



UNIVERSITE PARIS 13 - SORBONNE PARIS CITE

U.F.R. de Sciences Economiques et Gestion

N° Attribué par la bibliothèque

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

T H E S E

Pour obtenir le grade de

DOCTEUR DE L'UNIVERSITE PARIS 13

Discipline : Sciences de Gestion

Présentée et soutenue publiquement le

Par

Berrada El Azizi Mohamed

**Modélisation multi-agents de la coopération au sein des chaînes
logistiques à deux échelons : application à la distribution de
produits pharmaceutiques au Maroc**

Directeur de thèse : Professeur Daniel THIEL, Université Paris 13

JURY

Rapporteurs

Laoucine KERBACHE, Professeur HDR, HEC Paris

Evren SAHIN, Maître de Conférences HDR, Ecole Centrale de Paris

Examineurs

Faouzi BENSEBAA, Professeur, Université de Paris 8

Ali SMIDA, Professeur, Université de Paris 13

Daniel THIEL, Professeur, Université de Paris 13

REMERCIEMENTS

Cette thèse n'aurait pas pu voir le jour sans cette rencontre avec Mr Daniel Thiel, Professeur à l'Université Paris 13 qui a accepté sans hésitation à diriger notre travail au sein du laboratoire CEPN, UMR CNRS 7234. Sans un encadrement actif et continu de sa part, notre thèse ne pouvait être finalisée.

Nous remercions Mr Laoucine Kerbache, Professeur HDR à HEC et Mme Evren Sahin, Maître de conférences HDR à l'Ecole Centrale de Paris, les rapporteurs de cette thèse, ainsi que Mr Faouzi Bensebaa, Professeur à l'Université de Paris 8 et Mr Ali Smida, Professeur à l'Université de Paris 13 pour avoir accepté de participer à ce jury.

Nous tenons également à remercier Mr Yann Hernot, Maître de Conférences à l'Université Paris 13 à l'origine de la rencontre avec notre directeur de thèse.

Grâce à son autorisation d'accès aux unités Maroc Phosphore 3 et 4 du Groupe Office Chérifien de Phosphates OCP, le Président Directeur Général, Mr Terrab a participé activement à l'interprétation professionnelle de cette thèse. Nous lui présentons nos sincères remerciements à la fois pour son appui et pour avoir pris le temps de répondre à notre demande. Grâce à nos différents entretiens avec l'équipe des Unités 3 et 4 sous l'égide de Mr Benazouz, nous avons pu comprendre l'impact que peut avoir le Développement Durable sur les chaînes logistiques. Nous les remercions tous pour le temps qu'ils nous ont accordé.

Nous remercions Mr Slassi et Mr Errachidi du Laboratoire MAPHAR, pour leurs indications et informations qui nous ont permis de publier notre article consacré aux chaînes logistiques pharmaceutiques. Ils nous ont permis de valoriser notre thèse en lui donnant un caractère utile pour les entreprises de cet important secteur.

Nous remercions tous les membres de notre équipe au sein de l'ESMA qui ont participé et aidé à la réalisation de ce travail, en nous apportant différentes idées intéressantes, en nous aidant à maîtriser les outils qui nous ont servi pour la finalisation de notre recherche (*Maple*, *NetLogo*).

Enfin, sans l'appui inconditionnel de notre épouse Karima, nous n'aurions jamais eu l'audace de nous lancer tardivement à la préparation de cette thèse. Nous remercions également nos filles Ghita et Yasmine pour avoir accepté de nous voir travailler tout le temps, plutôt que de nous consacrer à elles.

Nous aurions aimé la présence à notre soutenance d'une personne dont l'absence nous a été imposée par le Destin. Nous lui consacrons ce travail. Il s'agit de Feu Haj M'Hammed Berrada, notre père qui ne s'est jamais montré absent quand nous avons besoin de son appui à la fois moral et financier.

A notre mère également qui nous a appris la patience et la non-défaite et qui nous a inculqué le sens des choses quand elles sont obtenues par le mérite quel qu'il soit le temps qu'on y passe.

