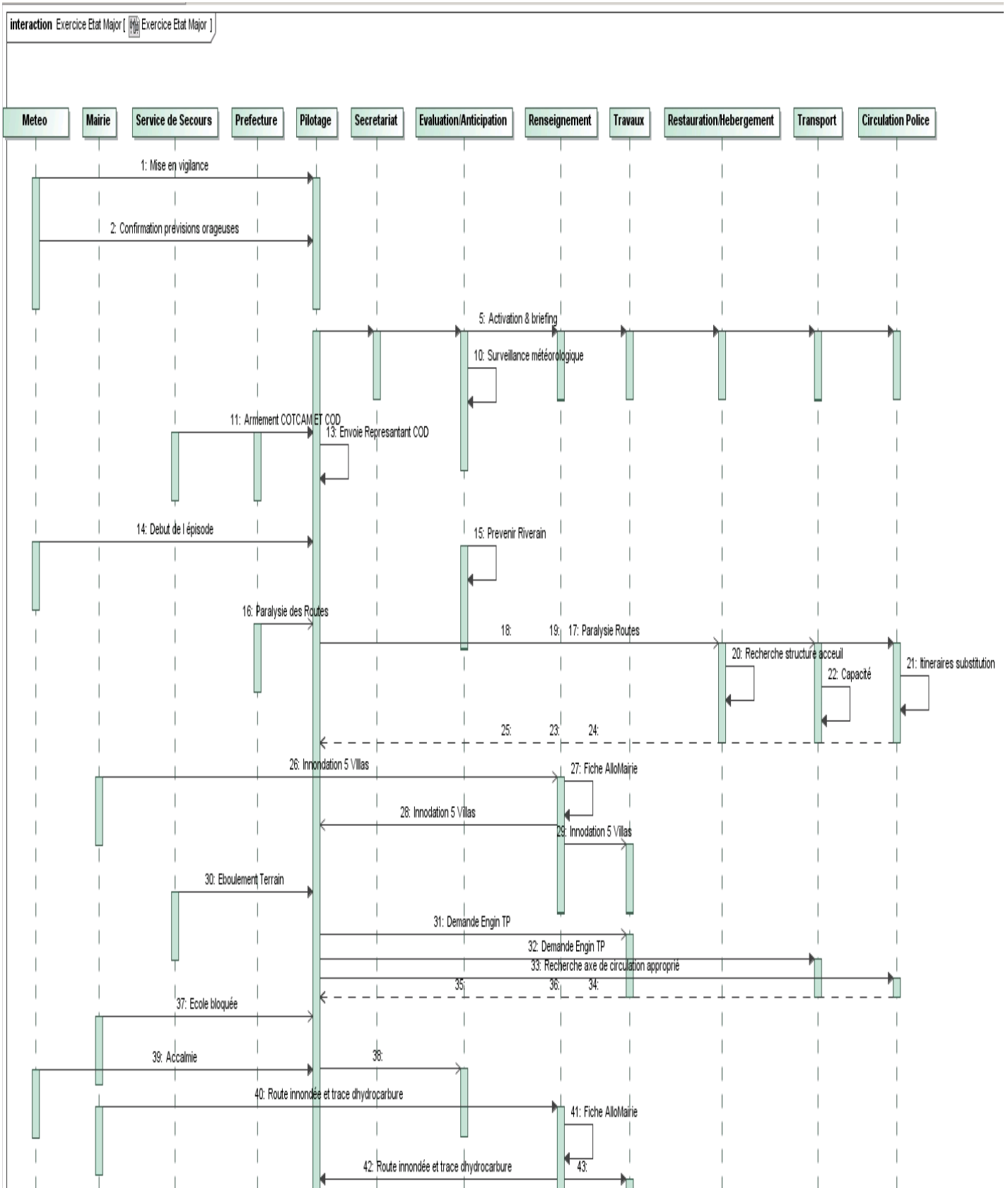
L'exercice a pris fin à 10h30 par la confirmation des services des secours de la maîtrise de la fuite et de la préfecture de la fin de l'alerte météorologique.

L'exercice s'est bien déroulé dans l'ensemble mais quelques problèmes subsistent. Certaines fourniture n'étaient pas disponibles (cartouche, punaises, feuilles...). Les fiches de situation doivent un être pré-remplies en amont de la crise. La cellule évaluation anticipation a eu du mal à utiliser le Système d'Informations Géographique (SIG). Il reste encore un point délicat qui est la place de la cellule évaluation anticipation dans la cellule de crise. Elle se sent toujours exclue. Même si la situation s'est améliorée elle n'est en contact qu'avec un représentant de la cellule pilotage. Elle ne reçoit pas toutes les informations et ce qui implique une mauvaise évaluation de la situation. Le schéma suivant est un diagramme de séquence résumant le déroulement de l'exercice. Ce diagramme présente les acteurs présents mais aussi les liens et messages transférés.

Tous ces schémas ont permis de comprendre et d'analyser la cellule de crise et les liens existants. Ils ont été réalisés à l'aide du plan communal de sauvegarde et des observations faites sur le terrain. Le PCS a permis de modéliser tous les acteurs présents ainsi que leurs activités. Puis, les premiers liens et interactions ont été identifiés avec l'aide des retours d'expériences. Enfin les exercices et les réunions ont permis de valider ces modèles. Durant cette dernière phase, les failles de l'organisation ont commencé à apparaître et ont permis de déterminer les premiers indicateurs relatifs aux changements de l'organisation.

La figure suivante (Figure 4-9) est un diagramme de séquence de l'exercice d'Etat Major. Il représente les aspects dynamiques de la collaboration entre les acteurs présents dans la cellule de crise selon un ordre chronologique.

Contribution des systèmes multi-agent à l'analyse de la performance organisationnelle d'une cellule de crise communale



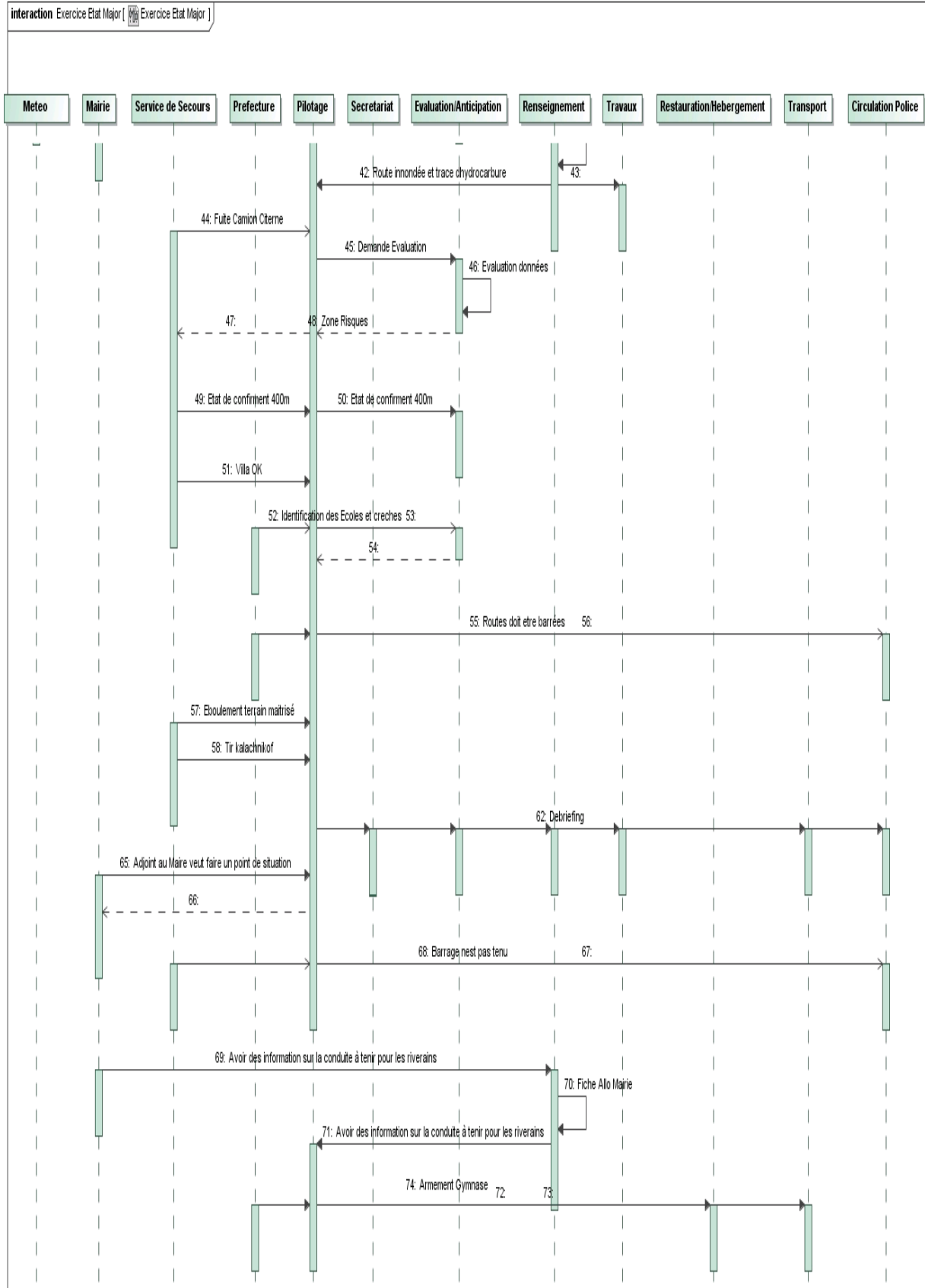


Figure 4- 9 Diagramme de séquence du déroulement de l'exercice d'Etat Major

De plus ces schémas ont confirmé que les acteurs n'interviennent pas au même moment. Le point suivant présente la mobilisation des acteurs selon le type de crise.

4.6. Définition d'une typologie de crise et de l'organisation de réponse

Après avoir définis les acteurs de la crise, il est important de connaître quel type d'organisation est susceptible d'intervenir lors d'une crise. En effet, selon l'événement certaines cellules sont présentes et d'autres non. En conséquence, l'organisation diffère selon certains critères liés à la crise. Ces critères sont définis selon les retours d'expérience de la ville d'étude. Des réunions, avec la commune, ont été réalisées pour identifier les caractéristiques permettant de mettre en place un type d'organisation (tableau 4-2). La crise dépend :

- Du nombre de personnes impactées : ce critère est relatif aux conséquences sur l'humain (décès, évacué...). Elle s'appuie sur deux niveaux : inférieure à 300 ou supérieures à 300 personnes ;
- De la durée de la crise : en s'appuyant sur l'étude faite par l'INERIS (Fontaine 2004 in Dautun, 2007) et sur les retours d'expériences de la Ville d'étude trois durées sont retenues : Instantanée (inférieure à 8h), quelques heures (entre 8h et 24h) et quelques jours (supérieure à 24h) ;
- De la nature de la crise : ce critère est un indicateur d'événement déclencheur, il permet d'activer qu'un certain type d'organisation ;
- De la période de l'année : elle est importante dans l'organisation de la cellule puisque selon la période de l'année certains acteurs ne pourront pas être présents. Trois critères ont été retenus : en semaine, en weekend et en période de vacance ;
- De la pression externe : la capacité de réaction repose aussi sur la pression externe exercée sur la cellule de crise. Cette pression peut déstabiliser l'organisation. Trois types de pression ont été identifiés : Faible, Moyenne ou Forte.

Tableau 4- 2 Critères liés à l'organisation

Le nombre de personne impactés	<300 >300
La durée de la crise	<8h 8h-24h >24h
La nature de la crise	Effondrement Rupture d'alimentation Inondation Vent et tempête Froid Autres
La période de l'année	Weekend Semaine Vacance
La pression externe	Faible Moyenne Forte

Après avoir défini la typologie de la crise, l'étape suivante est de construire des tableaux utilisant ces critères pour déterminer les cellules susceptibles d'être activées. Pour cela, la durée de la crise, la nature de l'événement et le nombre de victimes vont permettre d'établir l'organisation de la cellule de crise. Les autres critères joueront un rôle lors de l'étape de simulation. Le tableau 4-3 est un exemple d'organisation lors d'une inondation. Il a été construit à l'aide des retours d'expériences et des acteurs de la commune d'étude. Dans ce tableau cinq scénarios ont été établie :

- Durée de la crise < 8heures et Nombre de Personnes impactées < 300 personnes ;
- Durée de la crise < 8heures et Nombre de Personnes impactées > 300 personnes ;
- Durée de la crise compris entre 8heures et 24 heures et Nombre de Personnes impactées <300 personnes ;
- Durée de la crise compris entre 8heures et 24 heures et Nombre de Personnes impactées >300 personnes ;
- Durée de la crise >24 heures et Nombre de Personnes impactées > 300 personnes.

Tableau 4- 3 Exemple de tableau de mise en place de scénario

		Interventions lourdes			SI DC<8 & NI <300	SI DC<8 & NI >300	SI 8<DC<24 & NI <300	SI 8<DC<24 & NI >300	SI DC>24 & NI >300
Inondation	VMS								
		Cadre Pilotage (3)	Pilote Partiel (8)	Représentant COD (9)					
				Pilote Déployé (7)					
				Copilote (4)					
		Appui Technique Partiel (2)	Appui Technique Partiel (2)	Appui Technique (1)					
				Evaluation Anticipation (5)					
				Juridique Finance (6)					
		Coordination (12)	Secrétariat+logistique (21)	Secrétariat (20)					
				Logistique CACS (14)					
			Renseignement(17)	Renseignement (18)					
			Prise en charge sinistrée (16)	Hébergement Restauration (13)					
				Sanitaire Social Psycho (19)					
				Partenaires (15)					
			Travaux logistiques (24)	Travaux (23)					
				Circulation Police (11)					
	Transport (22)								

Cet exemple a souligné que, lorsque le rapport « Indicateurs Durée Crise x Nombre de Victimes » est important, le déploiement de l'organisation est à son maximum.

La section suivante détaille la troisième phase de la méthodologie qui est l'identification des indicateurs de performance.

4.7. Identification des indicateurs de performance

Le chapitre 2 a montré que la théorie sur la performance favorise le recours de certains indicateurs plutôt que d'autres. Le choix des indicateurs est une étape délicate et la recherche de ces indicateurs doit se concentrer sur les buts poursuivis par le décideur. Ces indicateurs doivent décrire, mettre en œuvre efficacement la stratégie, surveiller l'organisation, prendre des décisions et améliorer la coordination (Malina *et al.*, 2004). L'identification a été menée en étroite collaboration avec la ville d'étude. Un premier choix a été effectué en amont des réunions. Ces choix ont été identifiés à partir de la bibliographie et de la problématique de ce projet. Puis une liste des indicateurs a été présentée à la commune d'étude afin de valider les indicateurs pour qu'ils soient le plus réels possibles. De ce fait, sept indicateurs de performance organisationnelle ont été identifiés à partir des observations et des travaux bibliographiques :

- Mobilisation de l'équipe : Cet indicateur permet de comptabiliser le nombre de personne présent pour chaque cellule. Chaque cellule est composée d'un certain nombre de personnes. Ces acteurs peuvent être présents ou non selon le type de crise, l'impossibilité de se rendre à la cellule de crise... ;
- Moyens : il détaille les moyens disponibles lors de l'activation de la cellule de crise. Comme pour la mobilisation du personnel chaque cellule possède ses propres moyens pour intervenir lors d'une crise. Lors d'une crise certains moyens peuvent être indisponibles soit car ils sont utilisés dans un autre endroit soit car ils sont en pannes... ;
- Durée de mobilisation : donne la durée de présence d'une cellule durant la crise. En travaillant avec notre partenaire économique et la bibliographie, nous avons conclu que la durée d'efficacité d'un acteur est de huit heures. Dépassée cette durée, les acteurs auront du mal à prendre leur décision du fait de la fatigue. Cet indicateur est calculé selon l'heure de mobilisation de la cellule selon la crise ;

- Complétude de l'information : La qualité d'information n'est pas forcément liée à la quantité d'information car il existe théoriquement une quantité optimale d'information. De plus, en gestion de crise, la circulation de l'information est le point central pour la prise de décision. Si l'information circule difficilement ou pas en totalité le décideur prendra sa décision qu'avec les informations qu'il a en sa possession. La qualité de l'information est liée à la personne qui la reçoit et à la personne qui l'envoie, mais aussi elle est liée au niveau de stress, à l'affinité entre les acteurs... ;
- Aptitude de la cellule : l'aptitude de la cellule de crise permet de savoir si la cellule est qualifiée et compétente. Chaque acteur a des qualifications et des compétences mais dans ce travail nous supposons tout le groupe à la même aptitude. L'aptitude se mesure par la ou les formations qu'ont eues précédemment les acteurs. La formation augmente la performance de l'organisation de la cellule car les formations permettent d'entraîner les acteurs, d'acquérir des réflexes et de se connaître entre eux ;
- Cohésion du groupe : Elle repose sur les motivations, les émotions, les valeurs communes d'une cellule. Plus il y aura de cohésion dans un groupe, plus l'organisation sera efficace et performante ;
- Moral de l'équipe : le moral de l'équipe peut être affecté lors d'une crise et peut avoir des répercussions sur la performance de l'organisation. La motivation des équipes permet de dynamiser le groupe pour gérer au mieux la crise. Cette motivation impactera la cohésion du groupe.

Deux indicateurs ont été étudiés et proposés à la ville d'étude mais ils n'ont pas été retenus :

- L'indicateur Communication apporte les informations concernant le degré de communication entre deux cellules. La chaîne de communication interne est l'émission, la réception et le recueil des messages. Dans une communication, plusieurs paramètres sont pris en compte tels que le partage des valeurs, le degré de confiance et enfin l'écoute. (Donjean, 2006). La communication se fait par plusieurs moyens : les moyens écrits (mails...), par voix orale (téléphone, directement...) et par moyens audiovisuelle (vidéoconférence...) (Devirieux, 2007). L'absence de communication en gestion de crise accentue la fragilité de l'organisation. La communication comme la qualité de l'information est très importante en gestion de crise. Mais cet indicateur n'a pas été retenu par la ville d'étude et par nous car celle-ci doit prendre en compte les liens de communication pour chaque couple de sous cellule ce qui rallongera la durée

de l'étude. De ce fait, une partie de la communication sera intégrée en partie dans la complétude de l'information ;

- Le temps d'analyse de l'information : Cet indicateur est limité, puisque sa valeur déprécie au fil du temps (Pateyron, 1988). Le temps d'analyse est l'intervalle de temps entre le moment où la cellule reçoit l'information et le moment où elle envoie l'information. Le temps de réponse intègre le temps nécessaire à récupérer l'information et l'analyse de l'information. Le temps d'analyse prendra en compte le niveau de stress des acteurs, la disponibilité des ressources... La fatigue, dans une cellule comme en cellule de crise, est le premier ennemi de la lucidité et de la cohésion du groupe (Robert, 2007). Dans cette étude l'indicateur de l'aptitude de la cellule a été identifié. Selon la ville d'étude une cellule ayant une aptitude assez élevée n'aura pas de difficulté à répondre à la problématique demandée (Boya, 2010 ; Miche, 2009).

Afin de mesurer la performance de l'organisation de la cellule de crise, il est nécessaire de définir les répercussions d'un indicateur sur un autre indicateur. Tout d'abord la mesure des indicateurs se fera de manière subjective c'est-à-dire de faible à fort (de 0 à 2). Ensuite les indicateurs sont pris un par un et pour chaque cotation, nous analyserons les conséquences de cet indicateur sur les autres. Par exemple, le tableau 4-4 présente les répercussions d'un indicateur sur un autre indicateur pour une cellule. Quand l'indicateur Moyens est à 0 cela signifie que la cellule n'a pas de Moyens disponible. Ce résultat a un effet négatif sur les indicateurs de complétude de l'information et du Moral de l'équipe. Par contre si l'indicateur Moyens est à 2, cela aura un effet positif sur ces deux indicateurs.

Tableau 4- 4 Répercussion d'un indicateur sur un autre indicateur

Répercussion d'un indicateur sur un autre indicateur							
	Mobilisation de l'équipe 1	Moyens 2	Durée de mobilisation 3	Complétude de l'information 4	Aptitude de la cellule 5	Cohésion du groupe 6	Moral de l'équipe 7
Si =0		4: ↓ 7: ↓		6: ↓ 7: ↓	4: ↓ 6: ↓ 7: ↓	4: ↓ 7: ↓	4: ↓ 6: ↓
Si =1		7: ↓		7: ↓	4: ↓	4: ↓	
Si =2		4: ↑ 7: ↑		6: ↑ 7: ↑	4: ↑ 6: ↑ 7: ↑	4: ↑ 7: ↑	4: ↑ 6: ↑

Par exemple, la cellule X a comme indicateur «Complétude de l'information» = 0. En se plaçant sur la colonne «Complétude de l'information» et sur la ligne 0, nous pouvons voir que cet indicateur aura des répercussions négatives sur les indicateurs 6 et 7 c'est-à-dire la «Cohésion du groupe» et le «Moral de l'équipe»

Ces calculs ont été réalisés pour tous les indicateurs cités excepté la «Mobilisation de l'équipe» et la «Durée de mobilisation». En effet ses deux indicateurs ne sont pas liés directement aux autres indicateurs. Ils sont altérés par le temps. Les personnes présentes lors d'une crise depuis plus de huit heures sont censées être remplacées par une autre équipe. Arrivé à ce temps de mobilisation, l'indicateur «Durée de mobilisation» sera débité de 1, ce qui implique une répercussion sur l'indicateur «Mobilisation de l'équipe». Mais, ce dernier est aussi lié à la capacité de relève de la cellule de crise. Dans cette étude, chaque acteur, en cas d'incapacité de relève par sa propre équipe, peut être remplacé par une autre cellule. Si ce remplacement ne peut se faire une réorganisation de la cellule de crise sera envisagée.

De la même manière que le tableau 4-4, le tableau 4-5 présente les répercussions des indicateurs d'une cellule sur les indicateurs d'une autre cellule. En d'autre terme, une cellule pourra récupérer via la communication (ou la perception) les indicateurs d'une autre cellule et pourra les analyser.

Tableau 4- 5 Répercussion d'un indicateur sur une autre cellule

Une cellule	Répercussions sur les autres cellules						
	Mobilisation de l'équipe 1	Moyens 2	Durée de mobilisation 3	Complétude de l'information 4	Aptitude de la cellule 5	Cohésion du groupe 6	Moral de l'équipe 7
Si = 0	4: ↓ 5: ↓ 7: ↓	4: ↓ 7: ↓	4: ↓ 5: ↓ 6: ↓ 7: ↓	4: ↓ 5: ↓ 7: ↓	4: ↓ 5: ↓ 7: ↓	7: ↓	7: ↓
Si = 1	4: ↓ 5: ↓			4: ↓	4: ↓	7: ↓	7: ↓
Si = 2	4: ↑		4: ↑ 7: ↑	4: ↑ 5: ↑	4: ↑ 6: ↑ 7: ↑	7: ↑	7: ↑

Par exemple, la cellule X reçoit de la cellule Y un indicateur «Durée de mobilisation» = 2. En se plaçant sur la colonne «Durée de mobilisation» et sur la ligne 2, nous pouvons voir que

l'indicateur reçu aura des répercussions positives sur les indicateurs 4 et 7 c'est-à-dire la «Complétude de l'information» et le «Moral de l'équipe»

4.8. Synthèse

Ce chapitre a proposé un cadre méthodologie d'aide à la gestion de crise pour évaluer la performance organisationnelle d'une cellule de crise communale. L'approche systémique et les modèles cognitifs et prédictifs ont été utilisés pour bâtir le cadre de modélisation et de simulation du système. La méthodologie proposée s'appuie sur cinq étapes : l'observation, la modélisation statique, l'identification des indicateurs, la modélisation dynamique et le suivi et évaluation de l'organisation.

Afin de mettre en place cette méthodologie, ce chapitre a présenté les trois premières étapes. La description du contexte a permis, avec l'aide et la validation des protagonistes de la ville d'étude, de modéliser l'environnement global du système. Elle décrit les acteurs de la cellule de crise ainsi que leurs fonctions et leurs interactions. Cette modélisation a mis en évidence les premières failles de l'organisation.

Ce chapitre, à l'aide des modélisations et des observations, a introduit les indicateurs de performance qui seront utilisés pour évaluer la performance de l'organisation de la cellule de crise.

La troisième partie de ce manuscrit présente les deux dernières étapes de la méthodologie qui est la modélisation dynamique et sa mise en œuvre opérationnelle.

Troisième PARTIE
Mise en œuvre opérationnelle

Chapitre 5: Simulation dynamique et analyse du comportement de la cellule de crise communale

5.1. Architecture du Simulateur	172
5.2. Représentation dynamique de la situation	173
5.3. Interfaces graphiques	189
5.4. Outils graphiques pour la visualisation de l'organisation des agents factuels.....	193
5.5. Transfert d'informations	195
5.6. Synthèse	197

Le chapitre 4 a présenté les étapes de la méthodologie ainsi que le contexte général sur laquelle il sera appliqué. Ce chapitre se focalise sur la description de l'application dynamique pour évaluer la performance organisationnelle d'une cellule de crise. Cette section caractérise les fonctions et les propriétés des différents composants logiciels. L'outil proposé a pour finalité de représenter différentes organisations, fondées sur des scénarios afin d'étudier le comportement des acteurs de la cellule de crise.

5.1. Architecture du Simulateur

L'objectif de ce travail est de proposer un système interactif permettant d'évaluer la cellule de crise communale. Pour tenir compte des facteurs intervenant dans la problématique étudiée, la solution doit être pérenne, robuste, ergonomique et évolutive. Doté d'un Système Multi-Agents (SMA), cet outil simule un ou plusieurs scénarios de crise reposant sur des paramètres saisis au démarrage de la simulation (section 4.6) en intégrant l'aspect temporel.. Plusieurs modules sont proposés comme la simulation de la crise, la gestion des scénarios et la représentation d'informations. Ces modules constituent un système interactif⁵¹ avec l'opérateur.

Ce système interactif est composé de trois parties : l'interface utilisateur, le noyau fonctionnel et la base de données (figure 5-1). L'interface utilisateur est le moyen qu'a l'utilisateur d'entrer les informations nécessaires à la simulation et de récupérer les résultats en sortie du système. Le noyau fonctionnel a pour but d'exécuter les composants de calcul et de les sauvegarder. Ses sauvegardes se font sur une base de données XML. Cette base de données contient toutes les informations nécessaires à la simulation et à la restitution des résultats.

⁵¹ Un système interactif est une application informatique qui prend en compte, au cours de son exécution, d'informations communiquées par le ou les utilisateurs du système, et qui produit, au cours de son exécution, une représentation perceptible de son état interne. Typiquement, les entrées fournies par l'utilisateur dépendent des sorties produites par le système et inversement.

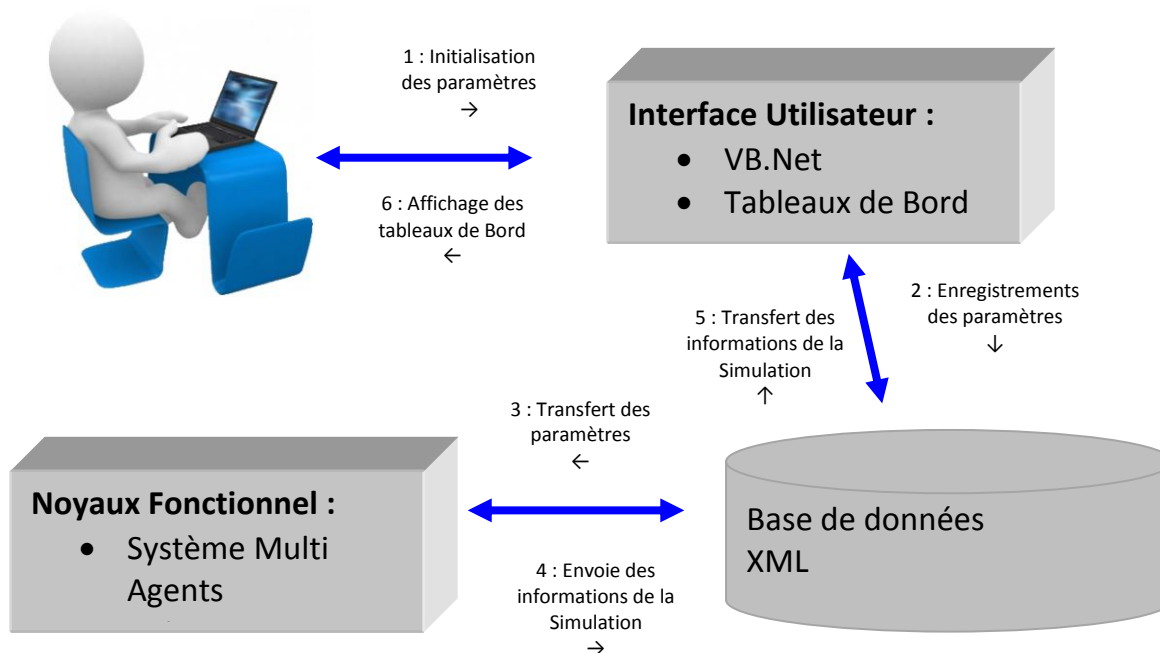


Figure 5- 1 Architecture technique proposée pour l'étude de la performance de la cellule de crise communale

La figure 5-1 décrit le déroulement de la simulation qui débute par l'initialisation des paramètres déterminés par l'utilisateur. Ces paramètres sont analysés et traités pour proposer une organisation de la cellule de crise. Le simulateur se connecte, ensuite, à la base de données XML pour enregistrer la configuration de la crise et l'organisation proposée. La configuration est transmise au noyau fonctionnel pour démarrer la simulation en temps réel. Les résultats de la simulation sont enregistrés dans le fichier XML et l'interface utilisateur intègre ces informations pour les afficher.

Les points suivants présentent plus en détail les caractéristiques du système interactif : le noyau fonctionnel, l'interface utilisateur et l'outil d'enregistrement.

5.2. Représentation dynamique de la situation

5.2.1. Choix du langage

Le noyau fonctionnel est développé à l'aide des Systèmes Multi Agents et implémenté en langage Java. Comme énoncé précédemment, Java est le langage le plus utilisé dans le monde informatique. Qui plus est, plusieurs plateformes Multi Agents utilisent le langage Java. La plateforme Jade a été choisie pour développer le prototype des Systèmes Multi Agents et aura

comme support le logiciel de développement Eclipse. Eclipse (Fondation Eclipse) est un environnement de développement intégré libre.

5.2.2. Architecture et fonctionnement du système

Le rôle du prototype est de détecter, à l'aide des Systèmes Multi-Agents (SMA), les dysfonctionnements de l'organisation selon un scénario donné. Les résultats graphiques de cette simulation permettront ainsi d'étudier et comprendre le comportement de l'organisation. Le SMA représente, dans ce projet, un ensemble d'agents ayant des comportements et des interactions se faisant par l'intermédiaire de l'envoi de messages.

Pour qu'un agent prenne des décisions et agisse en conséquence, le prototype doit prendre en considération les paramètres suivants : les agents présents dans le système, les comportements, les interactions et les messages.

5.2.2.1. Les agents

Chaque agent doit être représenté par ses objectifs, ses comportements et sa capacité à prendre une décision à l'aide des indicateurs de performance (figure 5-2). Le nom et les fonctions ont été modélisés au chapitre 4. Quant à la décision, elle est liée à sa représentation du système et aux paramètres intrinsèques (l'événement majeur, le nombre de victimes...).

Agent
Nom
Fonction
Indicateurs

Figure 5- 2 Propriétés générales d'un agent

Les agents et leurs caractéristiques sont intégrés dans le logiciel. La figure 5-3 reprend le schéma 5-1 et détaille l'architecture générale du prototype en y rajoutant la notion d'agent.

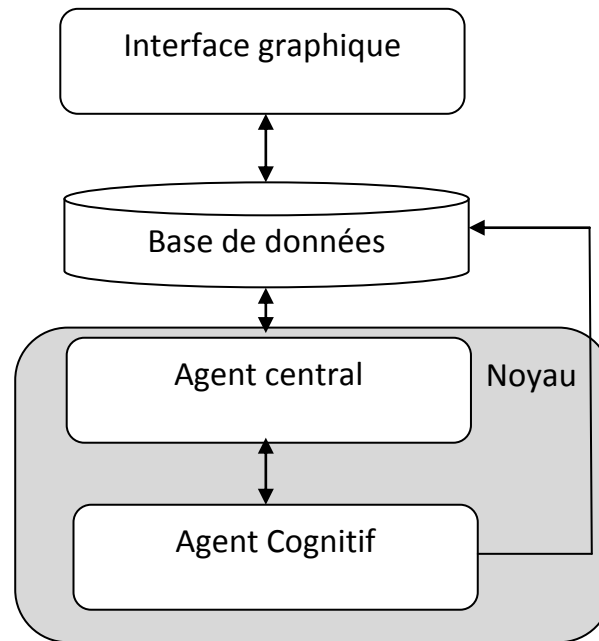


Figure 5- 3 Architecture générale du système

Cette figure montre que le système est constitué d'un ensemble d'agents en relations ayant chacun des tâches spécifiques. Deux types d'agents sont décrits dans ce système et font partie du noyau. Le noyau est la partie centrale du prototype d'étude de la performance de la cellule de crise. Il est composé de deux niveaux :

- L'agent central : ces agents « centraux » accomplissent les trois rôles suivants :
 - Ils assurent le lien entre le système et l'environnement. En d'autres termes ils recueillent les informations initiales à partir de la base de données ;
 - Ils analysent les informations et les envoient aux agents « cognitifs » ;
 - Ils traduisent les messages reçus et les exécutent auprès de l'interface graphique et de la base de données. Puis ils renvoient les résultats finaux à travers les interfaces graphiques.
- Les agents « cognitifs » : ils ont pour rôle de récupérer les informations de l'agent central, de les traiter et de les gérer. Ils agissent et réagissent aux changements qu'ils perçoivent et qu'ils reçoivent par le biais de la perception de l'environnement ou par les autres agents. Ils possèdent des indicateurs internes qui reflètent leurs dynamismes. Ces indicateurs permettent de suivre l'évolution de chaque agent. Ce suivi permettra d'avoir une lecture directe et simple de l'organisation des agents ;

Les agents « central » et « cognitifs » intègrent deux types de méthodes :

- La méthode de communication qui représente l'interaction entre un agent et la communauté d'agents. Cette méthode permet à l'agent de recevoir des messages et de

les interpréter. Pour communiquer avec les autres agents et exprimer leurs intentions les agents utilisent un protocole de communication fondé sur le langage FIPA-ACL (Agent Communication Language) ;

- La méthode de connaissance qui gère l'ensemble des modules de l'agent à l'aide du contrôle des tâches internes (par exemple l'analyse de messages) et externes. Le traitement d'informations ou de messages reçus se décompose en quatre phases : une formalisation de l'information, la détermination des tâches à réaliser, la transmission des actions possibles pour résoudre ces tâches au module de raisonnement et la transmission de la réponse (décision) au module de communication (Fougères 2003).

Chaque agent dispose de ces méthodes lui permettant d'évoluer dans l'environnement. Le point suivant décrit les comportements de chaque agent au sein du système.

5.2.2.2. Les comportements des agents

Un agent, lors d'une simulation, est caractérisé par sa dynamique et change en permanence d'état. Son comportement lui permet donc d'évoluer au sein du système. Ce comportement est caractérisé par un ensemble de règles permettant de décrire la situation de l'agent et de prédire son comportement. Une règle (R) est un ensemble de comportements reposant sur la formule suivante (Adam *et al.*, 2007) :

$$R = (\text{name}_R; \text{priority}_R; \text{tasks}_R)$$

avec :

name_R = nom de la règle

priority_R = priorité de la règle

tasks = liste des tâches

$$\text{tasks}_R = \{ t^0_R, \dots, t^{nt}_R \}$$

nt = Numéro de la tâche (number of tasks)

Un rôle peut être défini par un nom, une priorité, une connaissance personnelle (KP), une connaissance de l'environnement une connaissance sociale et un ensemble de règles

$$\text{role} = (\text{name}; \text{priority}; \text{KP}; \text{KE}; \text{KS}; \text{rules})$$

avec :

name = nom du rôle

Priority = priorité du rôle

KP = les connaissances personnelles : état actuel; objectifs individuels, pré-requis, les conséquences

KE = la connaissance de l'environnement : représentations partielles d'objets de la environnement (Environmental Knowledge)

KS = Savoir social : représentations partielles des connaissances et objectif collectif (les noms des rôles et des contraintes) (Social Knowledge)

rules = liste de règles

En reprenant cette formule, les figures 5-4 et 5-5 illustrent le comportement de chaque agent. Les agents ont des états internes et des objectifs et agissent pour atteindre un but. « *L'état d'un agent est l'ensemble des caractères significatifs qui permettent de décrire à la fois sa situation courante et de prédire son comportement futur. L'ensemble de ces caractères sera représenté par une forme : la forme dite comportementale* ». (Cardon, 2004)

L'agent est ainsi caractérisé par des méthodes génériques nécessaires pour qu'il puisse participer à la simulation de la crise. Ces méthodes comprennent les protocoles de communications et de connaissance (cf. 5.2.2.1) propres à chaque agent. D'autre part, les agents spécifiques, ceux qui ont un comportement légèrement différent des autres agents, héritent des propriétés du type précédent et intègrent les informations propres à cet agent. Le comportement de chaque agent « cognitif » est représenté dans la figure 5-4. Le fonctionnement d'un agent, dans cette recherche, se formalise par une procédure similaire à un automate qui repose sur un enchaînement de tâche. Sous Jade ces tâches sont appelées des behaviours et ils sont des instances de la classe `jade.core.behaviours`. La méthode `addBehaviour(Behaviour b)` de la classe `jade.core.Agent` doit être attribuée à un agent pour qu'il exécute une tâche. Chaque comportement (Behaviour) doit implémenter les deux méthodes suivantes :

- `action()` : qui désigne les opérations à exécuter par le Behaviour ;
- `done()` : qui exprime si le Behaviour a terminé ou non son exécution.

Trois tâches ont été associées à l'agent « cognitif ». Le premier comportement est l'activation et l'entrée en activité de la cellule « cognitif » par l'agent « central ». La deuxième étape est la mise en action de l'agent. L'agent reçoit un message, le récupère, l'analyse, l'interprète par la méthode `readMsgsBehaviour()` puis produit une réponse et le transmet par la méthode `sendMsgsBehaviour()` aux autres agents susceptibles d'être intéressés par le message. Enfin

la troisième tâche est la cession d'activité de l'agent quand celui-ci n'est plus en mesure d'exécuter ses tâches par la méthode `onSimulationEnd()`.

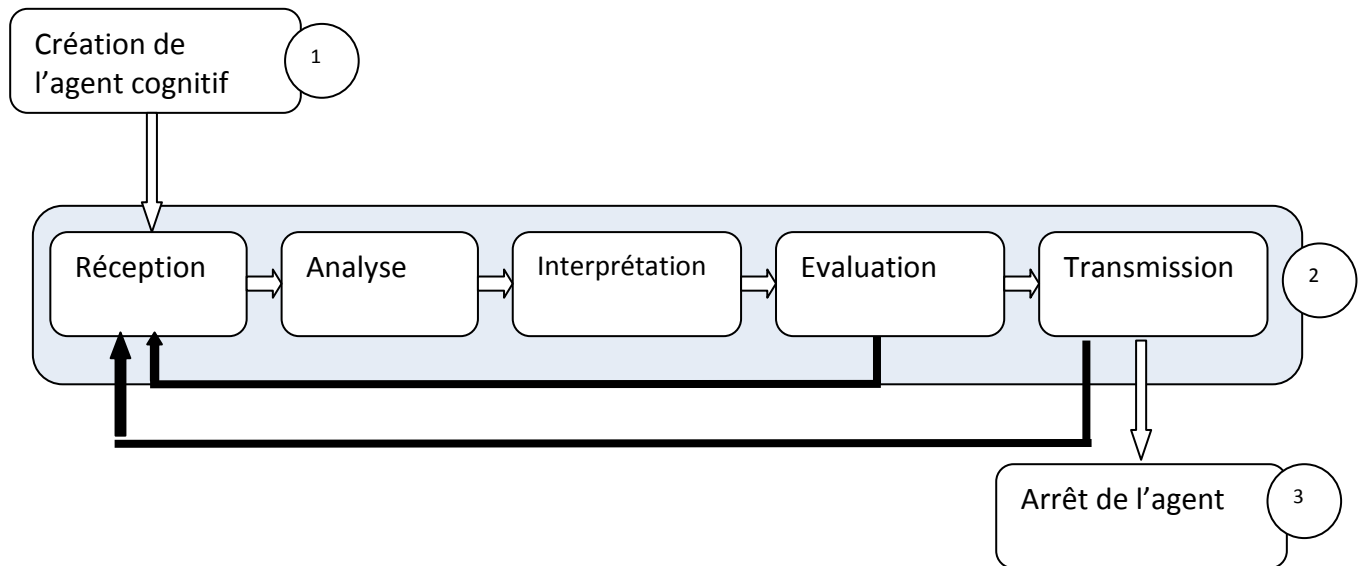


Figure 5- 4 Comportement d'un agent «Cognitif»

La figure 5-5 présente le comportement de l'agent « central » dans la simulation de crise. Le modèle diffère du modèle de comportement de l'agent « cognitif ». En effet, l'agent « central » est le noyau du système de simulation et il a pour rôle d'activer les cellules et de décrire l'évolution possible de l'organisation.

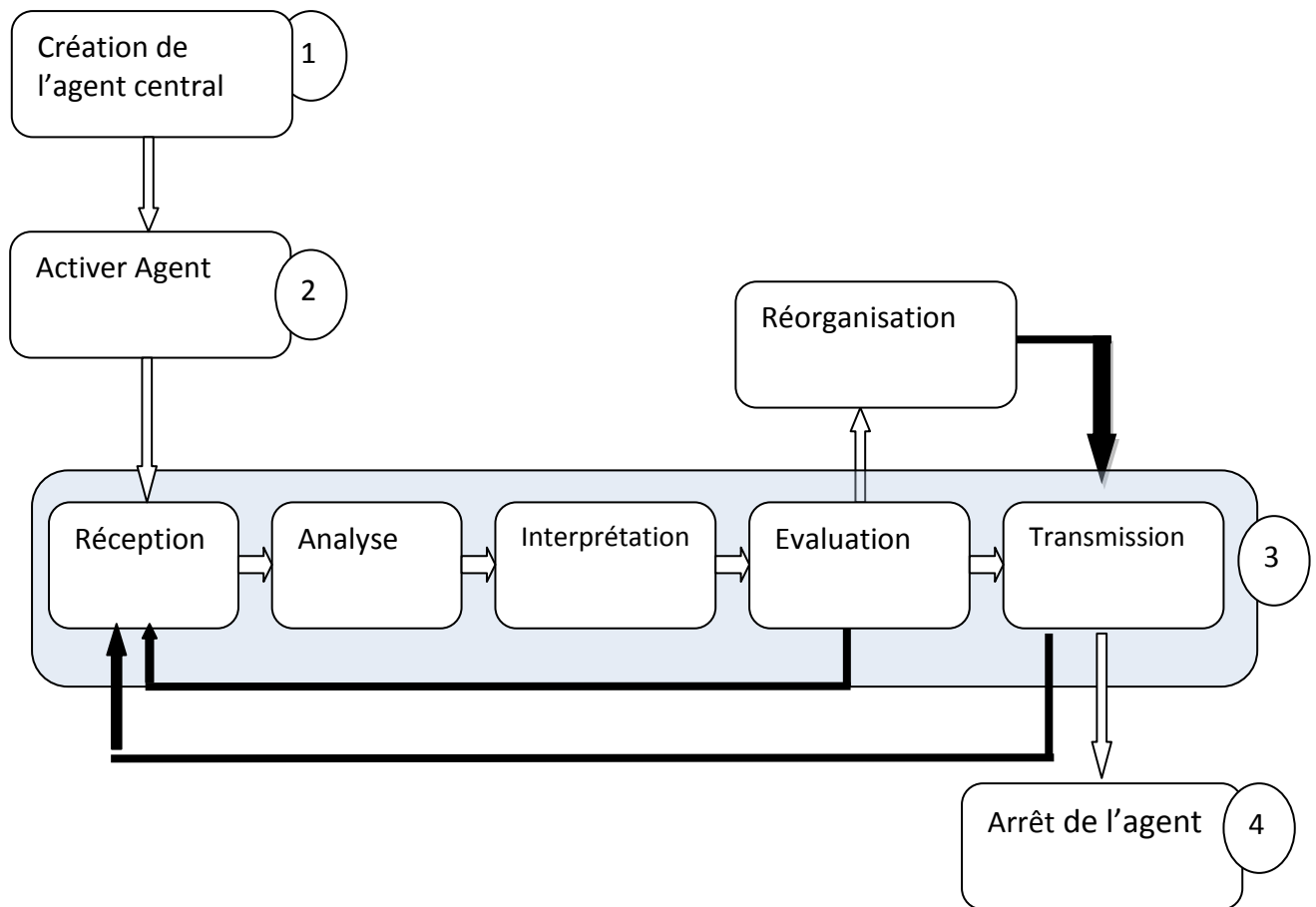


Figure 5- 5 Comportement d'un agent «central»

La création de l'agent « central » se fait au démarrage de la simulation. Il n'existe qu'un seul agent « central » par simulation et il active les cellules nécessaires à la simulation par la méthode `launchAgent(int id, IndicateurDePerformance perfs)`. Comme pour l'agent « cognitif », il reçoit un message, le récupère, l'analyse, l'interprète par la méthode `readMsgsBehaviour()` puis produit une réponse et le transmet aux autres agents susceptibles d'être intéressés au message par la méthode `sendMsgsBehaviour()`. De plus, en recevant les messages des autres agents, il aura la possibilité de réorganiser la cellule de crise si celle-ci en a besoin par la méthode `reorganize()`. Enfin, quand la crise est terminée, l'agent « central » a l'obligation de désactiver tous les agents avant d'arrêter son exécution par la méthode `onSimulationEnd()`.

Cette section a présenté le comportement individuel de chaque agent qui repose sur un enchaînement d'état. La section suivante met en évidence le fonctionnement et les interactions entre agents. En effet, pour ce projet, la coopération et la collaboration, durant une situation de crise, sont très importantes pour gérer au mieux l'événement.

5.2.2.3. La coopération et la collaboration des agents

Les acteurs de la simulation ont été détaillés dans le chapitre 1. Ces acteurs, pris isolément, n'ont pas la capacité de gérer une crise. Ils auront cette capacité qu'à partir du moment où ils pourront communiquer pour agir sur le système. La communication occupe donc une place importante dans l'organisation car elle structure la collaboration entre les acteurs. C'est pour cette raison que le besoin de collaborer est un point important de ce travail de thèse. Dans ce projet, un seul type de collaboration entre agents est pris en compte et repose sur une communication par message. Ce message comprend les caractéristiques de la simulation et les indicateurs de performance de l'agent (figure 5-6). Chaque message est lié à un couple d'expéditeur-récepteur(s). Les caractéristiques du message reçu permettent à l'agent d'agir.

Message
Caractéristiques de la simulation
Indicateurs

Figure 5- 6 Propriétés générales d'un message

Le tableau 5-1 décrit les collaborations existantes pour chaque agent. Il a été réalisé avec l'aide du diagramme UML présenté au chapitre 4. Il montre que certains agents coopèrent avec tous les agents de la cellule de crise. Ces agents sont appelés les agents centraux (Pilote, Co-Pilote) (cf. 5.2.2.2). Ils font partis en général de la cellule pilotage. Par exemple l'agent Représentant COD coopère avec les cellules Pilote et Co-Pilote. Ces derniers, quant à eux, coopèrent avec toutes les cellules.

Tableau 5- 1 Coopération des agents d'une cellule de crise

Liens entre chaque cellule	Représentant COD	Pilote	Copilote	Appui Technique	Evaluation Anticipation	Juridique Finance	Secrétariat	Logistique CACS	Renseignement	Hébergement Restauration	Sanitaire Social Psycho	Partenaires	Travaux	Circulation Police	Transport
Représentant COD		X	X												
Pilote	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Copilote	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Appui Technique		X	X												
Evaluation Anticipation		X	X			X	X		X	X	X	X	X	X	X
Juridique Finance		X	X		X			X							
Secrétariat		X	X									X	X		
Logistique CACS		X	X							X		X			
Renseignement		X	X	X	X	X		X		X	X	X	X	X	X
Hébergement Restauration		X	X		X				X		X	X			
Sanitaire Social Psycho		X	X		X				X						
Partenaires		X	X		X				X	X					
Travaux		X	X		X	X			X			X		X	X
Circulation Police		X	X		X	X			X			X			X
Transport		X	X		X				X	X		X	X	X	

Les comportements des agents se basent sur les interactions entre agents et sur les indicateurs de performance notamment sur les répercussions qu'a un indicateur sur un autre (chapitre 4). Le point suivant détail la méthode de calcul d'influence des indicateurs entre eux.

5.2.3.Méthode d'influence des indicateurs

La démarche d'évaluation de l'organisation de la cellule de crise a pour but de mettre sous forme graphique la performance de la cellule de crise et celle de ses agents. Pour arriver à ces diagrammes (cf. 5.5), les calculs sont fondés sur les tableaux présentés dans le chapitre 4. Ils décrivent la répercussion des indicateurs sur un agent et la répercussion qu'ont certains indicateurs d'un agent sur un autre agent.

En construisant la procédure d'évaluation de cette organisation, deux problématiques se sont révélées : la notion de temps et le mode de calcul des répercussions.

En effet, la simulation se veut dynamique, ce qui entraîne l'utilisation de la notion temps. Le temps est représenté dans le monde informatique par une itération de cycle. Le système simulera une gestion de crise dont la durée sera fixée lors de l'initialisation. Cette durée définira le nombre de cycle effectué par un agent et fonctionnera en temps discrétisé avec comme unité de mesure l'heure. Le Tableau 5-2 suivant décrit le nombre de cycle par rapport à la durée de la crise.

Tableau 5- 2 Nombre de cycle pour le scenario

Durée de la crise	Nombre de cycle
Inférieur à 8h	Entre 1 et 8
Entre 8h et 24h	Entre 8 et 24
Supérieur à 24h	Entre 24 et 100

Concernant le calcul des indicateurs de performance, en reprenant les tableaux du chapitre 4 (Tableau 5-3), deux possibilités de calcul s'offrent à ce projet : le calcul cumulatif ou le calcul non cumulatif.

Tableau 5- 3 Répercussion d'un indicateur sur un autre indicateur

Répercussion d'un indicateur sur un autre indicateur							
	Mobilisation de l'équipe 1	Moyens 2	Durée de mobilisation 3	Complétude de l'information 4	Aptitude de la cellule 5	Cohésion du groupe 6	Moral de l'équipe 7
Si =0		4:↓ 7:↓		6: ↓ 7: ↓	4: ↓ 6: ↓ 7: ↓	4: ↓ 7: ↓	4: ↓ 6: ↓
Si =1		7: ↓		7: ↓		4: ↓	
Si =2		4: ↑ 7: ↑		6 : ↑ 7 : ↑	4: ↑ 6: ↑ 7: ↑	4: ↑ 7: ↑	4: ↑ 6: ↑

- Calcul cumulatif : il correspond à la prise en compte de la répercussion d'un indicateur sur les autres indicateurs d'un agent et le calcul se fera à la fin. Le calcul est présenté selon les étapes suivantes :

$$\underline{I} = [I_{n0} \quad \dots \quad I_{ny}]$$

sont les indicateurs pour chaque agent.

$I_{n0} = x$ correspond à l'indicateur $n0$ de valeur x .

L'indicateur est comparé au tableau de répercussion suivant la valeur x (cf. 5-2). Le tableau indique les répercussions positives ou négatives de cet indicateur sur les indicateurs I_{ni} .

Cette procédure se fait pour tous les indicateurs I_{ni} et le résultat final VI_{ni} pour chaque indicateur est la somme totale des répercussions positive R_p et négative R_n .

$$VI_{ni} = I_{ni} + \sum_{p=1}^P R_p + \sum_{n=1}^N R_n \quad ni = 0 \dots y$$

- Calcul non cumulatif : il correspond au calcul de la répercussion d'un indicateur pris un par un. La notion d'ordre d'importance des indicateurs est nécessaire dans ce calcul puisque ce mode utilise les derniers résultats obtenus. Cet ordre d'importance est à caractère subjectif puisque c'est l'utilisateur qui se charge de cette tâche. Les premières étapes restent inchangées :

$\underline{I} = [I_{n0} \dots I_{ny}]$ sont les indicateurs pour chaque agent **triés par ordre d'importance**

$I_{n0} = x$ correspond à l'indicateur $n0$ de valeur x .