TABLE DES MATIERES

CHAPITRE 1. INTRODUCTION GENERALE	10
1. CONTEXTE GENERAL	11
2. ENJEUX DE LA RECHERCHE	12
3. PRESENTATION SOMMAIRE DES DEUX ARTICLES DE RECHERCHE.....	17
4. STRUCTURE DE LA THESE	22
CHAPITRE 2. REVUE DE LITTERATURE SUR LE MANAGEMENT DES CHAINES LOGISTIQUES	24
INTRODUCTION	24
REVUE EXTENSIVE DE LITTERATURE.....	26
CONCLUSION	54
CHAPITRE 3. METHODOLOGIE DE MODELISATION CONNEXIONNISTE	58
INTRODUCTION	58
1. LA MODELISATION COMME APPROCHE DE LA COMPLEXITE.....	59
2. LES SYSTEMES ADAPTATIFS COMPLEXES	66
3. ETUDE DE LA CHAINE LOGISTIQUE ASSIMILEE A UN SYSTEME ADAPTATIF COMPLEXE : APPROCHE PAR LA SIMULATION MULTI-AGENTS	81
CONCLUSION	96
CHAPITRE 4. ARTICLES THEORIQUES ET APPLICATIFS	97
ARTICLE 1. COOPERATIONS VERTICALE ET HORIZONTALE DANS UNE CHAINE LOGISTIQUE A DEUX ECHELONS : UNE APPROCHE MULTI-AGENTS	97
ARTICLE 2. PARTAGE D'INFORMATION SUR LA DEMANDE ET REDUCTION DU GASPILLAGE AU SEIN DES CHAINES LOGISTIQUES : CAS DES ENTREPRISES DE DISTRIBUTION DE PRODUITS PHARMACEUTIQUES AU MAROC.....	131
CHAPITRE 5. CONCLUSION GENERALE.....	158
BIBLIOGRAPHIE GÉNÉRALE	163

LISTE DES FIGURES

Figure 1. Références principales mobilisées pour la thèse.....	26
Figure 2. Topologies des chaînes logistiques	30
Figure 3. La Maison du Management de la chaîne logistique.....	33
Figure 4. Applications informatiques pour la gestion des chaînes logistiques	36
Figure 5. Les différents niveaux de coopération logistique.....	48
Figure 6 : Concepts et techniques mobilisables dans notre recherche	58
Figure 7. Formes de voisinage utilisées dans les automates cellulaires	89
Figure 8. Processus de décision et de partage d'informations entre les acteurs de la chaîne logistique	109
Figure 9 Evolution du niveau de coopération moyen r en fonction de la nature des clients face à l'aversion au risque ($\rho = 0.9$).....	114
Figure 10. Evolution du nombre de clients coopérant moyen n^* en fonction de la nature des clients face à l'aversion au risque ($\rho = 0.9$).....	115
Figure 11. Evolution du coût global fsc de la chaîne logistique en fonction de la distorsion dans la perception des r_i ($\rho = 0.3$)	118
Figure 12. Impact de la distorsion de l'information échangée entre clients sur le coût global de la chaîne logistique.....	118
Figure 13. Evolution de n^* avec une population de clients composée de 10% de riskophobes et de 90% de riskophiles.....	119
Figure 14 . Evolution du coût fsc et Q_{rup} en fonction de p pour différentes valeurs de r_i	120
Figure 15. Evolution de la fonction coût fsc et Q_{rup} en fonction de (σ/μ) pour différentes valeurs de r_i	123
Figure 16. Diagramme des classes correspondant au modèle multi-agents	126
Figure 17 : Parts de marché en valeur (DHS) des industriels du secteur pharmaceutique (Source: AMIP)	135
Figure 18. Circuits de distribution des produits pharmaceutiques au Maroc	136
Figure 19. Facteurs logistiques qui influencent l'environnement.....	139
Figure 20. Evolution du nombre de grossistes-répartiteurs de type RSE dans la chaîne logistique en fonction de la valeur de $Lim1$	148

Figure 21. Vitesse de diffusion de la responsabilité sociale parmi les grossistes-répartiteurs en fonction du coût social du surstock css pour $\rho = 0.9$	150
Figure 22. Vitesse de diffusion de la responsabilité sociale parmi les grossistes-répartiteurs en fonction du coût social du surstock css pour $\rho = 0.01$	150
Figure 23. Nombre de grossistes-répartiteurs qui coopèrent en fonction du coût social de surstock css pour $\rho = 0.9$	151
Figure 24. Fonction coût global en fonction du coût social de surstock css pour $\rho = 0.01$	151
Figure 25. Evolution de la fonction coût de la chaîne logistique fsc en fonction du nombre initial d'entreprises de type RSE pour différentes valeurs de ρ	153
Figure 26 : Evolution de la fonction gaspillage fg en fonction du nombre initial d'entreprises de type RSE pour différentes valeurs de ρ	153
Figure 27. Evolution de la fonction coût de la chaîne logistique fsc en fonction du nombre initial d'entreprises de type "rse" pour différentes valeurs de σ	154
Figure 28. Evolution de la fonction gaspillage fg en fonction du nombre initial d'entreprises de type rse pour différentes valeurs de σ	154