L'indicateur est comparé au tableau de répercussion suivant la valeur x (cf. chapitre 4). Le tableau indique les répercussions positives ou négatives de cet indicateur sur les indicateurs I_{ni} .

La répercussion se fait directement sur la valeur des indicateurs à l'étape $n+1$

Cette procédure se fait ensuite pour les indicateurs suivant $I_{n1} \dots I_{ny}$, toujours en reprenant les deniers résultats VI_{ni+1}

Au moyen du tableau 5-3 sur la répercussion d'un indicateur sur un autre indicateur et des indicateurs de l'agent X présenté dans le tableau 5-4, l'exemple qui suit détaille les deux modes de calculs.

Tableau 5- 4 Indicateurs initiaux d'un agent X

Mobilisation de l'équipe	Moyens	Durée de mobilisation	Complétude de l'information	Aptitude de la cellule	Cohésion du groupe	Moral de l'équipe
2	1	2	0	1	2	2

- Calcul cumulatif (Tableau 5-5) : Les indicateurs de l'agent X (tableau 5-4) sont analysés un par un et chaque indicateur est comparé au tableau 5-3 pour vérifier si la valeur de cet indicateur a des répercussions sur les autres indicateurs. Par exemple, l'agent X a comme valeur 0 pour la « Complétude de l'information ». En se référant au tableau 5-3, la valeur 0 aura des répercussions négatives sur les indicateurs « Cohésion du Groupe » et « Moral de l'équipe ».

Cette opération se fait pour chaque indicateur et il lui sera attribué une liste de répercussions négatives et/ou positives. Ces répercussions sont additionnées aux indicateurs initiaux.

Tableau 5- 5 Exemple de Calcul cumulatif

	Mobilisation de l'équipe	Moyens	Durée de mobilisation	Complétude de l'information	Aptitude de la cellule	Cohésion du groupe	Moral de l'équipe
Indicateurs Initiaux	2	1	2	0	1	2	2
Cumul des répercussions				+		-	-
				+		+	-
							+
Total +				2		1	1
Total -						1	2
Total				2		0	-1
Indicateurs Finaux	2	1	2	2	1	2	1

- Calcul non cumulatif (Tableau 5-6) : Cette méthodologie nécessite de placer les indicateurs par ordre d'importance car le calcul des répercussions se fait directement sur les résultats obtenus. L'indicateur surligné en bleu désigne l'indicateur sur lequel le calcul sera fait et les indicateurs surlignés en vert désignent les indicateurs sur lesquels le résultat a été répercuté. Le mode de calcul se fait de la manière suivante :
 - la liste des indicateurs initiaux est récupérée : dans l'exemple précédent les valeurs sont les suivantes : 2 ,1 ,2 ,0 ,1 ,2 ,2 ;
 - l'indicateur « Mobilisation de l'équipe » ne produit aucun changement direct sur les autres indicateurs donc la liste reste à 2, 1, 2, 0, 1 ,2 ,2 ;
 - l'indicateur Moyens est égal à 1 (surligné en bleu dans l'étape b). En regardant le tableau 5-2, les répercussions de cet indicateur seront faites de manières négatives sur l'indicateur Moral de l'équipe (surligné en vert dans l'étape c) ;
 - puis le calcul est réalisé pour chaque indicateur mais en reprenant les résultats précédents.

Tableau 5- 6 Exemple de Calcul non cumulatif

	Mobilisation de l'équipe	Moyens	Durée de mobilisation	Complétude de l'information	Aptitude de la cellule	Cohésion du groupe	Moral de l'équipe
Indicateurs Initiaux	2	1	2	0	1	2	2
a	2	1	2	0	1	2	2
b	2	1	2	0	1	2	2
c	2	1	2	0	1	2	1
d	2	1	2	0	1	2	1
e	2	1	2	0	1	2	1
f	2	1	2	0	1	1	0
g	2	1	2	0	1	1	0
h	2	1	2	0	1	1	0
i	2	1	2	0	1	1	0
j	2	1	2	0	1	1	0
k	2	1	2	0	1	0	0
Indicateurs Finaux	2	1	2	0	1	0	0

Ces deux modes de calcul ont pour intérêt d'évaluer l'influence des indicateurs entres eux. Les deux exemples présentés montrent que dans le mode de calcul non cumulatif, les indicateurs de performance passent de 0 à 2 très vite, ce qui peut rendre une cellule de crise performante ou défaillante assez rapidement. De plus, le caractère subjectif concernant l'ordre d'importance des indicateurs varie selon les utilisateurs. Pour ces raisons, le calcul cumulatif a été choisi et étudié dans ce projet. Cependant, le mode de calcul non cumulatif est intégré dans l'outil de simulation et l'administrateur informatique pourra choisir le mode de calcul qui lui convient.

5.2.4.Méthode d'évaluation des remplaçants

Il a été rappelé dans le chapitre 4 que l'indicateur « Mobilisation de l'équipe » représente les personnes mobilisées lors d'une crise. Cet indicateur ne sera perturbé que lorsqu'il sera égal à 0. En effet, quand l'indicateur est égal à 0 cela désigne qu'il n'y a aucune relève pour la cellule : il faudra donc trouver une cellule capable de la remplacer. Pour cela un tableau permettant à l'utilisateur d'attribuer aux agents des remplaçants lui est proposé. Ce tableau fournit à chaque cellule deux possibilités de remplacement.

L'algorithme utilisé pour effectuer le remplacement se fait de la manière suivante (figure 5-7) : l'agent, nommé AgentA, cherche dans le tableau un agent qui peut le remplacer. Si l'Agent1 est disponible et dont le niveau de relève est suffisant (c'est-à-dire une « Mobilisation de l'équipe » =2), le remplacement se fait. Si cela n'est pas possible, l'AgentA vérifiera les disponibilités du second remplaçant. Si le remplacement ne peut s'effectuer c'est à ce moment qu'une réorganisation de la cellule de crise est effectuée par l'agent « central ».

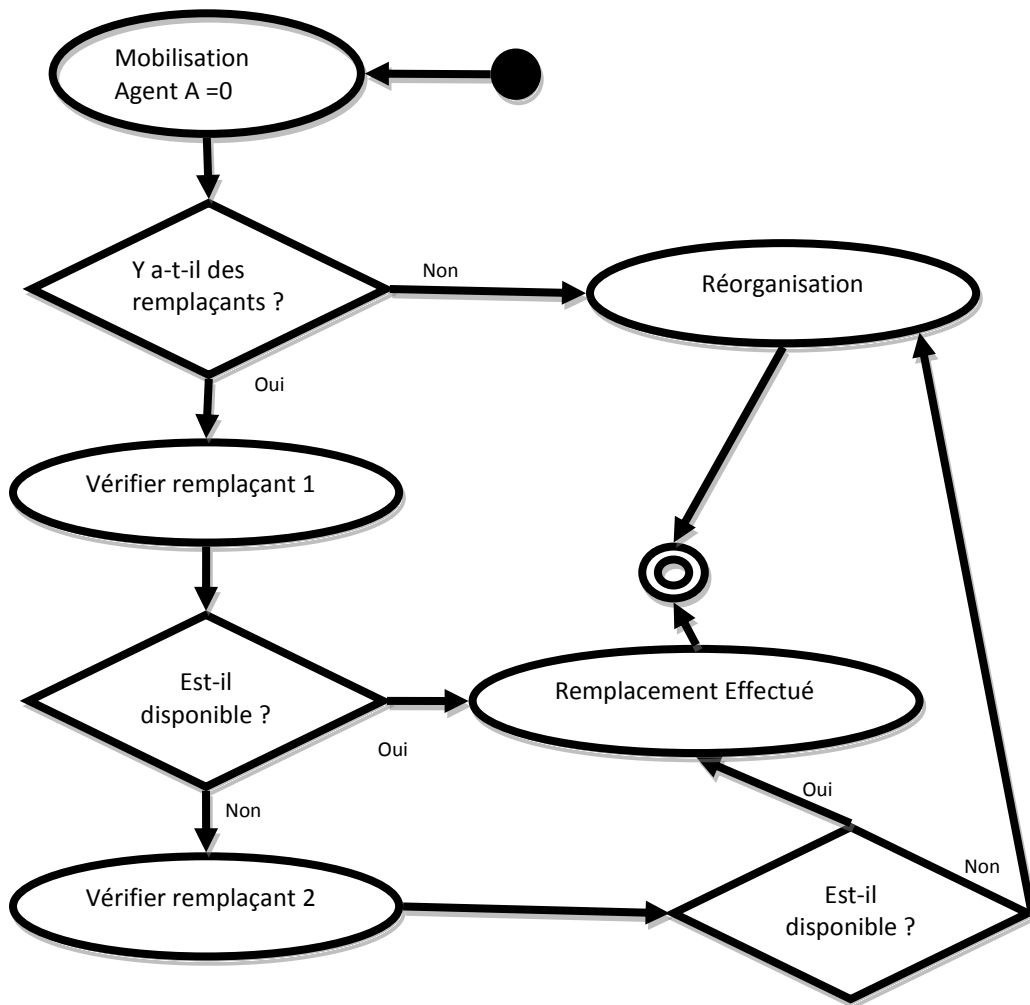


Figure 5- 7 Algorithme de remplacement

Une organisation dégradée peut être proposée pour quelques heures afin que les agents n'ayant pas pu être remplacés trouvent de nouveaux remplaçants (soit le retour des mêmes agents après un temps de repos soit de nouvelles personnes qui seront mobilisées).

5.2.5.Méthode d'évaluation de la qualité de l'information

La communication au sein d'une cellule de crise est un point crucial qui nécessite une gestion efficace de l'information. La communication est effectuée par voie orale, messages, téléphone, radio, mails... Mais, lors d'un événement d'urgence, elle peut ne pas être efficace pour différentes raisons : soit pour des raisons techniques (le message n'est pas distribué), soit pour des conflits ou pour une faible considération du message par la personne qui reçoit l'information initiale. Ces caractéristiques ne sont pas décrites dans le prototype mais

l'utilisateur peut spécifier le pourcentage de messages qui ne seront pas envoyés et le pourcentage de messages qui seront dégradés. Ces taux sont calculés pour tous les messages qui circulent durant tout le scénario. Par exemple si la simulation compte 500 messages et que l'utilisateur choisit qu'il y aura 10% de messages qui ne seront pas envoyés et 5% de messages qui seront dégradés, cela fera 50 messages perdus et 25 ayant des informations non complètes ou erronées. Ces messages perdus ou dégradés ont des effets sur l'agent destinataire du message. En effet, si un agent est confronté à une telle situation il aura ses indicateurs de performance perturbés, notamment les indicateurs « Qualité d'information » et « Compétence ».

Cette section a présenté le cœur de la simulation en décrivant son architecture, les agents et la collaboration entre agents. Le point suivant présente l'interface graphique permettant à un utilisateur de rentrer les informations nécessaires à la simulation et d'en retirer les résultats pour la prise de décision.

5.3. Interfaces graphiques

Une interface graphique a été développée dans ce projet pour faciliter l'utilisation du logiciel de simulation. Cette interface permet dans un premier temps d'être l'outil de liaison entre l'utilisateur et l'outil de simulation. Le prototype est implémenté en langage Visual Basic.Net pour des raisons pratiques car il est particulièrement adapté à l'élaboration d'interfaces graphiques. Comme pour le JAVA, VB.Net est un langage de programmation orienté objet.

La gestion de l'organisation de la cellule de crise se décompose en trois outils : l'outil d'accueil comprenant la gestion des simulations existantes, l'outil de création d'une nouvelle simulation et l'outil d'administration des agents.

La première figure représente l'interface d'accueil de la simulation qui réalise plusieurs tâches décrites ci-dessous (figure 5-8) :

- Elle permet d'accéder aux outils de création de nouvelle simulation et d'administration des agents ;
- Elle visualise l'ensemble des simulations existantes ;
- En choisissant une simulation, un ensemble de graphique traçant des courbes d'évolution des agents est affiché. Les outils graphiques seront décrits à la section suivante.

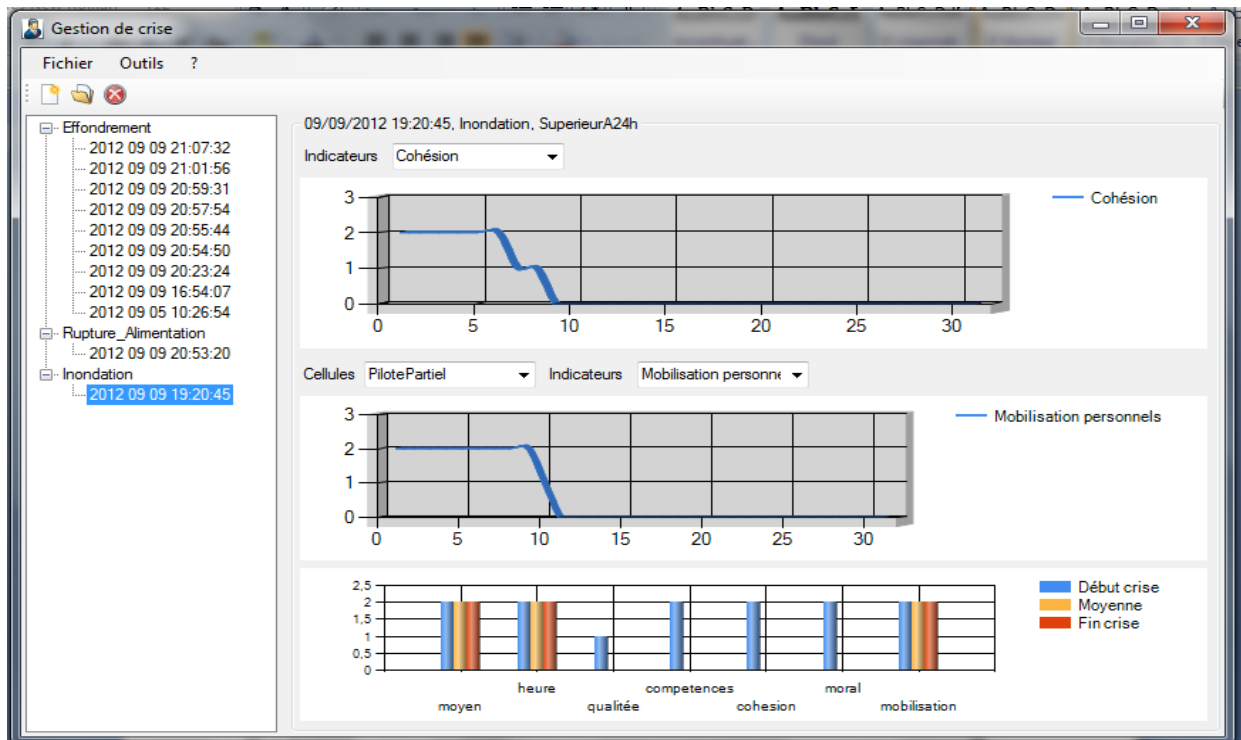


Figure 5- 8 L'interface d'accueil de la simulation

Le deuxième outil permet de créer une nouvelle simulation (figure 5-9). L'utilisateur doit choisir les caractéristiques de la simulation comme : la Nature de la Crise, les Personnes Impactées, la Durée de Mobilisation, la Pression Extérieure et la Période de l'Année.

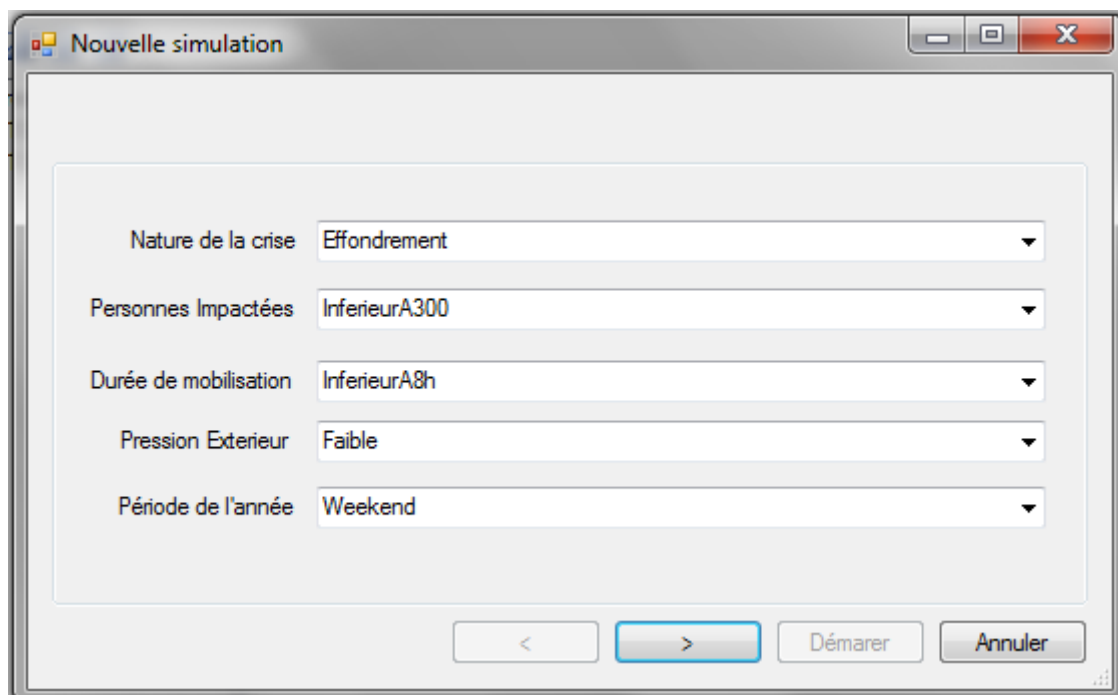


Figure 5- 9 Fenêtre pour créer une nouvelle simulation

A partir de ces informations, une organisation sera proposée à l'utilisateur (figure 5-10). Si cette organisation convient à l'utilisateur, ce dernier passe au module indicateur de performances. Dans le cas contraire, l'utilisateur peut proposer une organisation particulière selon son expérience.

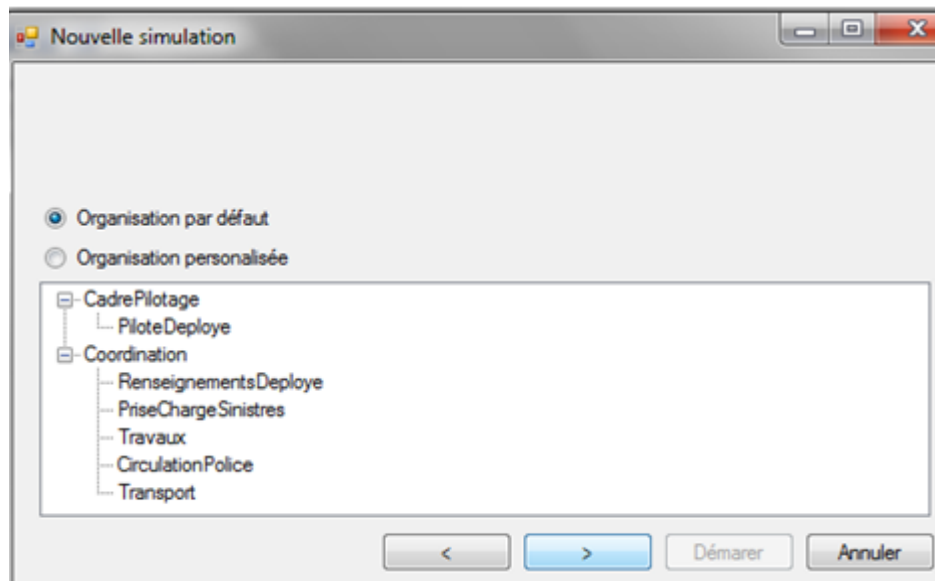


Figure 5- 10 Proposition d'organisation

Enfin, la dernière étape avant l'exécution du noyau fonctionnel est l'attribution des indicateurs de performance (figure 5-11) pour chaque agent choisi. Ces informations sont enregistrées en format XML pour être traitées par la plateforme de Systèmes Multi Agents.

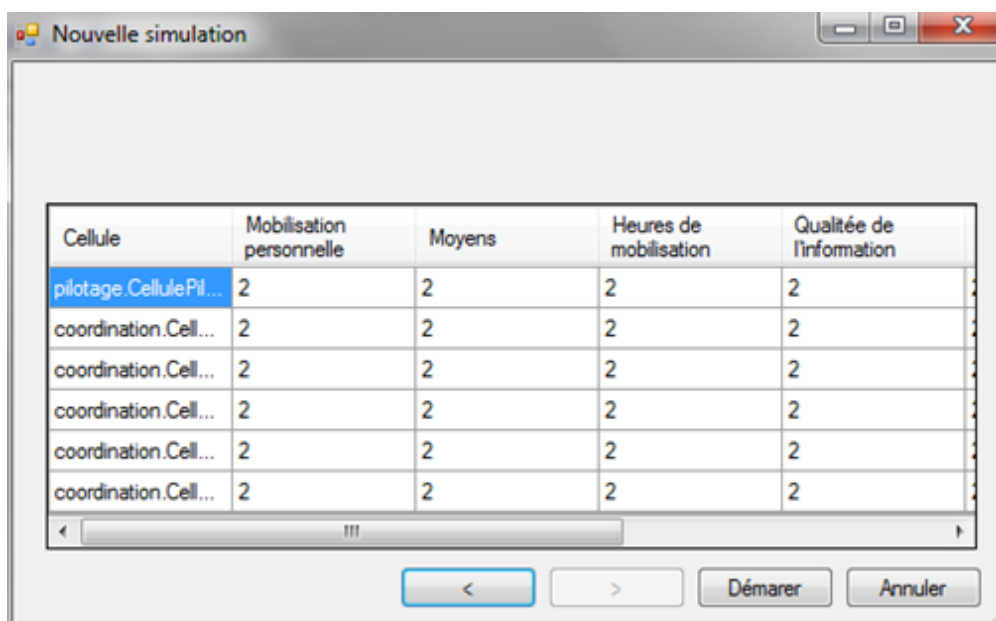


Figure 5- 11 Attribution des indicateurs de performances pour chaque agent choisi

L'utilisateur a la possibilité de paramétrer pour chaque sous cellule les indicateurs de performance de faible niveau (0) au plus haut niveau (2). Par exemple si l'indicateur « Moyens » de la cellule Travaux égal à 0 cela signifie que cette cellule ne dispose pas de moyens.

Le troisième outil permet à l'utilisateur de paramétrer l'agent et la simulation. Il aura accès à plusieurs éléments représentant la simulation de crise (figure 5-12).

L'outil se décompose en deux modules :

- le premier module permet de choisir les agents susceptibles de remplacer une cellule (figure 5- 12 a). Le tableau se divise en trois colonnes : le nom de l'agent, les premières et deuxièmes cellules susceptibles de remplacer la cellule ;
- Le deuxième module permet de paramétrer les informations concernant la qualité de l'information (figure 5- 12 b). La qualité de l'information se présente en deux parties :
 - Le pourcentage des messages perdus : certains messages en situation de crise peuvent ne pas être transmis pour plusieurs raisons : le message est considéré comme insignifiant par l'agent expéditeur, conflit entre agent.... ;
 - Le pourcentage des messages dégradés : de la même manière que le pourcentage des messages perdus certains messages peuvent arriver dégradés à l'agent destinataire.

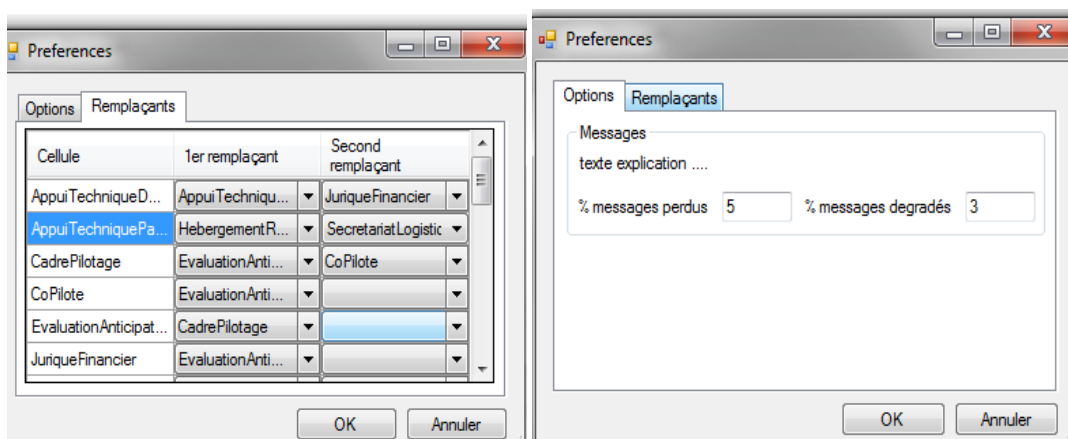


Figure 5- 12 Fenêtre de paramétrage :

a des agents remplaçants

b de la qualité d'information

La section suivante présente les tableaux de bord générés par l'outil permettant la visualisation des résultats de la simulation.

5.4. Outils graphiques pour la visualisation de l'organisation des agents factuels

Pour visualiser l'évolution des agents pendant une crise, l'outil qui nous a semblé le mieux adapté est le tableau de bord (cf. : chapitre 2). Les tableaux de bords ont un double rôle dans notre recherche : premièrement ils permettent de vérifier la cohérence des résultats et, dans un second temps, ils fournissent une aide visuelle pour l'analyse du comportement des agents pour étudier la performance de la cellule de crise. Cet outil graphique doit disposer d'informations utiles pour observer l'évolution des comportements des agents et de leurs indicateurs au fil du temps. Les informations utilisées pour la construction des graphes seront les indicateurs des agents représentés dans le temps.

La figure 5-13 trace la moyenne générale de tous les agents mobilisés pour un indicateur donné au cours du temps. En analysant la structure de la courbe, cette étude permet d'avoir une vue générale des points significatifs de la crise. La figure 5-13 montre le comportement de l'indicateur « Cohésion » durant la crise.

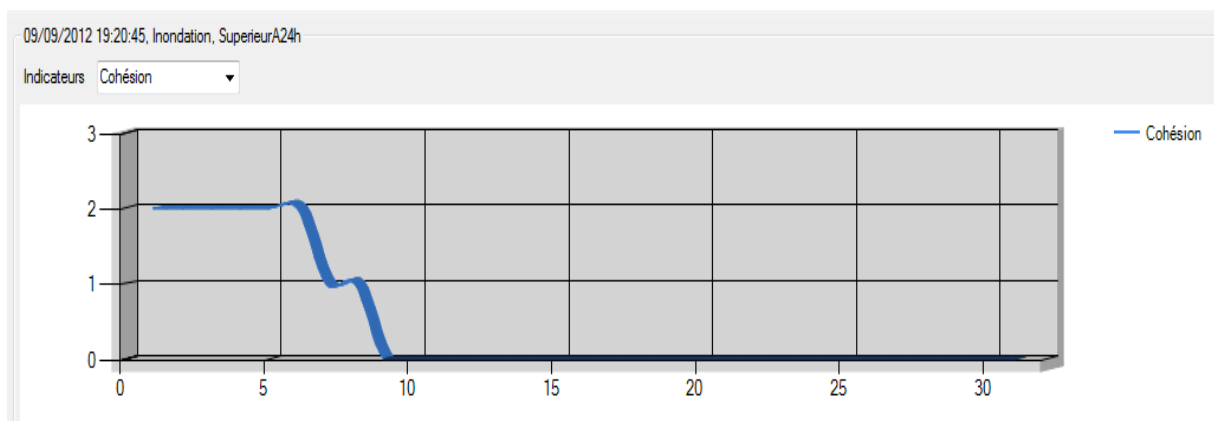


Figure 5- 13 Moyenne générale de tous les agents mobilisés pour un indicateur donné au cours du temps

La figure 5-14 montre l'évolution générale d'un indicateur d'un agent au cours du temps. Ce diagramme permet d'interpréter la dynamique de l'indicateur pour un agent donné durant un scénario. L'analyse de ces courbes permettra d'observer le comportement des agents tout au long de la crise. Par exemple, la figure 5-14 montre l'évolution de l'indicateur « Mobilisation du Personnel » de la cellule Pilote Partiel. En début de crise, la valeur de l'indicateur est égale

à 2 ce qui signifie que toute l'équipe est mobilisée. Mais à la dixième heure la valeur de l'indicateur est égale à 0 c'est-à-dire que la cellule Pilote Partiel n'est plus disponible. Cette figure montre, qu'à partir de la dixième heure, une réorganisation aurait peut-être eu lieu. Pour vérifier ce constat, une analyse des différents diagrammes des autres cellules doit être effectuée.

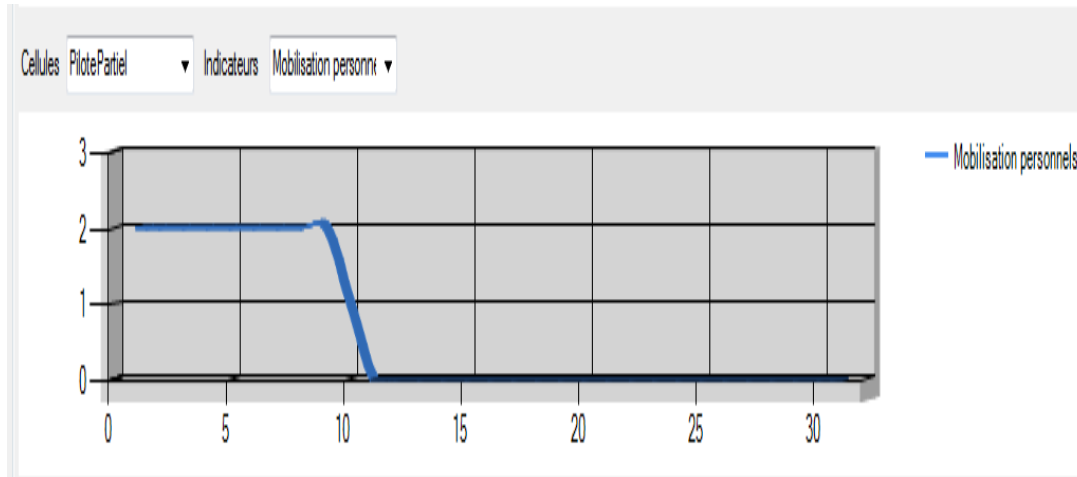


Figure 5- 14 Evolution d'un indicateur appartenant à une cellule au cours du scénario

Enfin, la figure 5-15 trace à la fois l'évolution des indicateurs d'un agent au début et à la fin de la crise et la moyenne de ses indicateurs durant la simulation. Cet histogramme reflète dans un premier temps la vue d'ensemble d'un agent et dans un second temps il permet d'analyser les points de défaillances et/ou de performances de la cellule.

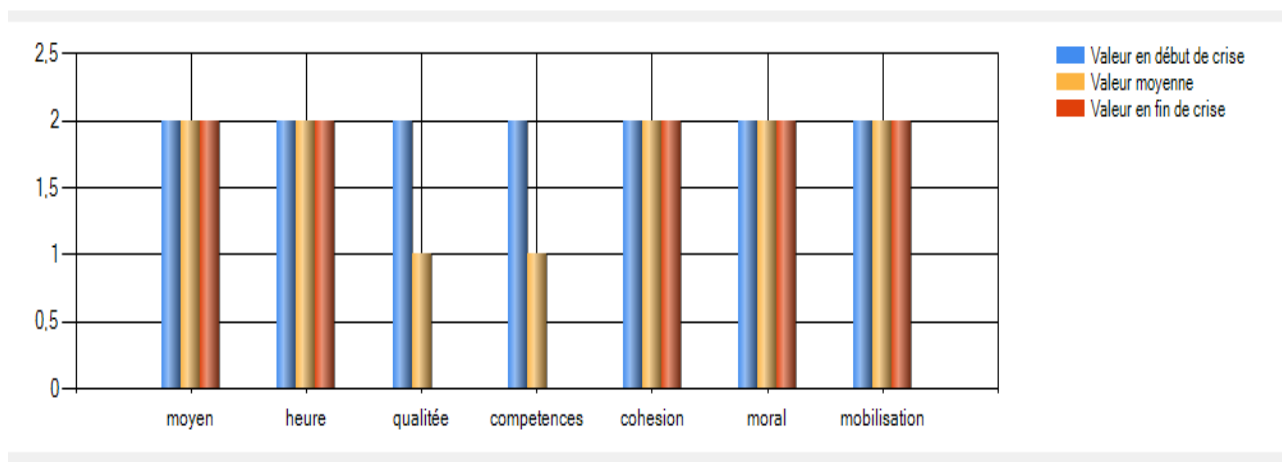


Figure 5- 15 Evolution des indicateurs d'un agent au début et à la fin de la crise et la moyenne de ses indicateurs durant la simulation

La performance ou la défaillance de la cellule se reflète dans ce diagramme par l'étude du comportement de chaque indicateur de performance qui se fait en analysant les trois valeurs de l'indicateur : en début de crise, en fin de crise et la moyenne de l'indicateur tout au long du scénario. Par exemple, la figure 5-15 montre que les indicateurs « Qualité d'information » et « Compétence » sont égaux à 2 en début de crise et en fin de crise ils sont égaux à 0. Une étude plus approfondie de ces indicateurs doit se faire pour comprendre le comportement. Pour cela, une analyse des courbes montrant l'évolution de ces indicateurs au cours du temps permet d'approfondir cette étude (cf. Figure 5-14).

La section suivante présente la troisième partie de l'outil qui est le transfert d'informations.

5.5. Transfert d'informations

Le transfert d'informations au sein des deux outils (SMA et interface graphique) se fait à l'aide du protocole normalisé XML. Le XML, sous le nom d'Extensible Markup Language ou « langage de balisage extensible », est un langage informatique de balisage. Ce protocole est un langage de représentation de données adapté pour décrire des données structurées. Il se présente sous forme de document dont sa structure est un arbre représentant des objets ayant des attributs et contenant du texte. Il a la particularité de présenter ses informations sous forme de balise.

XML a été choisi dans ce projet pour sa portabilité il peut être intégré dans n'importe quelle application à condition qu'elle soit dotée d'un logiciel permettant d'analyser le code XML, appelé « parser ». En effet, XML est adapté à ce projet puisqu'il pourra être analysé par l'interface utilisateur (VB.Net) et l'outil des Systèmes Multi Agents (Java).

Le document XML a pour objectif de rassembler les informations d'initialisation (types de crise, organisation, indicateurs de performance) ainsi que les résultats de la simulation.

Le prototype de simulation génère un document XML par simulation qui sera nommé par un nom unique généré par un Guid. Le Guid (abréviation de l'anglais *Globally Unique Identifier*) permet de créer un identifiant unique pour un composant logiciel

La représentation XML est la suivante (figure 5-16) :



```
a15e6113f428-45f5-a385-dbbe34811c6a.xml
1  <Simulation>
2    <id>a15e6113-f428-45f5-a385-dbbe34811c6a</id>
3    <crise>
10   <simulationDate>2012-08-27 11:03:44</simulationDate>
11   <agents>
809  <settings>
1277 <failed>false</failed>
1278 </Simulation>
```

Figure 5- 16 Représentation XML d'une simulation de gestion de crise

Ce fichier XML est structuré par une balise principale `<Simulation>` qui comporte :

- l'identifiant unique `<id>` ;
- les caractéristiques de la crise `<crise>`. Elle comprend les caractéristiques initialisées (`<periode De Lannee>`, `<nature Crise>`, `<pression>`, `<personnes Impactees>`, `<duree Crise>`) par l'utilisateur ;
- la date de simulation `<simulationDate>`. L'utilisateur a la possibilité de récupérer un scénario créé auparavant. Ce scénario est identifié par la date de simulation ;
- la liste des agents mobilisée `<agents>`. Elle décrit la liste des agents mobilisés pendant la crise. Chaque agent est affecté par :
 - sa catégorie (`<category>`) ;
 - son nom (`<name>`) ;
 - sa liste initiale d'indicateur (`<moyen>`, `<heure De Mobilisation>`, `<qualitee Information>`, `<competences>`, `<cohesion>`, `<moral De Lequipe>`, `<mobilisation Personnels>`) ;
 - ses statistiques tout au long de la simulation par la balise `<stats>`.
- la configuration `<setting>`. Comme énoncé à la section 5.3, l'utilisateur peut configurer l'outil à l'aide de deux moyens : la qualité de l'information et la liste de remplaçants. La balise `<setting>` décrit la liste des remplaçants (`<remplacants>`), le pourcentage des messages perdus `<pourcentLoseMSGs>` et le pourcentage des messages dégradés `<pourcent Degraded MSGs>` ;
- `<failed>` : cette balise est un booléen (vrai ou faux) correspondant à la validité du scénario c'est-à-dire si ce dernier a échoué ou non.

Ces fichiers sont disponibles dans le dossier repository de l'outil de simulation.

5.6. Synthèse

Dans le but d'étudier et d'analyser la performance organisationnelle, un outil d'aide à la décision a été créé en étroite collaboration avec la ville d'étude. Ce prototype est une représentation dynamique d'une situation de crise comprenant des agents d'une cellule de crise. La mise en œuvre de cet outil se décompose en trois étapes :

- Le noyau agent : considéré comme module central, il permet d'activer et de simuler le comportement des agents à l'aide des Systèmes Multi Agents ;
- L'interface utilisateur : Cette interface est dans un premier temps la liaison entre le noyau agent et l'utilisateur. Ce dernier a la possibilité de paramétrer sa simulation. Dans un second temps, ce module permet d'afficher et d'analyser les résultats à l'aide des tableaux de bord qui sont présentés sous de forme de graphe ;
- L'enregistrement : La simulation effectuée par l'utilisateur n'est pas éphémère. En effet, chaque simulation est enregistrée dans un fichier XML unique et qui pourra être réutilisée et comparée avec d'autres simulations.

Afin d'expérimenter ce logiciel, un scénario de crise a été créé et simulé au chapitre 6. Une analyse des différents résultats obtenus a été menée et des pistes d'améliorations sont proposées.

Chapitre 6: Application et discussion de la méthode et de l'outil proposés

6.1. Présentation de l'étude de cas	202
6.2. Présentation du scénario, simulation et analyse des résultats	204
6.3. Evaluation du prototype avec les utilisateurs.....	217
6.4. Limites et apports de la méthode de mesure de la performance organisationnelle d'une cellule de crise Communale	220
6.5. Perspectives de développement de la méthode d'analyse de la performance organisationnelle d'une cellule de crise communale	222

Les chapitres 4 et 5 ont abordé la méthodologie et l'outil permettant d'étudier la performance organisationnelle d'une cellule de crise communale. Le chapitre 6 présente la partie expérimentale de cette thèse. Cette expérimentation a permis de tester cette approche en simulant une étude de cas qui illustre une situation de crise fondée sur des retours d'expériences. Elle sera ensuite comparée à la réalité avec l'aide et les conseils du partenaire d'étude. Cette simulation a permis de faire apparaître les limites de la méthodologie qui seront ainsi exposées en quatrième partie du chapitre. Enfin une mise en avant des perspectives de recherche est proposée dans le but de faire enrichir ce travail de recherche.

6.1. Présentation de l'étude de cas

La commune du scénario se situe au sud de la France et n'est pas préparée aux tempêtes de neige. Pourtant en 2009, la ville a dû faire face à cette situation. A 7h du matin, la commune a été paralysée sous plus de 10 centimètres de neige. Elle a été placée sous vigilance orange par Météo France et la préfecture a pris un arrêté interdisant l'accès à toutes les autoroutes du département. Ne disposant pas assez d'équipements nécessaires au déneigement, la ville d'étude, les gestionnaires des infrastructures et des transports ont été confrontés à des difficultés pour gérer cette situation.

En effet, plus aucuns transports en communs ne pouvaient circuler en ville, environ 500 véhicules avec leurs occupants étaient immobilisés sur l'autoroute et 2 600 personnes ont été bloquées par les fortes chutes de neige et ont dû être hébergées la nuit sur l'ensemble du département (1 500 personnes dans des centres communaux, 1 000 personnes à l'aéroport et 120 personnes dans des trains à la gare).

A 8h45, le plan communal de sauvegarde a été déclenché. Ce dernier a mobilisé 38 personnes qui ont travaillé plus de 50h. Durant cet événement, plus de 1 200 incidents ont été traités (dégagement des routes, le déblayage des arbres...).

La mobilisation du personnel s'est effectuée, sur la base de la motivation et de la conscience professionnelle. Les cellules mobilisées étaient les suivantes : représentant-COD, pilotage, renseignements, transport, hébergement-restauration, communication, travaux, secrétariat, anticipation, circulation police, partenaire, sanitaire-social et juridique financier.

Les objectifs premiers de la cellule de crise, lors de cet événement, étaient les suivants :

- Pour la cellule Pilotage :
 - Garder un lien permanent avec la Préfecture pour :
 - se tenir informé des objectifs et actions prioritaires décidés par le Préfet ;
 - prendre des décisions cohérentes avec celles prises sur le reste du département ;
 - mettre à disposition, en tant que centre de ressources, les moyens requis par le Préfet.
- Pour la cellule Transport :
 - Garantir l'acheminement des sinistrés vers les centres d'hébergement ;
 - Assurer et faciliter les déplacements « prioritaires » des acteurs de la sécurité nécessaires à la gestion de la crise par la recherche :
 - des moyens de déneigement, de sablage, etc.... ;
 - des véhicules pouvant circuler et assurer les acheminements indispensables : 7 engins 4x4 ont réalisé des convois pour le personnel municipal devant impérativement prendre son poste de travail à la cellule de crise.
- Pour la cellule Renseignements :
 - Centraliser, les demandes d'actions et d'interventions ;
 - Prioriser ces demandes et les affecter aux centres ressources.
- Pour la cellule Travaux :
 - Mettre en œuvre les mesures d'urgence concernant les arbres potentiellement dangereux ;
 - Fermeture immédiate de tous les parcs publics et interdiction d'accès aux massifs forestiers.
- Pour la cellule Hébergement :
 - Anticiper l'évaluation des besoins pressentis restant à chiffrer en matière d'hébergement pour les sinistrés ;
 - Prévoir les moyens nécessaires aux fonctionnements des gymnases pour en faire des « centres de vie » de jour comme de nuit (lits, couvertures, boissons chaudes, ...).
- Pour la cellule Ravitaillement :
 - Assurer la fourniture des repas du midi ;

- Prévoir les ravitaillements du soir dans les centres d'hébergement.

Enfin, la communication de crise entre ces cellules s'est faite par des appels téléphoniques, des conversations directes et des échanges de dossiers et de fiches. Le tableau 6-1 résume les échanges de communication durant l'évènement neige pour la commune concernée.

Tableau 6- 1Résumé des échanges de communication durant l'évènement neige de la commune

	Nombre d'Appels	Nombre de Conversations	Nombre de Fiches	Nombre de Dossiers
1^{er} Jour	3427	2270	1842	113
2^{ème} Jour	10796	3428	3016	218
3^{ème} Jour	2388	1502	1368	241
Total des 3 jours	16611	7200	6226	572

Le point suivant décrit le processus d'intégration du scénario dans l'outil de simulation et présente les résultats obtenus.

6.2. Présentation du scénario, simulation et analyse des résultats

6.2.1. Présentation de la simulation du scénario de crise

En reprenant toutes les informations de la section 6.1, la simulation peut être réalisée sur la plateforme développée. L'utilisateur saisit les informations concernant la crise correspondant à un scénario de fortes chutes de neige :

- Nature de la crise : Froid ;
- Nombres de personnes impactées : Supérieur à 300 personnes ;
- Durée de Mobilisation : Supérieur à 24h ;
- Pression Extérieur et Période de l'année (non traité (cf. Limites et apports)).

Le simulateur propose l'organisation présentée dans la figure 6-1. Elle est composée des cellules suivantes :

- Représentant COD : est le représentant de la ville au sein de la préfecture. Il est l'interlocuteur entre la cellule de crise et le Centre Opérationnel Départemental ;
- Pilote Déployé, Co-Pilote et Appui Technique Déployé : coordonnent l'ensemble des actions ;

- Evaluation Anticipation : estime l'importance probable de la crise, évalue ses conséquences ;
- Juridique Financier : expertise dans les deux domaines ;
- Renseignement : recueil, vérifie et affecte les informations entrantes ;
- Transport : transport de personnes et de matériels ;
- Hébergement-restauration et Sanitaire-social : prend en charge les personnes impactées ;
- Communication : assure la communication interne à la ville et externes (Media) ;
- Travaux : coordonne les travaux ;
- Secrétariat : assure la diffusion d'informations ;
- Circulation police : garantit l'interface avec les forces de police ;
- Partenaire : assure la liaison avec l'ensemble des partenaires.

L'utilisateur peut la choisir, la modifier ou créer une autre. Pour ce scénario, l'organisation proposée reste inchangée.

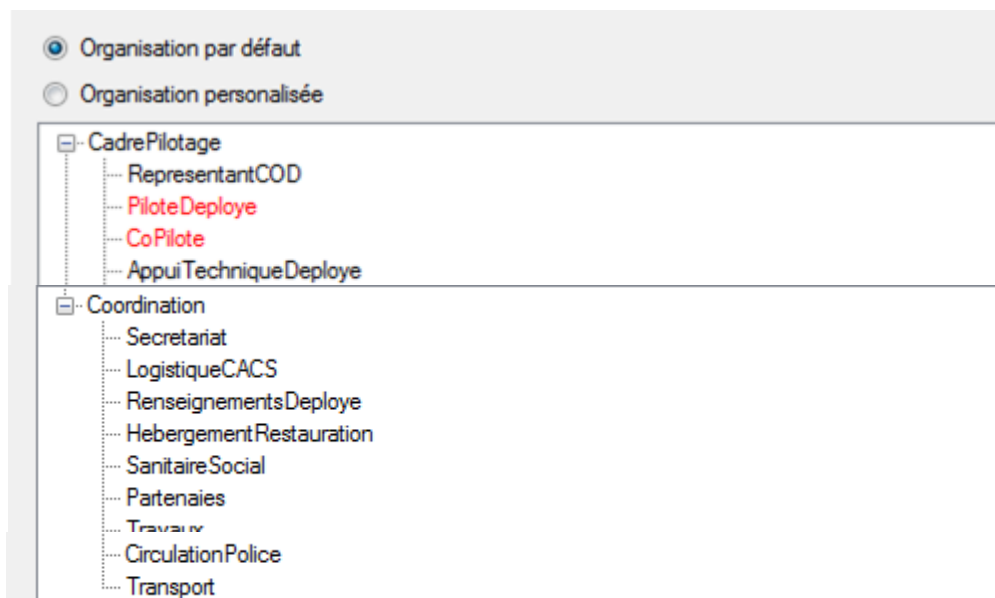


Figure 6- 1 Proposition de l'organisation par le simulateur

Le schéma 6-2 reprend les acteurs présents lors de la simulation et décrit les liens existants entre eux. Ce schéma provient du modèle UML simplifié présenté dans le chapitre 4. La

cellule Pilotage (Pilote Déployé et Co-Pilote) est liée directement à toutes les cellules activées.

Quant à la cellule Renseignement, elle est en contact avec toutes les cellules présentes physiquement dans la cellule de crise.

Ce schéma peut être utilisé pour comprendre les résultats obtenus.

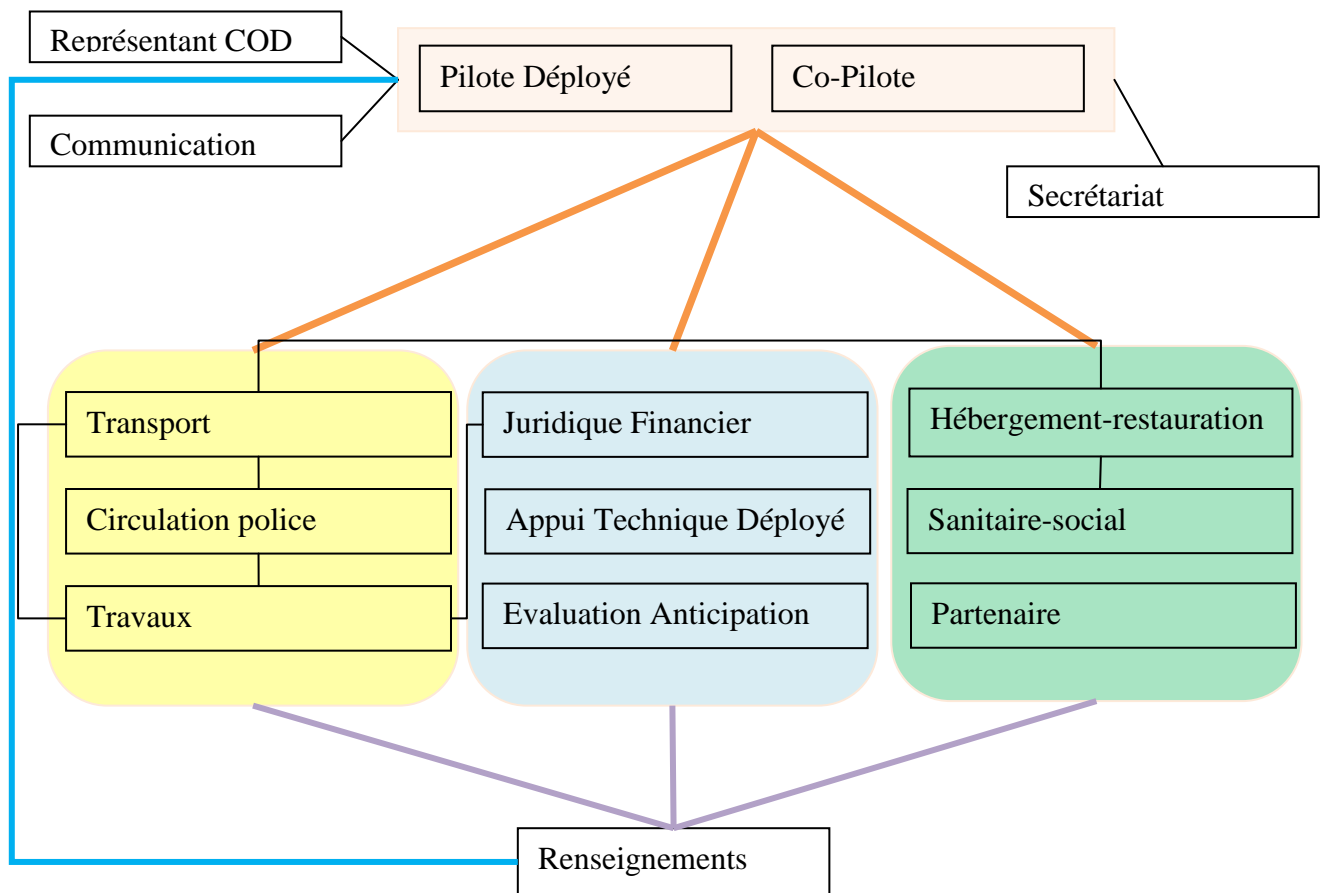


Figure 6- 2 Les acteurs présents lors de la simulation et les liens existants entre eux

L'étape suivante permet d'attribuer aux acteurs choisis les indicateurs de performance.

6.2.2.Caractérisation des acteurs

En prenant en compte la présentation du scénario, les indicateurs de performance pour chaque acteur sont définis et intégrés dans l'outil (tableau 6-2). A l'ouverture de la fenêtre, un tableau est affiché présentant chaque cellule avec ses indicateurs. Tous les indicateurs ont une valeur égale à 2 c'est-à-dire une organisation ayant ses indicateurs à leur maximum. Mais l'utilisateur a le choix de les modifier en considérant :

- que les acteurs étaient tous présents ;

- que toutes les cellules ont une possibilité de relève, ce qui représente dans le tableau une « Mobilisation de l'équipe » égale à 2 ;
- que certaines personnes présentes dans la cellule n'ont jamais effectuées des exercices ou n'ont jamais été mobilisées, ce qui va affecter l'indicateur « Aptitude de la cellule ». En effet cet indicateur est lié à l'expérience antérieure de la cellule face aux crises. L'aptitude se mesure par la ou les formations qu'ont suivi les acteurs. La formation augmente la performance de l'organisation de la cellule car elle permet d'entraîner les acteurs, d'acquérir des reflexes et de se connaître entre eux. Dans ce scénario, la valeur de cet indicateur pour la cellule Evaluation Anticipation ne sera pas égale à 2 ;
- comme ce scénario simule une tempête de neige et que la ville n'est pas habituée à ce genre d'événement, certaines cellules n'ont pas les moyens adaptés, ce qui va ralentir le fonctionnement de la cellule et aussi faire baisser le moral de l'équipe. Dans cet exemple les cellules affectées sont Circulation-Police, Transport et Travaux ;
- de plus certaines cellules ne se connaissent pas ce qui rend la communication entre elles plus délicate.

Tableau 6- 2 Détermination des indicateurs du scenario de crise

Agent	Mobilisation de l'équipe	Moyens	Durée de mobilisation	Complétude de l'information	Aptitude de la cellule	Cohésion du groupe	Moral de l'équipe
Représentant COD	2	2	2	2	2	2	2
Pilote Déployé	2	2	2	2	2	2	2
Co-Pilote	2	2	2	2	2	2	2
Appui Technique Déployé	2	2	2	2	2	2	2
Evaluation Anticipation	2	2	2	0	1	2	0
Juridique Financier	2	2	2	2	2	2	2
Renseignements	2	2	2	1	2	2	2
Transport	2	1	2	2	2	2	0
Hébergement-restauration	2	2	2	2	2	2	2
Communication	2	2	2	2	2	2	2
Travaux	2	0	2	2	2	2	2
Secrétariat	2	2	2	2	2	2	2
Circulation police	2	0	2	2	2	2	2
Partenaire	2	2	2	2	2	2	2
Sanitaire-social	2	2	2	2	2	2	2

Après avoir intégré les indicateurs de la cellule de crise, la simulation peut commencer. Les résultats de la simulation du scénario de crise sont ensuite analysés.

6.2.3. Analyse des résultats du scénario de crise

L'interface graphique enregistre le résultat de la simulation et le Système Multi Agents récupère les informations et les traite.

Sachant que les paramètres de probabilités des envois de messages dégradés et de messages perdus ont été fixés à 10%, l'indicateur « Qualité d'information » a été le plus touché. Une simulation ayant le même paramètre au départ ne donnera pas les mêmes résultats car l'envoi des messages dégradés ou des messages perdus n'a pas été déterminé pour un agent ou une période donnés.

Les résultats sont affichés sous la forme de graphes et l'analyse de ces résultats se fait essentiellement par l'étude des tableaux de bord. Pour cette simulation, les diagrammes suivants ont été produits (figure 6-3) :

- 7 diagrammes sous forme de courbes montrent les moyennes des indicateurs pour tous les agents (1 diagramme par indicateur). Le schéma 6-3 **A** montre l'évolution moyenne de l'indicateur compétence. Le graphe se présente de la manière suivante en ordonnée se trouve les valeurs des indicateurs et en abscisse le temps.
- 105 diagrammes sous forme de courbes et d'histogrammes représentent l'évolution des valeurs des indicateurs pour chaque agent. L'outil permet de sélectionner un agent et de comprendre l'évolution de ses indicateurs de performance. Le schéma 6-3 **B** est composé de deux diagrammes. Ces diagrammes représentent l'évolution des indicateurs de performance d'une cellule (dans cet exemple la cellule Représentant COD). La première courbe **B1** expose l'évolution d'un de ses indicateurs (ici la « Qualité d'information »). Il se présente de la même manière que les diagrammes **A** avec les valeurs des indicateurs en ordonnées et le temps en abscisses. L'histogramme présenté en **B2** détaille l'évolution de tous les indicateurs de la cellule. Il a comme abscisses les indicateurs de performance et comme ordonnées la valeur de ses indicateurs. Chaque indicateur est composé de 3 bâtons : la valeur de l'indicateur en début et en fin de crise et la valeur moyenne de cet indicateur tout au long du scénario.

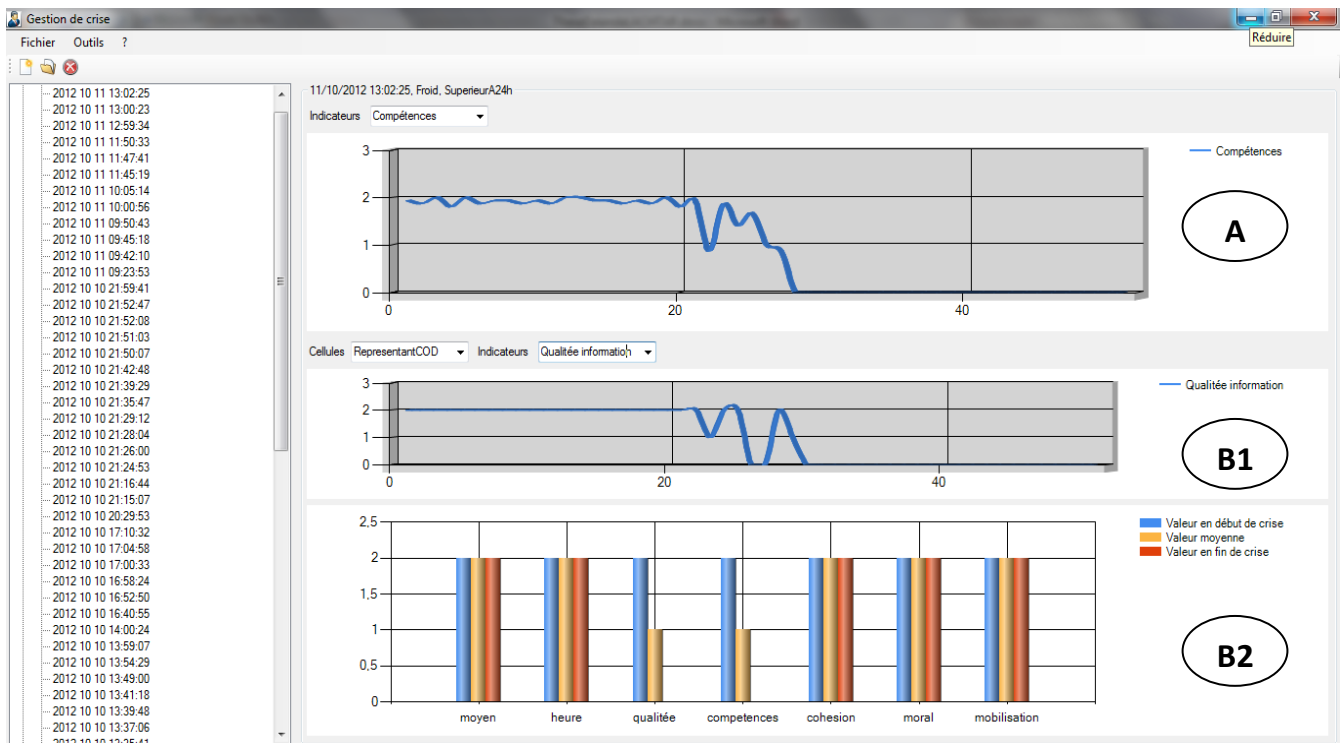


Figure 6- 3 Résultat de la simulation du scénario

Après la création de ces graphes, la lecture des résultats se fait de la manière suivante (figure 6-4) :

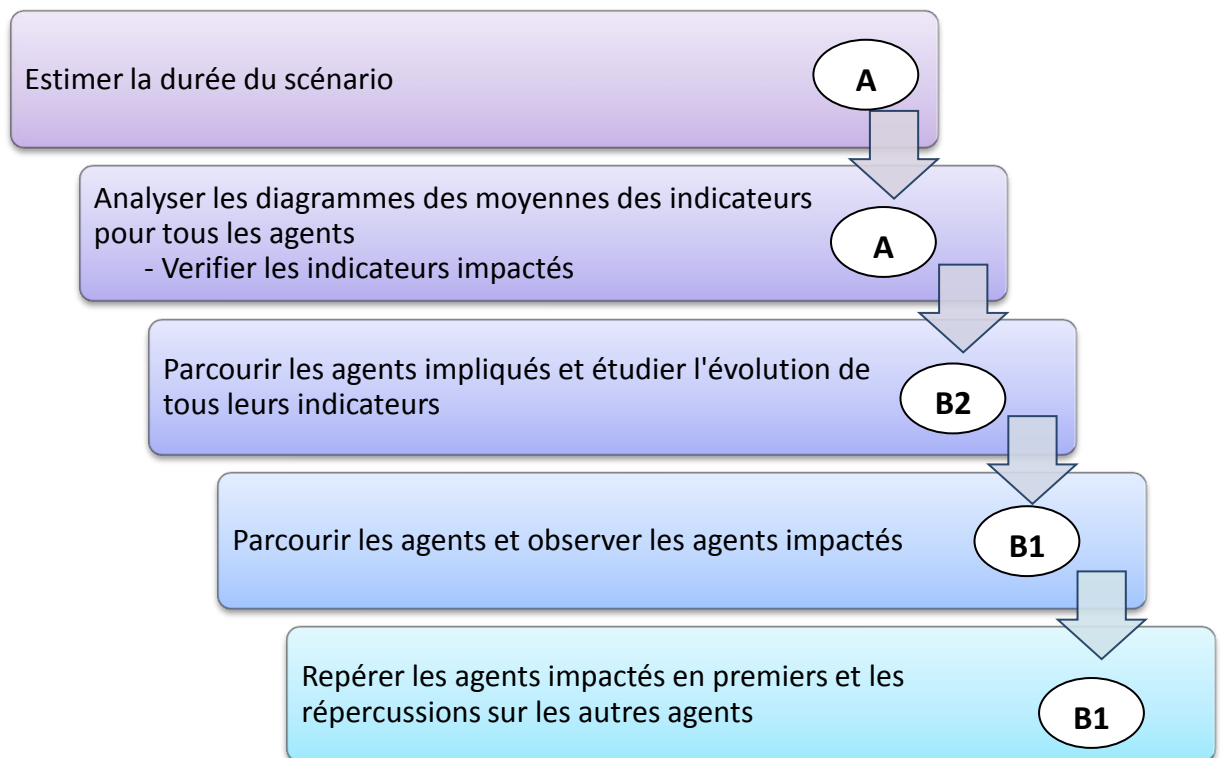


Figure 6- 4 Processus pour la lecture des résultats

La première remarque que nous pouvons faire concernant les résultats est que l'organisation est identique à celle de la réalité.

Estimer la durée de la simulation

La durée diffère d'un scénario à un autre. La première étape est de repérer la durée du scénario. Dans cette simulation la durée du scénario est égale à 50 heures. En revanche, la durée de la simulation est extrêmement rapide, environ quelques secondes.

Analyser les diagrammes des moyennes des indicateurs pour tous les agents

La deuxième étape est d'observer les 7 courbes ^A montrant l'évolution des indicateurs de performance. Ce scénario a deux diagrammes qui se distinguent des autres : les diagrammes « Qualité d'information » et « Compétence ».

Comme énoncé précédemment, l'indicateur « Qualité de l'information » sera le plus impacté du fait d'un manque de communication entre les cellules. La figure 6-5 présente l'évolution de cet indicateur pour tous les agents (en ordonnée se trouve les valeurs des indicateurs et en abscisse le temps de la simulation). Ce diagramme se divise en trois parties :

- en début de crise, les informations sont fiables ce qui signifie qu'aucun message n'a été modifié ou perdu ;
- par contre, au milieu de la crise, certains agents ont dû ne pas recevoir des messages ce qui est prouvé par la baisse de la qualité d'information entre $t=20$ et $t=30$;
- Enfin, la fin de la crise montre une chute de cet indicateur qui sera égale à 0.

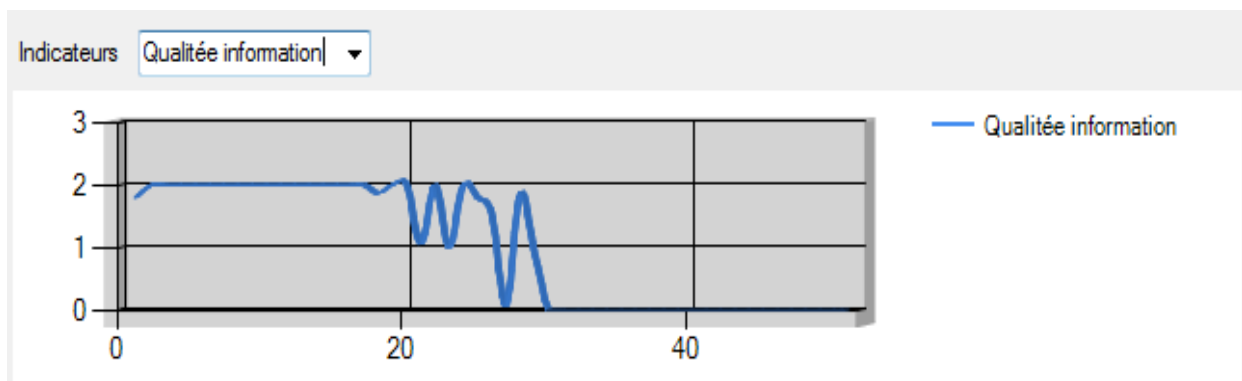


Figure 6- 5 Evolution de l'indicateur « Qualité d'information » pour tous les agents

Le même phénomène se produit pour l'indicateur « Compétence ». La figure 6-6 montre l'évolution de cet indicateur pour tous les agents (en ordonnée se trouve les valeurs des indicateurs et en abscisse le temps de la simulation). Mais les oscillations sont plus marquées que l'indicateur « Qualité d'information » de $t=0$ à $t=20$.

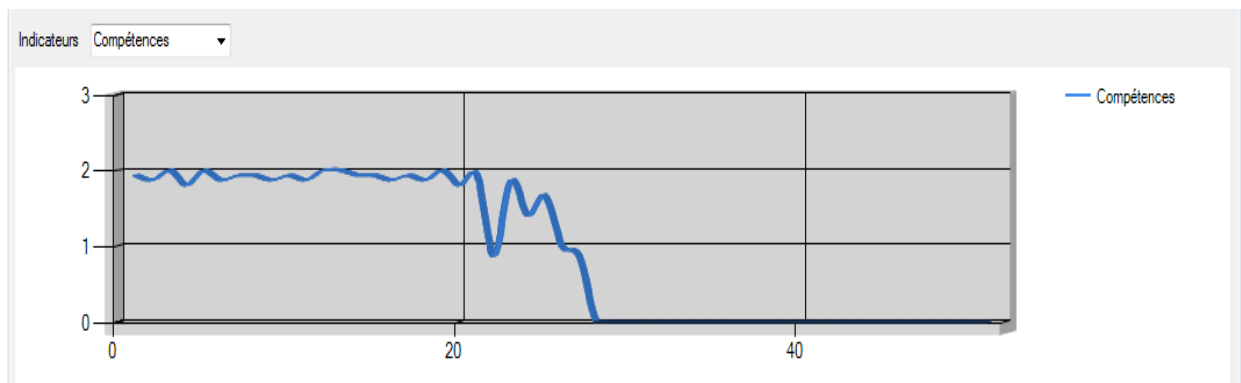


Figure 6- 6 Evolution de l'indicateur « Compétence» pour tous les agents

Enfin, la moyenne de l'indicateur « Moyens » est de 1,6 (figure 6-7). Cette moyenne est due à l'initialisation des cellules Travaux, Transport et Circulation. Nous remarquons que la courbe est stable ce qui signifie qu'aucun autre indicateur n'a de répercussions sur l'indicateur « Moyens ».

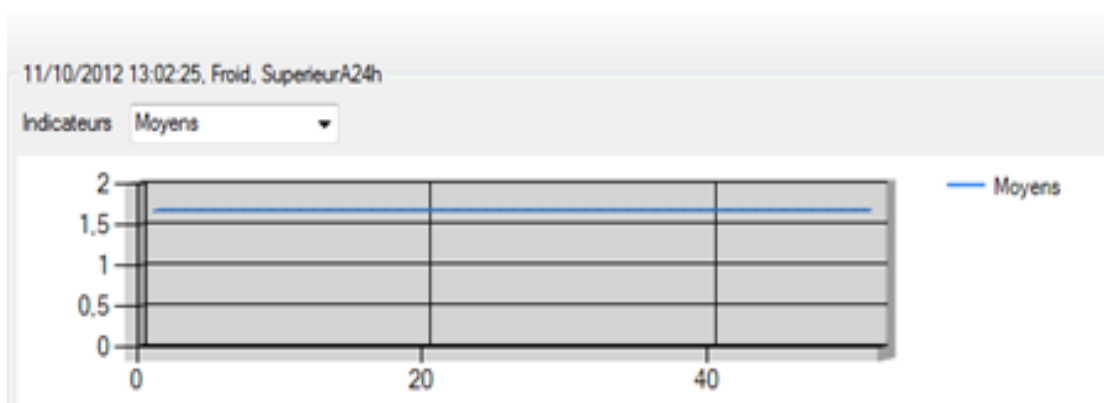


Figure 6- 7 Evolution de l'indicateur « Moyens» pour tous les agents

Les variations de ces diagrammes sont-elles liées ? L'étape trois répond à cette question.

Parcourir les agents impliqués et étudier l'évolution de tous leurs indicateurs

Cette étape vérifie les acteurs qui ont été touchés par ces messages et les répercussions sur les autres cellules. Tous les acteurs ont été confrontés, à un moment ou un autre de la simulation, à un message dégradé ou à un message non reçu, ce qui altère plus ou moins, les indicateurs des cellules.

Nous avons identifié ces acteurs en parcourant les diagrammes de l'évolution de tous les acteurs durant la crise. Dans ce scénario, par exemple, quand la cellule Pilote Déployé est sélectionnée, deux indicateurs sont impactés lors de la simulation : « Qualité d'information » et « Compétence ». L'indicateur « Qualité d'information » était égal à 2 au début de la crise et en fin de crise il a une valeur égale à 0 (figure 6-8). Nous allons analyser plus en détails l'évolution de ces deux indicateurs avec l'étape 4.



Figure 6- 8 Evolution de tous les indicateurs de la cellule Pilote Déployé

Parcourir les agents et observer les agents impactés

La quatrième étape concerne l'interprétation de l'évolution des indicateurs impactés. Dans cette simulation, l'objectif est d'observer les indicateurs « Qualité d'information » et « Compétence » tout au long de la crise.

La figure 6-9 présente l'évolution de l'indicateur « Qualité de l'information » du Pilote déployé. Ce schéma montre la variation de l'indicateur qui est fractionnée en 3 phases : une période stable de $t=0$ à $t=21$, une période d'oscillation de $t=21$ à $t=30$ et une phase égale à 0 de $t=30$ à $t=50$. La figure 6-5 de l'évolution générale de l'indicateur « Qualité d'information » et la figure 6-9 se comporte de la même manière.

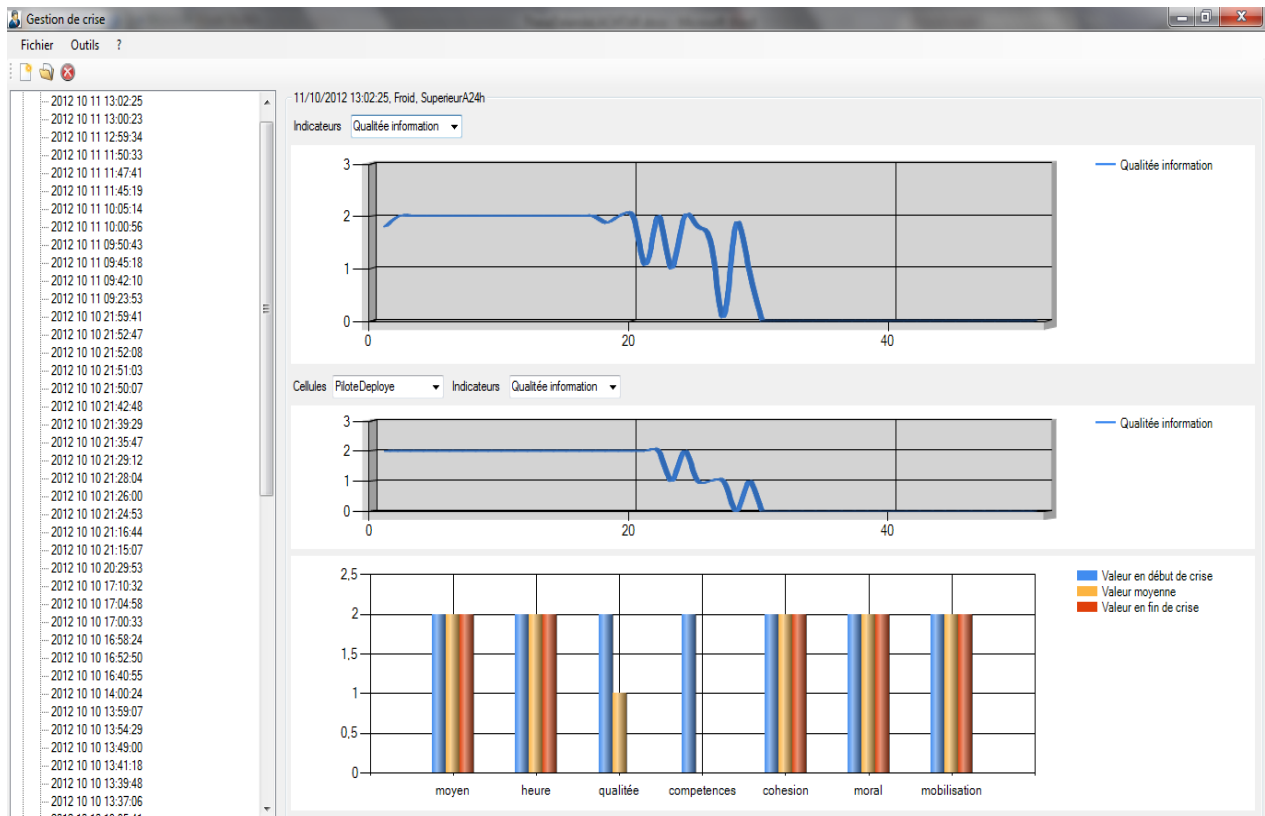


Figure 6- 9 Evolution de l'indicateur « Qualité de l'information » du Pilote déployé

De plus, ce scénario a montré que l'indicateur « Compétence » varie tout au long de la crise (figure 6-10). Cette variation peut être due pour plusieurs raisons. Premièrement, les informations qui n'ont pas été reçues par la cellule n'ont pas été traitées. Ces oscillations sont dues également aux manques de moyens qui se répercutent sur les autres cellules.

En effet, ces résultats démontrent que les cellules ont besoin de récupérer et de traiter les informations reçues par les autres cellules afin de gérer la crise et souligne aussi la dépendance de la cellule aux informations.

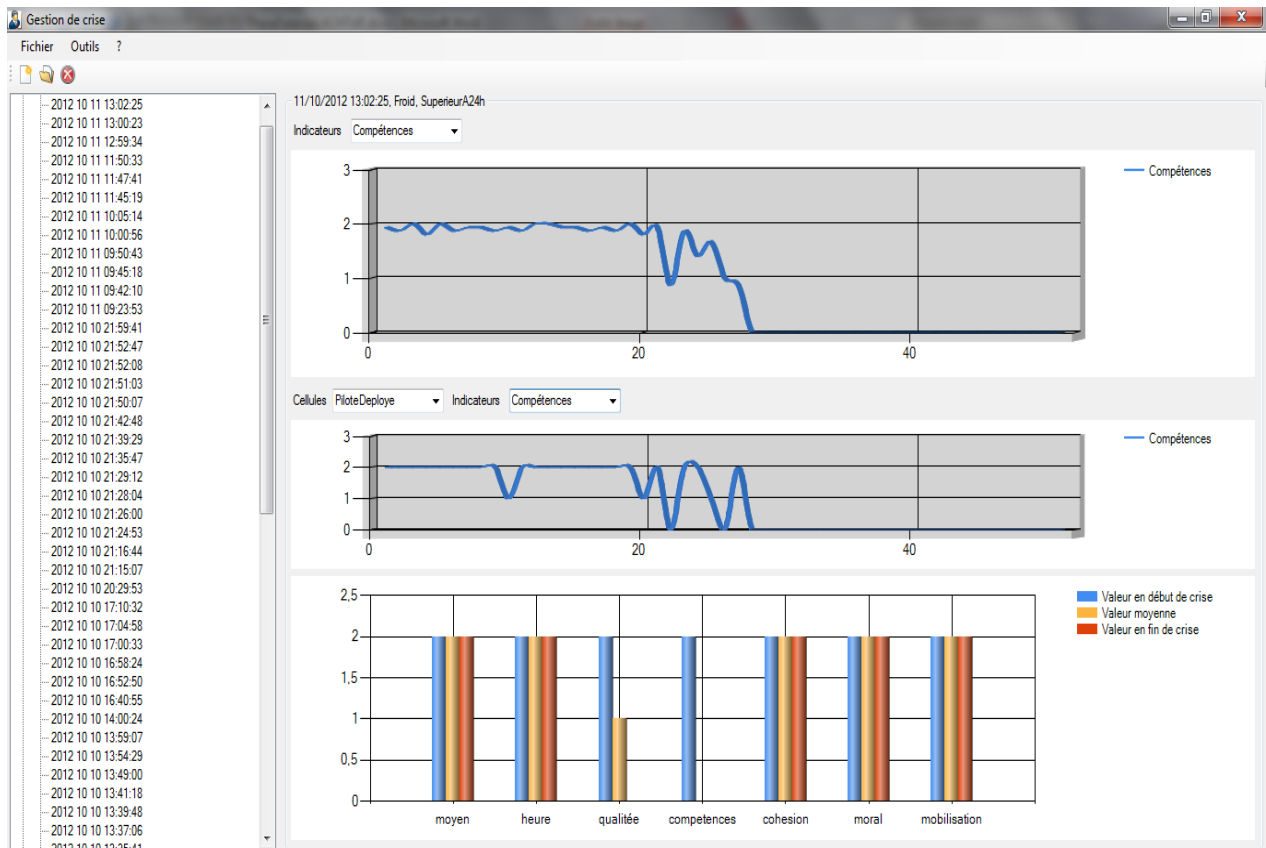


Figure 6- 10 Evolution de l'indicateur « Compétence » du Pilote déployé

Repérer les agents impactés en premiers et les répercussions sur les autres agents

Enfin la dernière étape consiste à observer les acteurs touchés en premier et les répercussions de ses indicateurs sur les autres agents. Les premières cellules impactées sont les cellules Evaluation Anticipation, Hébergement Restauration et Renseignement Déployé.

La figure 6-11 représente l'évolution des indicateurs « Compétence » et « Qualité d'information » des cellules Evaluation Anticipation et Hébergement.

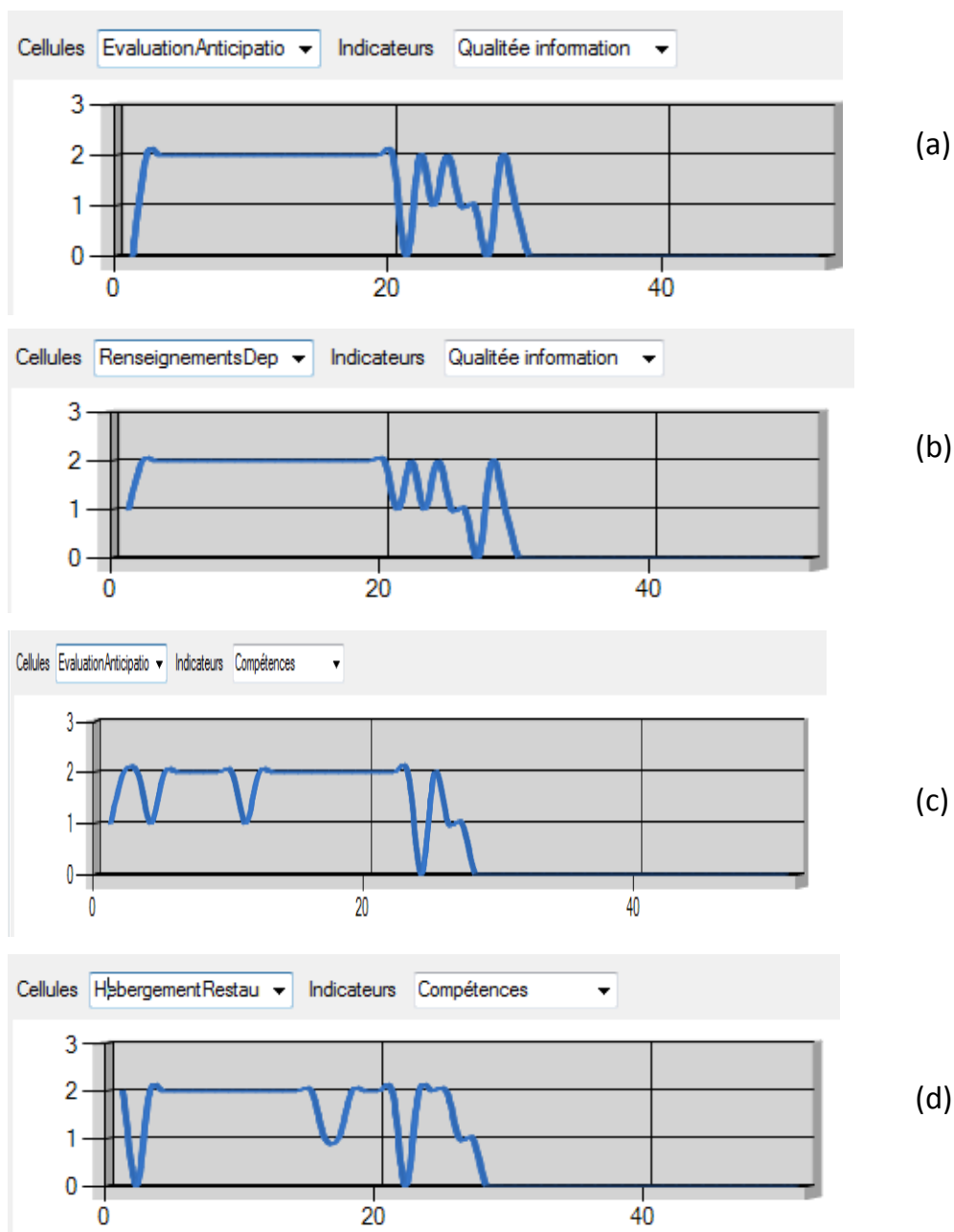


Figure 6- 11 Evolution des indicateurs « Compétence » et « Qualité d'information » des cellules Evaluation Anticipation et Hébergement.

L'évolution négative ou positive de $t=0$ à $t=1$ s'explique par les répercussions de l'agent sur lui-même. En effet, ces premiers résultats proviennent du premier comportement effectué par l'agent qui est l'analyse de ces propres indicateurs.

A la suite de ces perturbations, toutes les cellules auront la même évolution c'est-à-dire une « Compétence » et une « Qualité d'information » qui diminuent jusqu'à atteindre 0 (figure 6-12). Cela signifie que si un agent est impacté par les indicateurs « Compétence » et « Qualité d'information », tous les agents présents auront ces deux indicateurs perturbés.

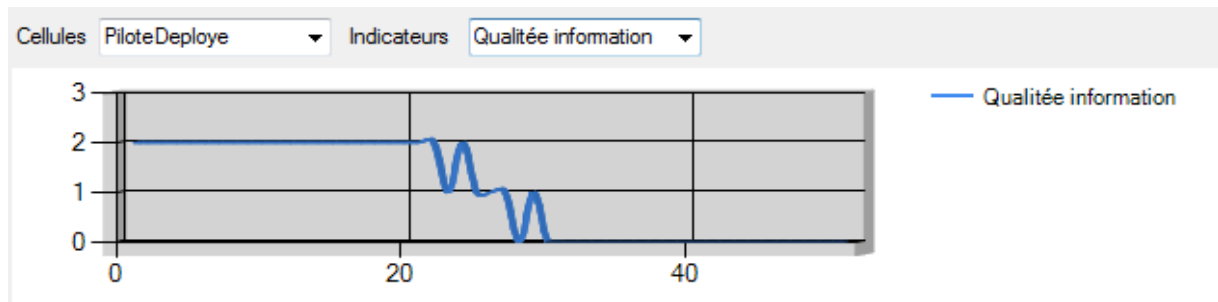


Figure 6- 12 Evolution de l'indicateur « Qualité d'information » de la cellule Pilote Déployé

Pour conclure, ce scénario montre que l'organisation est perturbée au niveau des échanges de messages. Cette perturbation est liée à deux phénomènes : l'initialisation des indicateurs « Compétences » et « Qualité de l'information » et aux messages perdus et dégradés. Pour ce type de scénario, cela signifie l'importance, lors d'une gestion de crise réelle, de surveiller et de vérifier les messages circulants au sein de la cellule.

6.3. Evaluation du prototype avec les utilisateurs

L'évaluation a été réalisée par les personnes de la commune d'étude qui utiliseront l'outil au quotidien. Elle a pour objectif de valider les différents modules de l'outil. La validation du prototype a été réalisée durant un entretien guidé avec l'utilisateur.

La réunion avait un double objectif. Le premier but était de présenter à la commune d'étude l'outil et le scénario exposé précédemment. L'utilisateur peut ainsi exprimer si le scénario est valide et si les résultats lui semblent parlants et cohérents.

Dans un deuxième temps, l'utilisateur manipule l'outil et cette manipulation permet d'identifier les limites et les apports du prototype.

Ce double objectif a été accompagné d'un questionnaire qui a été posé à l'utilisateur. Ce questionnaire est présenté sous forme d'une fiche composée de questions fermées et ouvertes. Il est divisé en 4 parties : Construction du scénario, Diagnostic, Ergonomie et Questions diverses. Les questions posées aux évaluateurs sont présentées ci-dessous :

Partie 1 : Construction du scénario

1. Le scénario proposé vous semble-t-il réaliste ? (oui/non)
2. La construction du scénario vous parait-elle intuitive ? (oui/non)
3. Les caractéristiques de la crise sont-elles complètes ?
 - *Nature de la crise* ? (oui/non)
 - *Personnes Impactées* ? (oui/non)
 - *Durée de mobilisation* ? (oui/non)
 - *Pressions extérieures* ? (oui/non)
 - *Période de l'année* ? (oui/non)
4. Suggérez-vous d'autres caractéristiques à rajouter ?
5. L'organisation proposée vous semble-t-elle cohérente ?

Partie 2 : Diagnostic

6. Trouvez-vous les résultats compréhensibles ?
7. Les résultats proposés pour le scénario sont-ils pertinents ? (oui/non)

Partie 3 : Ergonomie

8. Comment trouvez-vous l'interface de l'outil ?
 - *Agréable*
 - *Intuitive*
 - *Désordonnée*
 - *Autre, précisez :*
9. Quelles améliorations suggérez-vous ?

Partie 4 : Questions diverses

10. L'outil répond-il à vos attentes ?
 - a. Au niveau de la construction du PCS ?
 - b. Au niveau opérationnel ?
 - c. Au niveau des entraînements ?
11. Envisagez-vous d'autres utilisations de l'outil ?

Ce questionnaire a été proposé à la fin de la réunion aux utilisateurs. La synthèse des avis permettra d'améliorer l'outil pour qu'il soit le plus adapté à leur problématique.

Cette synthèse a fait remonter plusieurs points. Premièrement, concernant l'aspect construction du scénario : le scénario proposé est réaliste car inspiré des retours d'expérience. De plus, la construction du scénario est intuitive car l'enchaînement des fenêtres est logique. Les paramètres proposés leur semblent convenables mais certains points sont à revoir comme la nature de la crise. Les utilisateurs trouvent les propositions de celle-ci incomplètes et proposent les événements suivants : Feu de forêt, Effondrement d'Immeuble, Rupture d'Alimentation (Eau potable)...

De plus, ils souhaiteraient que lorsque l'utilisateur clique sur la nature de la crise « autres » une fenêtre apparaisse pour créer un nouvel événement. Il conviendrait ainsi de rendre le logiciel un peu plus ouvert à l'utilisateur pour qu'il puisse modifier lui-même certaines fonctionnalités.

Par contre, l'organisation proposée n'est pas tout à fait similaire à l'organisation de la ville d'étude. Cette différence est imputée à une nouvelle organisation qui a été établie par la ville d'étude mais qui ne nous a pas été transmise avant la séance de travail. Néanmoins, seules deux cellules seront modifiées (les cellules Co-Pilote et Communication) et ces modifications n'interféreront pas sur l'algorithme de l'outil.

Deuxièmement, les questions relatives aux diagnostics des résultats n'ont pu être complètement traitées par manque de temps. Cependant, une partie d'entre eux a été traitée par les personnes sollicitées hors de la période de test. Pour compléter ces résultats, une séance spécifique sera proposée pour aider les opérateurs à l'analyse de l'ensemble des résultats de simulations. Cette séance sera intégrée à un module de formation qui sera proposé à la ville d'étude pour l'aider à s'approprier le logiciel.

En ce qui concerne l'ergonomie de l'interface, quelques petites imperfections sont à corriger mais l'outil reste quand même agréable et intuitif à utiliser : quelques explications doivent être fournies ainsi que l'ajout des titres sur les diagrammes.

Les utilisateurs ont aussi trouvé que l'outil répond à leur attente pendant les entraînements mais qu'il pourrait aussi être utilisé au niveau opérationnel, comme par exemple pour savoir quelle cellule pourra intégrer un nouvel acteur pour que l'organisation ne soit pas déstabilisée.

Il a aussi été demandé d'améliorer l'interface par l'ajout d'un module d'impression pour imprimer les diagrammes utiles et faciliter ainsi l'interprétation des résultats.

Enfin, un dernier point d'amélioration a été évoqué : il s'agit de réitérer la même simulation plusieurs fois pour analyser le comportement d'un même scénario de manière à vérifier la stabilité de l'organisation proposée. En effet, une même simulation peut ne pas donner le même résultat. L'application d'un processus itératif lors de la simulation donnera la tendance du comportement de l'organisation de la cellule de crise selon des paramètres statistiques simples comme la moyenne ou la médiane des valeurs des indicateurs de performance. A partir de ces résultats, l'utilisateur pourra définir les actions à mettre en place.

6.4.Limites et apports de la méthode de mesure de la performance organisationnelle d'une cellule de crise Communale

La méthode de mesure de la performance organisationnelle d'une cellule de crise communale est utilisée ici pour appréhender la complexité de l'organisation de la cellule de crise. Par le biais de l'application de la méthodologie sur un terrain d'étude certaines limites ont été rencontrées.

La première limite concerne la construction du système en utilisant l'approche systémique. Cette conception doit être faite par un analyste qui a des connaissances sur la structure du système et sur les effets constituant le système étudié. Il est conseillé de modéliser le système avec plusieurs experts impliqués dans le but de produire un modèle le plus complet et réaliste possible.

De plus, cette étape peut être longue et se fait sur plusieurs niveaux de l'organisation : la récolte d'information (par l'analyse des documents et par l'observation), la validation des informations, la modélisation et la validation de la modélisation. L'étude se faisant dans une collectivité territoriale et sur une longue période, un changement d'organisation peut se produire à plusieurs reprises ce qui rend la validation difficile puisque l'analyste pourra être confronté à devoir rapidement mettre à jour son modèle.

Le but ultime de ce projet est de proposer un système d'aide à la décision permettant au décideur de recueillir assez d'information pour prendre sa décision. Or, un SAD n'est pas un système unique qui permet à partir des informations de prendre des décisions. Comme l'a souligné Lapierre (1973 ; 1992), « la régulation homéostatique n'existe pas dans les systèmes

sociaux », ce qui signifie que le décideur ne doit pas se fier uniquement à l'outil informatique mais qu'il doit aussi analyser l'environnement et le contexte de crise. Ces deux aspects pourraient aussi être pris en compte dans le prototype.

La quatrième limite concerne le choix des indicateurs. Certaines crises peuvent être déstabilisées par les aspects financier, économique et politique. En effet, la cellule de crise peut avoir une pression exercée par des situations, des organisations ou des personnes externes. Ces derniers priorisent des actions pour les aspects cités précédemment. Ces notions n'ont pas été étudiées dans ce projet de thèse mais elles peuvent être importantes pour l'organisation de la cellule de crise. Leur prise en compte pourra être un point d'amélioration.

Les apports de ce travail de thèse, discutés ci-après, concernent à la fois la démarche méthodologique et l'intégration de cette méthodologie dans un outil informatique dédié aux pratiques de gestion de crise des communes.

Apports de la démarche méthodologique

La démarche méthodologique permet d'analyser la complexité d'un système, de fixer des objectifs et d'éviter certaines erreurs dans la prise de décision. Cette démarche a la particularité d'appréhender un système qui est particulièrement difficile à concevoir selon la logique habituelle.

Le développement de cette démarche inclut le concept de gestion de crise et permet à l'analyste de modéliser ce système pour l'analyser et le comprendre.

De plus, la modélisation a l'avantage d'être compréhensible par l'expert mais aussi par un non expert. En effet, le langage utilisé présente les modèles de manière communicable et exploitable.

Par son aspect général, la démarche méthodologique peut être réutilisée dans le cadre de l'étude d'une organisation communale ou d'une autre cellule de crise.

Contributions de l'outil informatique

L'outil informatique est un moyen pédagogique et formateur à la gestion stratégique de crise. L'objectif de cet environnement est de permettre au décideur de s'entraîner sur des scénarios

inconnus. Contrairement aux exercices de simulation à grandeur nature, ce prototype a la possibilité de reproduire et de répéter les scénarios à moindre coût.

Bien que cet outil consiste à simuler les acteurs d'une gestion de crise et peut être utilisé au niveau stratégique en amont de la crise pour repérer les failles de l'organisation, il peut aussi être déployé lors d'une gestion de crise, par certaines cellules (par exemple la cellule Pilotage ou Evaluation Anticipation) pour évaluer et anticiper l'organisation à l'instant t ou $t+1$.

La collaboration avec les experts rend la méthodologie cohérente avec la réalité. Cette collaboration a fait émerger de nouvelles pistes de travail pour l'amélioration du système qui seront présentées dans les perspectives de recherche (cf. 6.4).

6.5. Perspectives de développement de la méthode d'analyse de la performance organisationnelle d'une cellule de crise communale

Dans le but de fournir une méthode d'évaluation de la performance organisationnelle d'une cellule de crise communale robuste, plusieurs améliorations peuvent être apportées.

La définition de la méthodologie, la modélisation du système, la définition de la conception de l'outil et des indicateurs de performances, et l'outil ont été validés par les encadrants de recherche et par la ville d'étude. Mais malheureusement, par faute de temps, les remarques remontés relatives au prototype n'ont pu être encore intégrée. Cette étape se fera très prochainement afin que l'outil puisse répondre aux principales attentes de la commune d'étude.

Comme évoqué dans les limites de la méthode, le comportement de la cellule de crise est caractérisé par les indicateurs de performance définis dans ce projet mais aussi par l'influence externe. Il devra donc être nécessaire d'analyser la sensibilité des résultats par rapport aux valeurs des indicateurs. De plus, une évaluation de l'organisation en intégrant dans le futur cette notion de pression externe devra être faite.

Un autre point, qui semble important est l'intégration du territoire dans l'étude. En effet, la crise se passe sur une commune qui a ses sources de risques et des enjeux qui varient selon l'endroit de l'événement cela nécessitent alors une organisation et des moyens différents.

La troisième piste d'amélioration est liée au prototype. L'objectif est triple. Premièrement, certains concepts ont été définis mais n'ont pas été intégrés dans l'outil, comme par exemple la pression externe et la période de la crise. Il serait intéressant de les intégrer et de comparer le comportement de l'organisation avec ces paramètres.

Deuxièmement, les comportements des agents se réalisent à la suite de la réception des messages reçus contenant des indicateurs de performance. Ces comportements sont généralisés à tous les agents. Il semble intéressant de reprendre les caractéristiques de chaque agent et de les intégrer pour qu'il soit plus autonome et pour qu'il agisse selon sa propre vision de l'environnement.

Troisièmement, il est intéressant de travailler sur la maintenabilité et la réutilisation de l'outil et de l'étendre vers un outil général. En effet, une organisation à un instant t peut ne pas être la même à un instant $t+1$ soit pour des raisons administratives par exemple, soit parce que l'étude se porte sur une autre commune dont l'organisation de crise peut être sensiblement différente de celle étudiée... Il serait souhaitable de faire évoluer l'outil en laissant la potentialité à l'utilisateur de modifier les acteurs, les interactions, les fonctionnements et le comportement de la cellule de crise.

CONCLUSION GENERALE

Lors d'une crise, une cellule de réflexion communale est créée dans le but de conseiller et de proposer au maire des actions pour limiter les effets du sinistre. Elle joue deux rôles :

- elle rassemble les informations nécessaires à l'analyse de l'événement ;
- elle est le point de prise de directive pour la gestion de crise.

L'étude de l'existant en matière d'analyse de la performance organisationnelle a permis de constater qu'une organisation est déstabilisée dès lors qu'un facteur de cette organisation est perturbé. On constate aussi que la gestion de crise n'est pas seulement liée à l'origine de la crise ou à la compétence des personnes impliquées. Des perturbations peuvent intervenir entre les acteurs de la cellule de crise et peuvent fragiliser l'établissement ou l'application de la réponse apportée.

Pour gérer la crise au mieux, des procédures ont été mises en place par l'Etat mais doivent se rajouter à ce dispositif les notions de perception, de communication et de coopération des parties prenantes.

Les travaux de recherche menés dans le cadre de cette thèse ont pour objectif de définir les facteurs perturbateurs pouvant déstabiliser l'organisation, et de proposer une approche visant à construire un Système d'Aide à la Décision (SAD) dédié à l'étude de la performance organisationnelle d'une cellule de crise communale.

L'état de l'art en matière d'analyse organisationnel des cellules de crise communale a permis d'identifier trois axes :

- La crise et la gestion de crise : le premier chapitre, au travers de l'état de l'art, a défini le contexte de la crise et de la gestion de crise pour mettre en avant les caractéristiques de cette étude. Il décrit, notamment, les dispositifs législatifs et organisationnels pour qu'une commune puisse faire face à un événement d'urgence. Ce chapitre conclue sur le rôle majeur que peut jouer l'organisation pour gérer la crise ;
- La performance organisationnelle : le chapitre 2 a caractérisé, en introduisant le concept d'organisation, la notion de performance organisationnelle. En s'appuyant sur l'état de l'art, ce chapitre a mis en évidence les indicateurs de performance d'une organisation de crise et l'outil permettant de la mesurer. Le tableau de bord standard a été choisi pour être l'outil d'intégration et d'analyse des indicateurs de performance. Il ressort de ces deux axes les questions suivantes : Existe-t-il des paramètres permettant d'évaluer la performance de la cellule de crise ? Comment peut-on évaluer la capacité d'une organisation dans le but de la rendre performante ? Enfin, quel est le rôle de la communication dans la prise de décision ?
- Le chapitre 3 a répondu à ces questionnements en présentant les concepts de la systémique pour modéliser et comprendre l'organisation d'une cellule de crise communale. Cette approche se divise en deux parties :
 - La modélisation et la spécification du système qu'est la cellule de crise communale. UML a été choisi dans ce projet pour mettre en évidence les propriétés, les paramètres et les interrelations d'une organisation de cellule de crise ;
 - La modélisation et la conception d'un outil à base d'agents pour simuler l'organisation. Cette modélisation reposera sur un Système d'aide à la décision fondé sur le Système Multi Agents.

En s'appuyant sur ces trois axes, le chapitre 4 propose la définition d'une méthode d'aide à la décision pour évaluer la performance organisationnelle d'une cellule de crise communale. Cette méthodologie propose un support et un guide pour la prise de décision en matière d'organisation pour la réponse à une situation d'urgence et ce, au niveau stratégique (cellule de crise).

Ce travail repose ainsi sur l'approche systémique et sur la mise en œuvre d'une approche d'ingénierie système, qui s'appuient sur les étapes suivantes :

- l'observation : elle permet d'identifier le système, son environnement et les communications entre cellules. Elle permet aussi de déterminer les premières failles du système ;
- la modélisation statique, permet de faire une carte représentative du système. Cette modélisation est un moyen de décrire, de manière formelle selon un standard, la cellule de crise et de valider cette modélisation avec les acteurs concernés ;
- l'identification des indicateurs : ils sont définis en collaboration avec la ville d'étude pour identifier les points forts et faibles de la cellule de crise ;
- la modélisation dynamique : avec l'aide des outils informatiques, la modélisation dynamique simule le comportement du système. Le recours aux tableaux de bord permet d'intégrer les résultats des simulations dans un cadre formel pour en faciliter leur exploitation.

Ce chapitre a également présenté la ville d'étude et la mise en application de la méthode. Une modélisation du système tel qu'il est observé et tel qu'il est prescrit dans le Plan Communal de Sauvegarde a été réalisée. Ces deux modélisations ont été comparées et cette comparaison a permis de détecter d'autres points de défaillance de l'organisation. Enfin, à partir de ces observations et modélisations les indicateurs de performance pouvant influencer l'organisation ont été déterminés. Le choix de ces indicateurs a été fait avec la participation de la ville d'étude.

Le chapitre 5 a présenté l'application dynamique de cette thèse reposant sur les Systèmes Multi Agents (SMA). Il décrit les fonctions et les propriétés composant le logiciel. Cet outil simule une situation de crise mettant en scène des agents communaux. Le prototype se décompose en trois modules interconnectés : Le noyau agent, l'interface utilisateur, l'enregistrement. Deux types d'agents ont été distingués dans l'outil : l'agent central qui est l'agent modérateur et les agents cognitifs qui ont pour rôle de récupérer les informations de l'agent central, de les traiter et de les gérer.

L'interface utilisateur permet à l'utilisateur d'interagir avec l'outil de simulation. Elle a une double fonctionnalité : la création d'un scénario de crise par l'utilisateur et l'analyse des résultats sous forme d'un tableau de bord. L'emploi des graphes permet d'analyser les comportements de la cellule de crise et d'identifier les failles de l'organisation. Le module enregistrement permet de sauvegarder les scénarios dans le but de les réutiliser ultérieurement

et ainsi garder une traçabilité des séances de travail. Cette dernière est essentielle pour l'utilisation du prototype dans un processus d'apprentissage ou d'expertise pour des retours d'expérience.

Enfin, le chapitre 6 présente l'expérimentation de l'outil sur un retour d'expérience. Les premiers résultats ont permis de corriger les erreurs de calculs et de valider le prototype. De plus, une validation de l'outil a été réalisée aux cours de cette recherche qui a permis d'identifier les limites et les perspectives de recherches et développements.

Références bibliographique

Abi Azar J., 2005, Les outils de contrôle de gestion dans le contexte des PME : cas des PMI au Liban , Numéro d'attribution : n° 20050062, Manuscrit auteur, publié dans "Comptabilité et Connaissances, France (2005)"

Adam E., Mandiaur R., 2007, Flexible roles in a holonic multi-agent system. V. Marik, V. Vyatkin, A.w. Colombo (Ed.), Holonic and Multi-Agent Systems for Manufacturing, Third International Conf. on Industrial Applications of Holonic and Multi-Agent Systems, HoloMAS 2007 (Regensburg, Germany, September 3-5, 2007), vol. 4659, Lecture Notes in Computer Science (LNCS), Springer-Verlag, pp. 59-70, septembre.

AFIS, Association Française d'Ingénierie Système, consulté le 23/08/2012
<http://www.afis.fr/nm-is/Pages/Management%20des%20risques/Management%20des%20risques.aspx>

AFSCET, 2003, Donnadiou G., Durand D., Neel D., Nunez E., Saint-Paul L., L'Approche systémique : de quoi s'agit-il ? Synthèse des travaux du Groupe AFSCET " Diffusion de la pensée systémique"

Allègre C-B., Andréassian A-E., Augry S., Bouny M., 2008, Gestion des Ressources Humaines, valeur de l'immatériel, 364 pages. Gestion des ressources humaine, Broché, ed. De Boeck, collection Manger RH

Aloui S., 2007, Thèse: Contribution à la modélisation et l'analyse du risque dans une organisation de santé au moyen d'une approche système, l'Ecole des Mines de Paris

Alvarez J.,2007, Du jeu vidéo au serious game : approche culturelle, pragmatique et formelle, Thèse de doctorat, Spécialité science de la communication et de l'information, Université Toulouse II

Ammons D. N., 1995, Overcoming the inadequacies of performance measurement in local government: The case of libraries and leisure's services, *Publics Administration Review*, Vol. 55 n°1, pp. 37-47

Ammons D. N. & Rivenbark W. C. , 2008, Factors influencing the use of performance data to improve municipal services: Evidence from North Carolina Benchmarking project, *Public Administration Review*, Mars/April 2008

Arnott D., Pervan G., 2008, Eight key issues for the decision support systems discipline, volume 44, pages 657–672, Amsterdam, The Netherlands,

Aubert-Lotarski, Agir en situation complexe,2002, L'Approche systémique, Note de synthèse 4,
http://www.esen.education.fr/fileadmin/user_upload/Contenus/Profils/gapfpe/kits/grh_app/notes_synthese/note_4_approche_systemique.pdf

Bellamine-Bensaoud N., Ben Mena T., Dugdale J., Pavard B., Ben Ahmed M., 2006, Assessing large scale emergency rescue plans: an agent based approach, 2006, *The International Journal of Intelligent Control and Systems*, World Scientific, Vol. Vol.11 N. 4, p. 260-271, décembre 2006.

Bellifemine F., Poggi A., Rimassa G., 1999, « JADE – A FIPACompliant agent framework », *Proceedings of PAAM'99*, London, April 1999, pages.97-108.

Berger P., <http://philippe.berger2.free.fr/automatique/cours/sadt/sadt.htm>, consulté le 27/08/2012

Bertalanffy L., 1956, "General Systems Theory" in *General Systems Yearbook* 1

Bezivin J., Gerbé O., 2001, Towards a Precise Definition of the OMG/MDA, presented at ASE'01, Automated Software Engineering, San Diego, USA, November 26-29, 2001.

- Bienvenu M. 2006-2008, Instructor for online course "Introduction to Artificial Intelligence" Institution: Université de Provence, Marseille, France,
http://www.lri.fr/~meghyn/papers/cours_IA.pdf (consulté le 29-10-2012)
- Boin A., Lagadec P, 2000, Preparing for the future : critical challenges in crisis management, *Journal of Contingencies and Crisis Management*, Vol. 8, N°4, pp.
- Bouloiz H., Garbolino E., Tkiouat, M., 2010, Contribution of a systemic modeling approach applied to support risk analysis of a storage unit of chemical products in Morocco, *Journal of Loss Prevention in the Process Industries* 312-322
- Bouquin H., 2003, *Le contrôle de gestion*, PUF, Broché: 526 pages, Editeur : Presses Universitaires de France - PUF; Édition : 8e édition (27 février 2008) Collection : Gestion , Langue : Français, ISBN-10: 2130567037, ISBN-13: 978-2130567035
- Bouquin H., 1989, *L'encyclopédie de gestion*, Editions Economica
- Bourguignon A., 1995, «Peut-on définir la performance ? », *Revue Française de Comptabilité*, n° 269, juillet-août, p. 61-66
- Boya C., 2010, Note théorique sur la quantification du besoin informatif en Intelligence Économique , *Revue internationale d'intelligence économique (Vol 2)*, p. 191-199. URL : www.cairn.info/revue-internationale-d-intelligence-economique-2010-1-page-191.htm.
- Brown R. E., Pyers B. J. , 1988; Teeth into the efficiency and effectiveness of public services, *Public Administration Review*, Vol. 48 n°3, pp. 735-743
- Burkhardt, J. M., 2003, *Réalité virtuelle et ergonomie : quelques apports réciproques*, *Le travail humain* 66(1):65-91.
- CabinetOffice. *Civil Contingencies Act 2004: a short guide (revised October 2005)*, October 2005
- Cambon J., 2007, *Vers une nouvelle méthodologie pour mesurer la performance du système de management de la Santé-Sécurité au Travail*, Thèse, Ecole des mines de Paris

Cardon A., 2004, Etude de la conception et du contrôle comportemental d'une organisation massive d'agent. 1- LIP6, Laboratoire d'informatique de Paris VI, Thème OASIS UPMC Case 169, 4 Place Jussieu 75252 Paris Cedex 05. 2- LIH, Faculté des Sciences Université du Havre, 76057 Le Havre Cedex. Alain.Cardon@lip6.f. <http://e-nautia.com/nellexus/disk/SYS%20MULTI-AGENTS/Robot.pdf>

CCG, Table Ronde de recherche-action du CCG sur la gestion de crise, 2003, Crisis and emergency management, a guide for managers of the Public Service of Canada. «Présidée par André Gladu » ISBN 0-662-67503-7 No de cat. SC94-101/2003, La gestion des crises et des situations d'urgence : un guide pour les gestionnaires de la fonction publique du Canada

Certu – Centre d'études sur les réseaux, les transports, l'urbanisme et les constructions publiques, 2007, Une introduction à l'approche systémique, Appréhender la complexité, Commanditaires : Frédéric Lasfargues (Ex-Certu) Christophe Dalin (Certu), Rédactrice : Aurore Cambien (Certu/ URB-Our), Relecteurs assurance qualité : Dalin Christophe Frédéric Lasfargues Jean Charles Castel Nicolas Vernay (Partie philosophique)

Chaib-Draa B., 1996, A Hierarchical Model of Agent Based on Skill, Rules, and Knowledge, In Advances in Artificial Intelligence, 11th Biennial Conf. on AI, Toronto, Canada, Springer Verlag, LNAI 1081, McCalla (Ed.), Berlin, 1996.

Charpenter L. V., Feroz H. E., 2001, Institutional theory and accounting rule choice: An analyse of four US State governments decisions to adopt Generally Accepted Accounting Principles”, Accounting organization and Society, Vol. 26, pp. 565-596

Chen Y-F., Borodzicz E., 2006, Can training exercises facilitate the capability to respond to disasters?, AEG2006 Paper number 708

CIGREF, 2007, Indicateurs Sécurité, Guide pratique pour un tableau de bord sécurité

Coombs, W. T. , 2007, Protecting organization reputations during a crisis: The development and application of situational crisis communication theory. Corporate Reputation Review, 10(3), 163-176.

Crocq L., Huberson S., Vraie B., 2009, Gérer les grandes crises sanitaires, écologiques, politiques et économiques, Odile Jacob.

Crozier, M., Friedberg, E., 1981, L'acteur et le système : les contraintes de l'action collective, Editions du Seuil.

Crozier, M., Friedberg, E., 2009, Sociologie des organisations et analyse stratégique, p.28

CSPS EFPC, 2003, http://www.cspc-efpc.gc.ca/About_Us/pdfs/P117_f.pdf, consulté le 15/06/2012

Dautun C., 2007, Thèse : Contribution à l'étude des crises de grande ampleur: Connaissance et aide à la décision pour la Sécurité Civile, Ecole Nationale Supérieure des Mines, Saint-Etienne, p.271

DDSC, 2006, Statistiques financières des SDIS éd. 2007

De Grazia A., 1985, A Cloud over Bhopal- Causes, Consequences and Constructive Solutions, HTML (ISBN 0-940268-09-9)

De La Villarmois O., 2001, Le concept de performance et sa mesure : un état de l'art, Les Cahiers de la Recherche, Centre Lillois d'Analyse et de Recherche sur l'Evolution des Entreprises <http://odlv.free.fr/documents/recherche/crperf.PDF>

De Rosnay J., 1975, Le Macroscope, vers une vision globale, Points, Seuil

Desreumaux A., 1992, Structure d'entreprise; Analyse de gestion, Vuibert Gestion

Devirieux C J, 2007, Pour une communication efficace: entre les personnes, dans les groupes, avec les médias, en temps de crise, PUQ, 2007, ISBN 2760514803, 9782760514805, 195 pages

Dewey J., 1967, Logique. La théorie de l'enquête , P.U.F. Paris.

Donjean C., 2006, La communication interne, Illustré par Jacques Sondron, Edipro, 2006, ISBN 2930287748, 9782930287744, 254 pages

Donnadieu G., Karsky M., 2002, La systémique, penser et agir dans la complexité.
Paris : Editions de liaisons.

Duke, R., Greenbalt, C., 1981, Principles and Practices of Gaming Simulation,
Londres: Sage.

Durand D., 1992, La systémique, Que-sais-je ?, Presses Universitaires de France,
p.126

Faucher C., Bertrand F., Lafaye J-Y., 2008, Génération d'ontologie à partir d'un
modèle métier UML annoté, publié dans "RNTI 12 (2008) 65--84", Soumis le :
Vendredi 26 Février 2010

Ferber J., 1995, Les systèmes multi-agents : Vers une intelligence collective.
InterEditions, Paris

Ferguen A., 2012,
http://perso.limsi.fr/jps/enseignement/examsma/2005/1.plateformes_3/indexFerguen.html#Ref (consulté Fevrier 2012)

Fernandez V., Picory C. et F. Rowe ,1996, Diversité, cohérence et pertinence des
outils de gestion : le cas des PME d'Ile de France , in ECOSIP, Cohérence, pertinence
et evaluation, Economica, p. 207-226

Fernandez A. , 2010, Les nouveaux tableaux de bord des managers Le projet
décisionnel dans sa totalité Editions d'Organisation 476 pages (4e édition)

Fernandez, 2004-2012, <http://www.le-perfologue.net>

Flaus J.M, Berthelie E., Giannoccaro F., 2010, Modélisation de systemes
organisationnels pour l'analyse des défaillances : application au plan de sauvegarde
communal. 8^e Conférence Internationale de MODélisation et SIMulation - OSIM'10 -
10 au 12 mai 2010 - Hammamet - Tunisie « Evaluation et optimisation des systèmes
innovants de production de biens et de services »

Folz D. H. , 2004, Service Quality and Benchmarking the Performance of Municipal
Services, Public Administration Review, Vol. 64 n°2, March/April, pp. 209-220

Forrester J.W., 1961, La dynamique des systèmes, Cambridge, Mass., The MIT Press

Fougères A-J., 2003, Modèle de communication pour des agents d'assistance dans les systèmes complexes, publié dans "SETIT'03, Sousse : Tunisie (2003)"

Framework, ASE'01, Automated Software Engineering, San Diego, USA

Freund J., 1976, Observations sur la dynamique polégomène de la crise du conflit, Communications, p.103.

Friedberg E., 2000, Comment lire les décisions?, Cultures & Conflits, 36: 151-164

Garbolino E., 2010, Modélisation dynamique des systèmes industriels à risques. Edition : Tec & Doc

Gauzente C., 2000, Mesurer la performance des entreprises en l'absence d'indicateurs objectifs : quelle validité ? Analyse de la pertinence de certains indicateurs Université d'Angers

Georgopoulos, B.S., Tannenbaum A.S., 1957, A Study of Organizational Effectiveness, American Sociological Review, vol. 22, p. 534-540

Gleyze J-F., 2002, LE RISQUE, Institut Géographique National

Gouvernement Provincial du Brabant Wallon, <http://www.crisebw.be/crise.html> consulté le 15/06/2012

Guéraud, V., Approche Auteur pour les Situations Actives d'Apprentissage: Scénarios, Suivi et Ingénierie, Habilitation à Diriger des Recherches, Université Joseph Fourier – Grenoble 1, Grenoble, Informatique, 2005.

Gutknecht, O, Ferber J, Michel F. 2000. MadKit : Une expérience d'architecture de plate-forme multi-agents génériques. Journées Francophones pour l'Intelligence Artificielle Distribuée et les Systèmes Multi-Agents, JFIADSMA'00. :223-236.
Tagged XML BibTex Google Scholar

Hansen-Glize C., 2008, De la « maîtrise » des crises. Analyste de crises Expert auprès du comité scientifique du projet ICRISIS, université de Nancy

- Herman C.F., 1963, Some consequences of crisis which limit the viability of organizations, *Administrative Science Quarterly*, 8, pp. 61-82
- Hollnagel, E. & Woods, D. D., 2005, *Joint cognitive systems: Foundations of cognitive systems engineering*. Boca Raton, FL: CRC Press / Taylor & Francis.
- Holsapple C. W., Whinston A. B., 1996, *Decision support systems*. West publishing company, New York
- Huret R., 2007, L'ouragan Katrina et l'Etat federal américain. Une hypothèse de recherche , *Nuevo Mundo Mundos Nuevos* [En línea], Coloquios, Puesto en línea el 08 mayo 2007, consultado el 08 octubre 2012. URL : <http://nuevomundo.revues.org/3928> ; DOI : 10.4000/nuevomundo.3928
- IBZ, 2008, Service public fédéral Intérieur, brochure Planification d'urgence et gestion de crise en Belgique
- IRIT, Benanben F., Lauras M., Couget P., Chapurlat V., Hanachi C., Pignon, J-P., 2007-2009, *Projet ISyCri : Caractérisation de situation de crise*
- Jacobson I., Booch G., Rumbaugh J., 1999, *The Unified Software Development Process*
- Jacques J.M., Gatot L., 1997,, « De l'incident à la catastrophe : Un modèle organisationnel », *Urgences*, Vol.16, p. 24-30.
- Juanals B., Perriault J., 2006, Plans de secours d'information et gestion de crise en situation d'urgence : une culture du risque à construire , *Communication et organisation* [En ligne], 29 | 2006, mis en ligne le 19 juin 2012, consulté le 25 septembre 2012. URL : <http://communicationorganisation.revues.org/3379>
- Kaplan R.S., Norton D.P., 1992, *The Balanced Scorecard; Measures that drive performance*, *Harvard Business Review*, January-February, p. 71-79,.
- Kaplan R.S., Norton D.P., 1998, *Le Tableau de Bord Prospectif*, Les Editions d'Organisation, Paris, réédition 2003, 311 pages.

Karagiannis G-M., 2010, thèse: Méthodologie pour l'analyse de robustesse des plans de secours industriels

Karagiannis G-M., Piatyszek E., Flauss, J-M, 2010. Méthodologie pour l'analyse de robustesse des plans de secours industriels

Karsky M, .2004, La dynamique des systèmes complexes ou la systémique de l'ingénieur, référence AG1565.

Kebair F., 2009, Thèse : Modélisation multi agent de postes de commande coordonnateurs de prise de décisions stratégiques.

Kebair F., Serin F., 2009. Agent-Oriented Approach for Detecting and Managing Risks in Emergency Situations. In Proceedings of the 3d International Conference on Complex Systems and Applications (ICCSA) - Le Havre, France, pages 134–139.

Keen P.G., Scott-Morton M.S., 1978, Decision support systems: An organizational perspective. Reading, Massachusetts : Addison-Wesley

Kirkpatrick Library J C., 2008, Emergency Operations Plan (EOP), University of Central Missouri Warrensburg, Missouri, Revised April 2006*; April 2008, by the Library Services Emergency Operations Committee: Cathy Clear, Karen Fiegenbaum, Teresa Heater, Chuck McBroom, Ashiqur Rahman, Cheryl Riley, and Barbara Wales, Chair. (2006) Eddy Agueros, Sudan Bhattarai, Karen Fiegenbaum, Teresa Heater, John Leslie, Cheryl Riley, Chair, and Steve Sobaski (2008)

Kloot L., Martin J. , 2000, Strategic performance management: A balanced approach to performance management issues in local government, Management Accounting Research Vol. 11, pp 231-251

Knabb R.D, Rhome J.R., Brown D.P., 2005, Tropical Cyclone Report Hurricane Katrina, 23-30 August 2005, National Hurricane Center, 20 December 2005

Kwon, O & Yoo, K. & Suh, E., 2005, « UbiDSS: a proactive intelligent decision support system as an expert system deploying ubiquitous computing technologies », Expert Systems with Applications, Vol. 28, no1, pp.149-162.

Kravitz J H., Peluso R G., 1986, Crisis Management Training: Preparing Managers for Mine Emergency Operations, Challenges and Opportunities: From Now to 2001, Howard F. Disbury, Jr. (Editor), Bethesda, Maryland: The World Future Society

Lachtar D., Garbolino E., 2011, Performance Evaluation of Organizational Crisis Cell: methodological proposal at communal level. ESREL 2011, 18-22 September, Troyes, France.

Lachtar D., Garbolino E., 2012., Performance Assessment of Crisis Management Plans with the Contribution of multi-agent Systems, CISAP5 5th, 3- 6 June 2012, AIDIC, Milan

Lagadec P., 1980, Le risque technologique majeur Politique, risque et processus de développement docteur en science politique collection futuribles

Lagadec P., 1991, La gestion des crises. Outils de réflexions à l'usage des décideurs, Ediscience International, Paris, 326p.

Lagadec P., 2007, Leçons sanitaires et hospitalières de l'ouragan Katrina, Gestion des risques • Enjeux hospitaliers n°6 •

Lagadec P., 2008, La grande décision : Capitulation ou invention, face aux événements extrêmes, http://www.patricklagadec.net/fr/pdf/La_grande_decision.pdf

Lagadec, P., <http://www.patricklagadec.net/>

Le Gallou F., 1993, Systémique. Théorie et applications. Editions Tec Et Doc.

Le Moigne J.L., 1977, La théorie du système général: théorie de la modélisation, PUF, publication de l'édition 1994, 2006

Lee L.C., Ndumu D.T., Nwana H.S., 1998, ZEUS - An Advanced Tool-Kit for Engineering Distributed Multi-Agent Systems, in Proceedings of the Practical Application of Intelligent Agents and Multi-Agent Systems, p. 377-392, London

Lebraty J.-F., 2006, Les systèmes décisionnels Dans Encyclopédie de l'informatique et des systèmes d'information (2006) 1338-1349 [halshs-00264398 - version 1]

Libaert T., 2003, Crise : 10 définition, 20 citations, 30 livres, 40 articles, 50 principes, 60 crises majeures, 70 mots clés, 80 questions, Disponible sur www.communication-sensible.com

Lorino P., 2001, Le Balanced scorecard revisité: Dynamique stratégique et pilotage de la performance. Exemple d'une entreprise énergétique. Publié dans "22ÈME CONGRES DE L'AFC, France"

Lorino P., 2003, Méthodes et pratiques de la performance - Le pilotage par les processus et les compétences 3ème édition, ORGANISATION (ÉDITIONS D')
BROCHÉ PARU LE : 08/07/2003

Lucas-Conwell F., 2008, <http://grir.netcipia.net/xwiki/bin/view/Main/GestionPerfo>,
Version 1.14 last modified by Frederic Lucas-Conwell on Apr 25, 2008 at 14:56 PDT.
Initially created by Frederic Lucas-Conwell

Malina M.A., Selto F.H., 2004, Choice and change of measures in performance measurement models, Management Accounting Research, Vol. 15, pp. 441-469.

Man Hon Y., Kollmann M., 2006, Simulation and Verification of UML-based Railway Interlocking Designs, Institute of Information Systems Technical University Braunschweig 38106 Braunschweig, Germany Short presentation at AVoCS

Marguin J., 2002, Approche systémique des crises et aide à la décision stratégique, Revue l'Armement, N°77, p155-161

Mc Entire D.A., 2003, Searching for a holistic paradigm and policy guide: A proposal for the future of emergency management, International Journal of Emergency Management, Vol. 1, N°3, p. 298-308.

Meinadier J-P, 1998, Ingénierie et intégration des systèmes, Hermes.

Mémento. 2008, Mémento du maire et des élus locaux.

Miche E., Perinet R., Ω 20 Programme 181, 2009, Démarche d'évaluation des Barrières Humaines de Sécurité - - DRA 77 : Maîtrise des risques accidentels par les

dispositions technologiques et organisationnelles) URL :

<http://www.ineris.fr/centredoc/omega-20-barrieres-humaines-v2-2009-web.pdf>

Ministère de l'intérieur, 2006, Le centre opérationnel de gestion interministérielle des crises – COGIC

http://www.interieur.gouv.fr/sections/a_1_interieur/defense_et_securite_civiles/gestion_risques/cogic, consulté le 23/08/2012

Mintzberg, H., 1994, Structure et dynamique des organisations, Les Editions d'organisation, Paris

Moine A., 2006, Le territoire comme un système complexe : un concept opératoire pour l'aménagement géographique, L'Espace géographique, Tome 35, P.115-132

Moine A., 2007, Le territoire : Comment observer un système complexe, ed.Harmattan, 176p

Morin, E., 1976, La Méthode, La Nature de la Nature, tome 1, Edition du Seuil

Morin E., Savoie A., Beaudin G., 1994, L'efficacité de l'organisation - Théories, représentations et mesures, Montréal, Gaëtan Morin Éditeur.

Moulin B ,Chaib-draa B., 1996. An Overview of Distributed Artificial Intelligence. In G.M.P. O'Hare and M.R. Jennings (Eds.): Foundations of Distributed Artificial Intelligence. John Wiley, New York, NY, USA.

Napoli A., 2001, Formalisation des connaissances et contribution du langage de modélisation : application à l'aide à la modélisation du comportement des incendies de forêt, p.1 - 21

Oser R.L., Gualtieri J.W., Cannon-Bowers J.A., Salase E. 1999. Training team problem solving skills: an event- based approach. Computers in Human Behavior,15, 441-462

Parkin J., 1996, Organizational decision making and the project manager, International Journal of Project Management, Volume 14, Number 5, October 1996 , pp. 257-263(7)
Publisher: Elsevier

Pateyron E.A., 1998, Business Intelligence (In French), Paris : Economica, Paris, France

Paye J-C., 2004, L'état d'exception : forme de gouvernement de l'Empire ? », *Multitudes* 2/2004 (no 16), p. 179-190. URL : www.cairn.info/revue-multitudes-2004-2-page-179.htm. DOI : 10.3917/mult.016.0179.

Perret Q., 2006, L'Union européenne et la gestion des crises, Directeur du Pôle Énergie et Europe élargie de l'Atelier Europe., http://www.robert-schuman.eu/question_europe.php?num=qe-22, consulté le 23/08/2012

Peterson D.M., Perry R.W., 1999, The impact of disaster exercise on participants, *Disaster Prevention and Management*, volume 8, numéro 4, pp. 241-254

Plan ORSEC Atlantique et Plan ORSEC Méditerranée, 2009. Chapitre 1 : La gestion de crise et la structuration des organisations décisionnaires.

Poister H. T., Streib G., 1999, Municipal Government: Assessing the state of the practice, *Public Administration Review*, Vol. 59 N°4, pp. 325-335

Préfecture de Police, 2011, Le nouveau plan neige et verglas en Ile-De-France, Conférence de presse du Lundi 14 Novembre 2011 à la Préfecture de Police, URL : http://www.prefecturedepolice.interieur.gouv.fr/var/plain_site/storage/original/application/efbbe6c6b04c2b839a0adcd8373efa9b.pdf

Provitolo D., 2006, La dynamique des systèmes selon J.W Forrester, *Hypergéométrie Française - Spatialité des sociétés - Fondements épistémologiques*

Questions et réponses sur le mécanisme de protection civile de l'UE, 2006, europa.eu/Memo/06/50, <http://ec.europa.eu/environment/civil/index.htm>, consulté le 15/06/2012

Quinn, R.E. & Rohrbaugh, J. ,1983. A spatial model of effectiveness criteria: Towards a competing values approach to organizational analysis. *Management Science*, 29

Robert, B., 2007, La crise, quelle définition ?, *Premières rencontres de la communication hospitalière*, url :

http://communication.fhf.fr/premieres_rencontres/pdf/La_crise_quelle_definition_Argillos.pdf

Rogers E. W., Wright, P. M., 1998, Measuring organizational performance in strategic human resource management: Problems and prospects (CAHRS Working Paper #98-09). Ithaca, NY: Cornell University, School of Industrial and Labor Relations, Center for Advanced Human Resource Studies.

<http://digitalcommons.ilr.cornell.edu/cahrswp/122>

Rojot J., 2005, Théorie des organisations, Paris, ed. ESKA, 2e édition, p.544

Romano H, Crocq L, 2008, Evénements traumatiques et médias : quelles répercussions pour les sujets impliqués?, ' Annales medio-psychologiques, doi:10.1016/j.amp .2010.04.014

Russell S.J., 1997, Rationality and intelligence. Artificial Intelligence, Vol. 94. p.57-77.

Saulquin J.-Y.,Maupetit C., 2005, Corporate Performance and Banking Analysis Approach. What is the EVA Contribution? In: 18th Australasian Finance and Banking Conference, December 14-16, 2005, Sydney, Australia.

Semoud A., Laymy A., 2006, Système d'information (Gestion de l'information) Université Hassan II Mohammedia Licence

Sheard S., 2006, Complex Systems Science and its Effects on Systems Engineering, European Systems Engineering Conference, Edinburgh, UK, 18-20 September 2006

Shoham Y., 1993, Agent-oriented programming. Artificial Intelligence, Vol. 60. p.51-92.

Stern E., Sundelius B. 2002. Crisis management Europe: an integrated regional research and training program. International Studies Perspectives, 3, 71-88

Tahon C.,2003, Evaluation des performances des systèmes de production. Série Productique. Hermès, Lavoisier. Ouvrage 302p.

Tena-Chollet F., 2012, Développement d'un outil de formation à la gestion des crises grâce à une méthodologie de génération de scénarios d'accidents majeurs basé sur la modélisation multiagents et la réalité virtuelle, Thèse, EMA.

Thouret J.C., D'Ercole R., 1996, Vulnérabilité aux risques naturels en milieu urbain : effets, facteurs et réponses sociales, Cahier des Sciences Humaines, Vol. 32, N°2, p. 407-422.

Togodo Azon A., Van Caillie D., 2009, Outils De Contrôle De Gestion Et Performances Des Collectivités Locales : Etat De La Littérature, Manuscrit auteur, publié dans "La place de la dimension européenne dans la Comptabilité Contrôle Audit, Strasbourg : France

TOMM. Tourism Optimisation Management Model, What is an Indicator ?, 2006, http://www.tomm.info/media/contentresources/docs/FactSheet_WhatAreIndicators_FI_NAL_Jun06.pdf, 2006.

University of California Berkeley, 2009, Emergency Operations Plan, Version 5.1

Verdel, T., Tardy A., 2010, Le système iCrisis, un dispositif original pour mettre évidence la complexité d'une crise auprès d'un public varié, soumis au 17e Congrès de Maîtrise des Risques et de Sécurité de Fonctionnement ($\Lambda \mu$), La Rochelle, les 5, 6 et 7 octobre 2010

Vilain L., 2003, Thèse professionnelle Mastère Spécialisé HEC - Ecole des Mines de Paris Le pilotage de l'entreprise : l'utilisation d'un tableau de bord prospectif

Vilmin T, 1999, L'aménagement urbain en France, une approche systémique, Éditions du Certu, Editeur: Documents office, Parution: 15-12-08, Broché 216 pages Langue: Français

Weick K.E., 1990, The Vulnerable System: An Analysis of the Tenerife Air Disaster, Journal of Management, 16, n°3: 571-593.

Weisaeth L., Knudsen O., 2002, Technological disasters, crisis management and leadership stress, Journal of Hazardous Materials, Vol. 93, N°1, p. 33-45

Weiss G., 1999, Multiagent Systems, A Modern Approach to Distributed Artificial Intelligence, MIT Press, edited by Gerhard Weiss.

Wholey J., Hatry H., 1992, The case for performance monitoring, Public Administration Review, Vol. 52 n°6, pp. 604-610

Williams W. D., 2003, Measuring government in the early twentieth century, Public Administration Review, Vol. 63 n°6, DOI: 10.1111/1540-6210.00329

Wooldridge M., 2002, An Introduction to Multi-Agent Systems, Published May 2009 by John Wiley & Sons ISBN-10: 0470519460 ISBN-13: 978-0470519462

Yang K., Yi Hsieh J., 2007, Managerial effectiveness of government performance measurement: Testing a middle-range model, Public Administration Review, Sept - Oct 2007

Annexe

Annexe1 : Les principaux textes de la gestion de crises sont les suivantes :

Loi du 30 juillet 2003 relative à la prévention des risques technologiques et naturels et à la réparation des dommages

Loi du 13 août 2004 de modernisation de la sécurité civile

Décret n° 2005-1157 du 13 septembre 2005 relatif au plan ORSEC

Décret n° 2005-1158 du 13 septembre 2005 relatif aux plans particuliers d'intervention

Décret n° 2005-1156 du 13 septembre 2005 relatif aux plans communaux de sauvegarde

Annexe2 : 5 disciplines détaillées en Belgique

Discipline	Missions	Qui	Direction
1: les opérations de secours	<ul style="list-style-type: none"> - gérer la situation d'urgence et neutraliser les risques qui y sont liés - protéger, délivrer, aider, sauver et mettre en sécurité les personnes et leurs biens - réquisitionner les personnes et les biens 	<ul style="list-style-type: none"> - les services publics d'incendie - les unités opérationnelles de la protection civile 	<p>la direction opérationnelle des opérations de secours se trouve aux mains du directeur des services d'incendie (Dir-SI)</p>
2: les secours médicaux, sanitaires et psychosociaux	<ul style="list-style-type: none"> - le démarrage de la chaîne médicale - l'administration des soins médicaux et psychosociaux aux victimes et aux personnes - concernées par la situation d'urgence - le transport des victimes - la prise de mesures de protection de la santé publique 	<ul style="list-style-type: none"> - les services qui participent à l'exécution de l'assistance médicale d'urgence - les services qui figurent dans le plan d'intervention monodisciplinaire 	<ul style="list-style-type: none"> - les moyens médicaux sont placés sous l'autorité administrative de l'inspecteur fédéral de la santé. - la direction opérationnelle se trouve aux mains du directeur de l'assistance médicale (DirMed)
3: la police du lieu de la situation d'urgence	<ul style="list-style-type: none"> - maintenir et rétablir l'ordre public - dégager les voies d'accès et d'évacuation et, le cas échéant, accompagner les services - d'intervention et les moyens vers le lieu de l'événement 	<ul style="list-style-type: none"> - les membres de la police locale et/ou fédérale 	<ul style="list-style-type: none"> - la direction opérationnelle des missions de police administrative se trouve aux mains du directeur de la police (Dir-Pol)

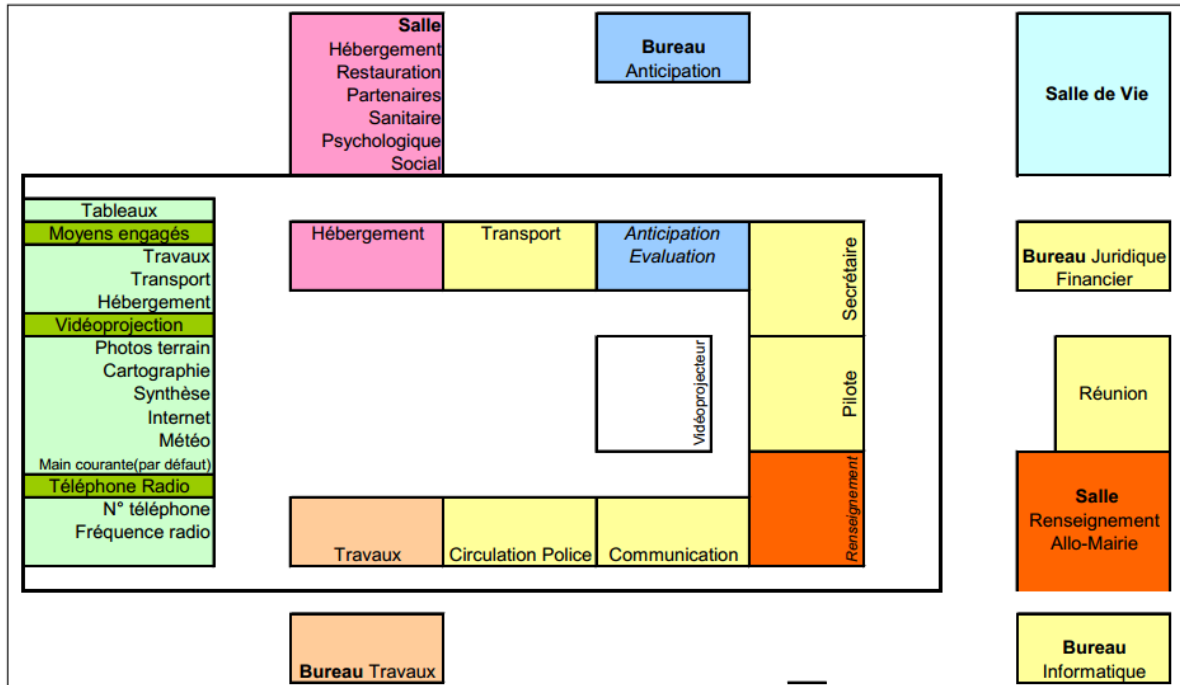
	<ul style="list-style-type: none"> - mettre en place les périmètres, les délimiter physiquement, les signaler, les surveiller et - assurer le contrôle d'accès aux zones du terrain d'intervention - procéder à l'évacuation de la population et veiller à sa mise à l'abri - identifier les personnes décédées - prêter assistance lors de l'enquête judiciaire 		
4	<ul style="list-style-type: none"> - garantir les renforts en personnel et en matériel, et fournir le matériel spécial de sauvetage et d'assistance - organiser les moyens techniques pour la communication entre les disciplines, le poste de commandement opérationnel et le(s) comité(s) de coordination - organiser l'approvisionnement en denrées alimentaires et en eau potable pour les services d'intervention et les personnes touchées 	<ul style="list-style-type: none"> - les unités opérationnelles de la protection civile - les services publics d'incendie - les services spécialisés publics et privés - l'armée 	<ul style="list-style-type: none"> - la direction de la discipline 4 se trouve aux mains du directeur de la logistique (Dir-Log)
5	<ul style="list-style-type: none"> - transmettre les informations et les recommandations à la population (via notamment 	<ul style="list-style-type: none"> - le fonctionnaire d'information 	<ul style="list-style-type: none"> - l'organisation de l'information se trouve aux mains du directeur de

	les médias) - transmettre les informations sur les mesures pour le retour à la situation normale		l'information (Dir-Info)
--	---	--	---------------------------------

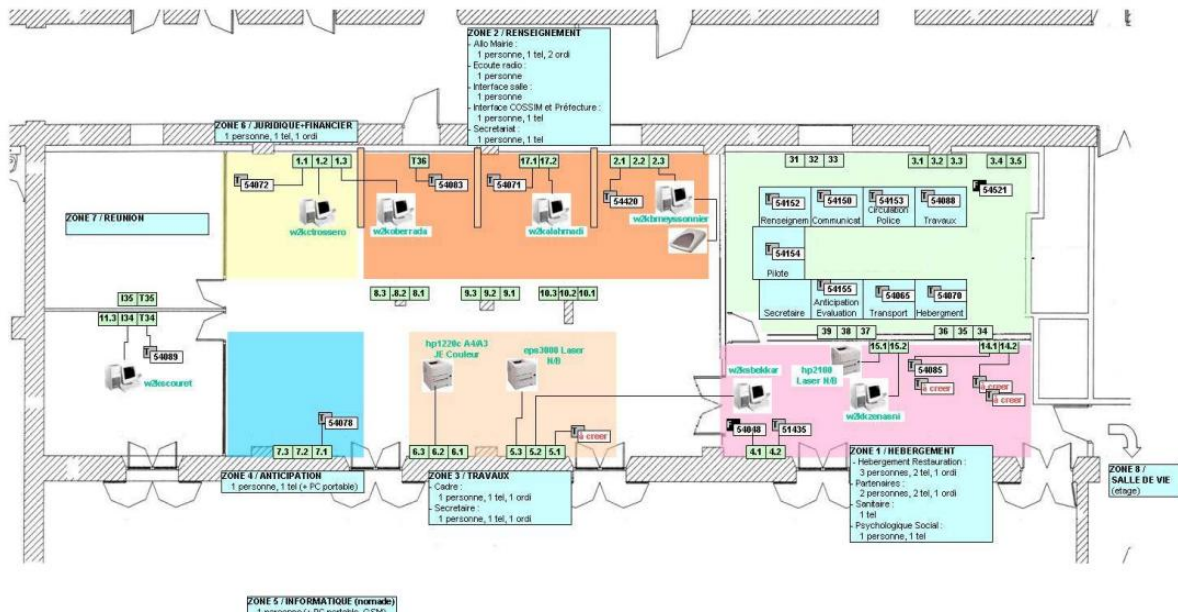
Annexe3 : Id de chaque cellule

VMS(10)		
Cadre Pilotage (3)	Pilote Partiel (8)	Représentant COD (9)
		Pilote Déployé (7)
		Copilote (4)
	Appui Technique Partiel (2)	Appui Technique (1)
		Evaluation Anticipation (5)
		Juridique Finance (6)
Coordination (12)	Secrétariat+logistique (21)	Secrétariat (20)
		Logistique CACS (14)
	Renseignement(17)	Renseignement (18)
	Prise en charge sinistrée (16)	Hébergement Restauration (13)
		Sanitaire Social Psycho (19)
		Partenaires (15)
	Travaux logistiques (24)	Travaux (23)
		Circulation Police (11)
Transport (22)		

Annexe 4 : Organisation physique de la cellule de crise



Le schéma ci-dessous représente l'organisation des locaux annexes de la cellule de crise en situation de crise.



Annexe5 : Projets, conférences et contributions

Projet/Conférences/Cours	Description	Date
Nato ATC	Nato ATC est une formation donnée à des étudiants étrangers à Paris. Ce cours englobe les principales méthodes et outils dédiées aux transports de marchandises dangereuses. J'ai eu l'occasion présenter les risques du TMD ainsi que les outils pour évaluer les dommages.	5/07/2010 au 09/07/2010
Sectram	Sectram regroupe un ensemble de partenaires Italien, Français, Suisse afin de créer un centre de monitoring transfrontalier des transports de matières dangereuses.	5 jours
Proterina-C	Ce projet vise à évaluer l'impact des changements climatiques sur le risque incendie dans les espaces naturels et urbains pour les régions Corse, Ligure et Sardaigne. La partie développement informatique m'a été confiée.	40jours
Exercice cellule de crise Paris	Un exercice dans un dépôt d'hydrocarbure (Aéroport Paris-Orly) a été effectué. L'objectif de cet exercice est d'observer les relations entre les acteurs de la cellule de crise. (J-L WYBO)	17 & 18/02/2010
HCFDC (Haut comité français pour la défense civile)	Colloque : La gestion de crise et les situations d'urgence	21/01/2010
MIG (Métier de l'ingénieur généraliste)	Enseignement spécialisé etc...	3 jours
Cours Master	J'ai participé à des enseignements de Masters 2 à Nice et en Corse <ul style="list-style-type: none"> • Master MIAGE (Nice) : présentation des outils d'aides à la décision : les Systèmes d'informations géographique • Master Corse : présentation des risques de transport de Matières dangereuses 	08/12/2009 10 & 11/12/2009

ISCRAM	Lachtar (D.) and Garbolino (E.).Contribution of UML language for studying crisis cell organizations, ISCRAM 2011, May 8-11 2011, LNEC, Lisbon, Portugal (Poster)	2011
ESREL	Lachtar (D.) and Garbolino (E.).- Performance Evaluation of Organizational Crisis Cell: methodological proposal at communal level. ESREL 2011, 18-22 September, Troyes, France	2011
CISAP	Lachtar (D.) and Garbolino (E.). Performance Assessment of Crisis Management Plans with the Contribution of multi-agent Systems, CISAP5 5th, 3- 6 June 2012, AIDIC, Milan	2012
Methods and Tools. Spriger, NATO Science for Peace and Security Series	Garbolino (E.), Tkiouat (M.), Yankevich (N.) and Lachtar (D.).- Risk Prevention for Environment and Human Society against Dangerous Goods Transport Accidents and Malicious Intentions: Methods and Tools. Spriger, NATO Science for Peace and Security Series - C: Environmental Security. Dangerous Goods Transportation and Biophysical Vulnerability: The Contribution of GIS and Simulation Softwares Garbolino E., Lachtar D. Dans Transport of Dangerous Goods: Methods and Tools for Reducing the Risks of Accidents and Terrorist Attack, Emmanuel Garbolino, Mohamed Tkiouat, Natalia Yankevich, Dalanda Lachtar Editors (Ed.) (2012) Chapitre 1 - pages 1-43	2012
SECTRAM	Garbolino (E.) et Lachtar (D.).- Vulnérabilité et résilience du territoire face aux Transports de Marchandises Dangereuses (TMD) dans un contexte transfrontalier.- Sécurité des Transports des Marchandises dans l'Eurorégion Alpes-Méditerranéennes.- Bersani (C.) et Sacile (R.) éditeurs : 186-255.	2012
SECTRAM	Garbolino (E.) et Lachtar (D.).- Vulnérabilité du territoire : caractérisation et implémentation en gestion de crise.- Sécurité des Transports des Marchandises	2012

	dans l'Eurorégion Alpes-Méditerranéennes.- Bersani (C.) et Sacile (R.) éditeurs : 256-309	
SECTRAM	Garbolino (E.) et Lachtar (D.).- Etude de faisabilité technico-économique pour le développement d'un centre transfrontalier de monitoring des transports de marchandises.- Sécurité des Transports des Marchandises dans l'Eurorégion Alpes- Méditerranéennes.- Bersani (C.) et Sacile (R.) éditeurs : 716-795.	2012

Liste des figures

Figure 1 : Méthodologie pour l'étude de la performance de la cellule de crise communale	20
Figure 2: Structure du manuscrit	22
Figure 1- 1 Représentation de la notion de risque sur un territoire	28
Figure 1- 2 Crise et potentiel conflictuel (Marguin, 2002)	32
Figure 1- 3 Les phases de la gestion de crise (Coombs, 2007)	35
Figure 1- 4 Les types de plans d'urgence en Belgique (Source : IBZ)	39
Figure 1- 5 Échelonnement des phases en Belgique (Source : IBZ).....	40
Figure 1- 6 Le Comité communal de coordination (Source : IBZ)	41
Figure 1- 7 Chaîne opérationnelle de gestion des risques (Mémento, 2008)	50
Figure 1- 8 Acteurs présents lors d'un événement d'urgence	56
Figure 2- 1 Les différentes dimensions de la performance organisationnelles (R.E Quinn & J. Rohrbaugh, 1983).....	70
Figure 2- 2 Les quatre dimensions de la performance organisationnelle (Morin <i>et al.</i> , 1994)	72
Figure 2- 3 Performance Shaping Factors in the information Processing context (Fernandez , 2010)	73
Figure 2- 4 Le triangle stratégie traduite en objectifs/ processus d'action/ acteur (collectif)/ Temps réel	74
Figure 2- 5 Les outils de contrôle de gestion	77
Figure 2- 6 Nombre d'indicateurs suivis dans les tableaux de bord (Fernandez, 2010)	83
.....	83
	260

Figure 2- 7 La décision et le risque (Fernandez, 2010)	87
Figure 3- 1 Schématisation d'un système complexe (Meinadier, 1998)	99
Figure 3- 2 Systémographier un phénomène complexe non identifiable (Le Moigne, 1977)	102
Figure 3- 3Forme canonique du Système Général (Le Moigne, 1977)	102
Figure 3- 4Les différents niveaux de modélisation (Le Moigne, 1977)	105
Figure 3- 5Les étapes de la démarche systémique (Donnadieu et Karsky, 2002).....	106
Figure 3- 6 Elément de base SADT (adapté depuis Lissandre, 1990)	111
Figure 3- 7 Modélisation FIS d'un système (Karagiannis, Piatyszek & Flaus, 2010)...	112
Figure 3- 8 Le modèle canonique Opération-Information-Décision (Le Moigne, 1977)	118
Figure 3- 9 Le processus décisionnel fondant les SAD (Lebraty, 2006)	120
Figure 3- 10 Architecture logiciel de La plate-forme JADE (FIPA, 2000)	128
Figure 3- 11 Cycle de vie d'un agent selon la FIPA (2008)	129
Figure 4- 1 Proposition d'une méthodologie pour l'étude de la performance de la cellule de crise communale	137
Figure 4- 2Les relations entres les postes de commandement de la Ville d'étude (source : PCS de la ville d'étude).....	140
Figure 4- 3 Organigramme de la Ville d'étude.....	141
Figure 4- 4 Armement complet de la cellule de crise : Transitions potentielles.....	144
Figure 4- 5 Interaction des partenaires avec la cellule de crise	146
Figure 4- 6 Diagramme de classe décrivant les différentes relations et interactions entre les cellules de crise tel qu'il est prescrit dans le PCS	150
Figure 4- 7 Diagramme de classe décrivant les différentes relations et interactions entre les cellules de crise observée	151

Figure 4- 8 Diagramme de classe décrivant les différentes relations et interactions entre les cellules de crise prescrite (a) et observée (b).....	152
Figure 4- 9 Diagramme de séquence du déroulement de l'exercice d'Etat Major	157
Figure 5- 1Architecture technique proposée pour l'étude de la performance de la cellule de crise communale	173
Figure 5- 2Propriétés générales d'un agent	174
Figure 5- 3 Architecture générale du système	175
Figure 5- 4 Comportement d'un agent «Cognitif»	178
Figure 5- 5 Comportement d'un agent «central».....	179
Figure 5- 6 Propriétés générales d'un message.....	180
Figure 5- 7 Algorithme de remplacement	188
Figure 5- 8 L'interface d'accueil de la simulation	190
Figure 5- 9 Fenêtre pour créer une nouvelle simulation.....	191
Figure 5- 10 Proposition d'organisation	191
Figure 5- 11 Attribution des indicateurs de performances pour chaque agent choisi	192
Figure 5- 12 Fenêtre de paramétrage : a des agents remplaçants b de la qualité d'information	192
Figure 5- 13 Moyenne générale de tous les agents mobilisés pour un indicateur donné au cours du temps.....	193
Figure 5- 14 Evolution générale d'un indicateur d'un agent au cours du temps	194
Figure 5- 15 Evolution des indicateurs d'un agent au début et à la fin de la crise et la moyenne de ses indicateurs durant la simulation.....	194
Figure 5- 16Représentation XML d'une simulation de gestion de crise.....	196
Figure 6- 1 Proposition de l'organisation par le simulateur	205

Figure 6- 2 Les acteurs présents lors de la simulation et les liens existants entre eux	206
Figure 6- 3 Résultat de la simulation du scénario.....	210
Figure 6- 4 Processus pour la lecture des résultats	210
Figure 6- 5 Evolution de l'indicateur « Qualité d'information » pour tous les agents	211
Figure 6- 6 Evolution de l'indicateur « Compétence» pour tous les agents	212
Figure 6- 7 Evolution de l'indicateur « Moyens» pour tous les agents	212
Figure 6- 8 Evolution de tous les indicateurs de la cellule Pilote Deployé.....	213
Figure 6- 9 Evolution de l'indicateur « Qualité de l'information » du Pilote déployé	214
Figure 6- 10 Evolution de l'indicateur « Compétence » du Pilote déployé.....	215
Figure 6- 11 Evolution des indicateurs « Compétence » et « Qualité d'information » des cellules Evaluation Anticipation et Hébergement.	216
Figure 6- 12 Evolution de l'indicateur « Qualité d'information » de la cellule Pilote Deployé	217

Liste des Tableaux

Tableau 1-1 Les intervenants au gouvernement du Canada (CCG 2003)	43
Tableau 1-2 Niveaux de coordination durant l'intervention (CCG 2003).....	44
Tableau 1-3 Fonction des différentes cellules de crise des Etats-Unis.....	45
Tableau 1-4 Les différentes cellules de crise des Etats-Unis	46
Tableau 1-5 Comparaison des organisations des secours à l'étranger	47
Tableau 1-6 L'ensemble des acteurs se mettent à disposition du Directeur des opérations des secours.....	55
Tableau 1-7 Synthèse des dispositifs en fonction de la gravité de l'événement (DDSC, 2006)	57
Tableau 1-8 Synthèse des documents existants et place du PCS.....	58
Tableau 2- 1Tableau de bord dans le secteur public (Logica Business Consulting et l'Association des Directeurs Financiers et de Contrôle de Gestion, 2011) 82	
Tableau 2- 2 Technologies utilisées pour créer des tableaux de bord (Logica Business Consulting et l'Association des Directeurs Financiers et de Contrôle de Gestion, 2011)	82
Tableau 2- 3 Le mode de calcul de quelques indicateurs sociaux (Allègre et al., 2008)	84
Tableau 2- 4 Synthèse des éléments pouvant être un frein à l'organisation.....	89
Tableau 3- 1Les différents types de modèles (Chapurlat 2007, Aloui, 2007)	104
Tableau 3- 2 Diagramme Structurel et dynamique du langage UML	114
Tableau 3- 3 Éléments d'un message FIPA-ACL.....	130
Tableau 4- 1 Cellule susceptible d'être présente lors d'une crise 143	
Tableau 4- 2 Critères liés à l'organisation	159
Tableau 4- 3 Exemple de tableau de mise en place de scénario	160

Tableau 4- 4 Répercussion d'un indicateur sur un autre indicateur	163
Tableau 4- 5 Répercussion d'un indicateur sur une autre cellule	164
Tableau 5- 1 Coopération des agents d'une cellule de crise	181
Tableau 5- 2 Nombre de cycle selon Scenario	182
Tableau 5- 3 Répercussion d'un indicateur sur un autre indicateur	183
Tableau 5- 4 Indicateurs initiaux d'un agent X	184
Tableau 5- 5 Exemple de Calcul cumulatif	185
Tableau 5- 6 Exemple de Calcul non cumulatif	186
Tableau 6- 1 Résumer des échanges de communication de la crise durant l'évènement neige d'une commune	204
Tableau 6- 2 Détermination des indicateurs du scenario de crise	208

Glossaire

ACC : Agent Communication Channel
ACL : Agent Communication Language
AMS : Agent Management System
CCC : Cellule de Crise Communale
CETE : Centre d'Études Techniques de l'Équipement
COD : Centre Opérationnel Départemental
COGIC : Centre Opérationnel de Gestion Interministérielle des Crises
COS : Centre Opérationnel des Services de Secours et d'Incendie
COZ : Centre Opérationnel Zonal
CPCO : Centre de Planification et de Conduite des Opérations
CPG : Civil Preparedness Guide
CRC : Centre de recherche sur les Risques et les Crises
DDE : Direction départementale de l'Équipement
DICRIM : Documents d'Information Communal sur les Risques Majeurs
DOS : Directeur des Opérations de Secours
DRIRE : Direction régionale de l'industrie, de la recherche et de l'environnement
ED : Entrepôt de Données
EEE : Espace Economique Européen
EOP : Emergency Operations Plan
FEMA : Federal Emergency Management Agency
FIPA : Foundation for Intelligent Physical Agents
FIS : Fonctions-Interactions-Structure
INERIS : Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques
INSEE : Institut National de la Statistique et des Etudes Economiques
IRIT : Institut de Recherche en Informatique de Toulouse
JADE : Java Agent DEvelopment framework
KQML : Knowledge Query and Manipulation Language
MEEDDM : Ministère de l'Ecologie, du Développement Durable et de l'Energie
MIC : Monitoring and Information Center
MIT : Massachusetts Institute of Technology

OEM : Office of Emergency Management

OMG : Object Management Group

ORSEC : Organisation de la Réponse de Sécurité Civile

PCDC : Poste de Commandement de Décision et de Communication

PCO : Poste de Commandement Opérationnel

PCS : Plan Communal de Sauvegarde

PGUI : Plan Général d'Urgence et d'Intervention

PIM : Plan d'Intervention Médical

POI : Plan d'Opération Interne

PPI : Plan Particulier d'intervention

PPR : Plan des Préventions des Risques

PUI : Plan d'Urgence et d'Intervention Multidisciplinaire

SADGC : SAD à base de Gestion de Connaissances

SADP : Systèmes d'Aide à la Décision Personnel

SADT : Structured Analysis and Design Technic

SAG : Systèmes d'Aide au Groupes

SAN : Systèmes d'Aide à la Négociation

SDACR : Schémas Départemental d'Analyse et de Couverture des Risques

SDIS : Service Départemental d'Incendie

SI : Systèmes d'Informations

SIAD : Systèmes Interactif d'Aide à la Décision

SIG : Système d'Informations Géographique

SIPOC : Supplier-Input-Process-Output-Customers

SMA : Systèmes Multi-Agents

SO : Système Opérant

SP : Système de Pilotage

SSC : Système Sociotechnique Complexe

TBS : Tableau de Bord Social

TMD : Transport de Marchandises Dangereux

UML : Unified Modeling Language

VMS : Veille Municipale de Sécurité

XML : Extensible Markup Language

Contribution des systèmes multi-agent à l'analyse de la performance organisationnelle d'une cellule de crise communale

RESUME : La gestion de crise est devenue une activité indispensable à toute organisation publique ou privée. Elle repose le plus souvent sur un dispositif particulier appelé « cellule de crise » qui a pour objectif de mettre en œuvre des mesures d'anticipation, de vigilance, d'intervention et de sauvegarde et fait intervenir de multiples acteurs qui interagissent. Pour se préparer aux situations de crise, les communes ont l'obligation de définir un PCS (Plan Communal de Sauvegarde), mais ce dernier ne suffit pas à lui seul à garantir l'efficacité de l'organisation de crise. L'objectif de ce travail est de proposer une méthodologie, principalement fondée sur la pensée systémique et sur les Systèmes Multi-Agents, pour étudier la vulnérabilité organisationnelle de la cellule de crise et en évaluer sa performance. Un outil de simulation a été développé à destination des responsables de gestion de crise communale. Il intègre des indicateurs de performance organisationnelle pour identifier les défaillances potentielles de l'organisation. Les résultats de la simulation sont consignés sous la forme d'un tableau de bord dont l'analyse peut servir à modifier l'organisation de crise, à expertiser des retours d'expériences ou à former le personnel.

Mots clés : gestion de crise, cellule de crise, performance organisationnelle, Systèmes Multi-Agent, pensée systémique, UML.

Contribution of multi-agent system to analyze the organizational performance of a crisis cell at the municipality level

ABSTRACT : Crisis management has become an essential activity in public and private organizations. It is most often supported by a "crisis cell" that aims to implement anticipation, vigilance, response and backup measures by involving multiple actors interactions. To be prepared for emergencies, municipalities have to define a EOP (Emergency Operations Plan). However, EOP on its own is not sufficient to ensure the effectiveness of crisis organization. The objective of this work is to propose a methodology mainly based on systems thinking and Multi-Agent Systems, to study the organizational vulnerability of crisis cell and assess its performance. A simulation tool is developed for decision makers. Organizational performance indicators are integrated to identify potential failures of the organization. Simulation results are reported in the form of a dashboard whose analysis can be used to improve crisis organization.

Keywords : crisis management, crisis cell, organizational performance, Multi-Agent Systems, systemic thinking, UML.