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1. Classification des articles de recherche.....	20
Tableau 2. Structure de la revue de littérature par article.....	25
Tableau 3 . Evolution des définitions de la chaîne logistique	28
Tableau 4. Les indicateurs de performance classiques de la chaîne logistique	54
Tableau 5. Les nouveaux indicateurs de performance des chaînes logistiques	56
Tableau 6. Les étapes d'une approche méthodologique par simulation.....	83
Tableau 7. Similitudes Multi-Agent-Chaîne Logistique	91
Tableau 8. Principe du calcul des coûts et des quantités à approvisionner et en rupture	110
Tableau.9. Données de simulation et paramètres retenus	112
Tableau 10. Illustration de la performance de trois clients ayant des niveaux de coopération différents	116
Tableau 11. Evolution des coûts fc , fs , fsc et $Qrup$ en fonction de ρ pour différentes valeurs de r_i ...	121
Tableau 12. Evolution des coûts fc , fs , fsc et $Qrup$ en fonction de (σ/μ) pour différentes valeurs de r_i	123
Tableau 13. Données sur le secteur pharmaceutique au Maroc.....	134
Tableau 14. Conditions Initiales de simulation	144
Tableau 15. Fonctions Coûts des agents	146

AVANT-PROPOS PERSONNELS

La préparation d'une thèse de doctorat est un travail de longue haleine, rempli de riches expériences et de périodes de déception et de blocage. Pour le chercheur qui s'y engage, l'objectif ultime est d'enrichir la science par des découvertes inédites devenant ainsi le Newton ou l'Einstein de son ère. Nous nous sommes engagé dans ce chemin à un âge tardif pour deux raisons : finaliser un parcours inachevé qui s'est arrêté en 1990 après l'obtention d'un DEA de recherche en Management Industriel à l'Université Bordeaux I, et participer aussi modestement que possible à l'enrichissement de la connaissance dans un domaine qui nous est très cher, à savoir le management et l'organisation des chaînes logistiques.

Au début de notre recherche, nous nous sommes posé une question essentielle : qu'est-ce que la science ? Comment l'enrichir et selon quel processus scientifique ? C'est en parcourant différentes publications que nous avons trouvé la réponse à cette quête du savoir : épistémologie et paradigme, deux concepts que nous avons essayé de comprendre pour faire un choix méthodologique final.

Durant notre jeune âge et du fait de notre formation initiale en mathématiques et en sciences physiques, nous nous sentions proche de la vision cartésienne réductionniste du mot "épistémologie". Mais, avec le temps et malgré notre ignorance de la philosophie, nous nous sommes rapprochés du point de vue du philosophe allemand Kant. Cet auteur affirme que la véritable origine de la connaissance est dans le sujet lui-même et non dans une réalité par rapport à laquelle les chercheurs sont passifs. Cette vision de Kant est proche du constructivisme⁽¹⁾ et du connexionnisme, deux paradigmes majeurs de la recherche en sciences sociales et proches de notre conception actuelle des phénomènes. En effet, en tant qu'ex-chercheur habitué à la modélisation des systèmes selon la méthode GRAI (du Laboratoire portant le même nom, où nous avons obtenu notre DEA), puis en tant qu'ex-consultant au sein de l'Agence de la Productique à Paris où nous utilisions la méthode SADT pour la compréhension des organisations industrielles, nous avons été sensibilisé à l'approche d'analyse par modélisation où nous étions amené à faire des allers-retours multiples entre la réalité à comprendre et la construction du modèle de cette réalité. Cette approche nous avait

¹ Lecas (2006) présente de façon détaillée et précise ce courant de pensée.

permis de mieux cerner les problèmes de l'organisation des entreprises et de proposer aux entreprises clientes, différents scénarios organisationnels.

Notre thèse et nos choix méthodologiques se fondent à la fois sur toutes ces petites expériences modestes et sur les conseils et les expériences plus riches du professeur D. Thiel, avec qui nous avons un ensemble de points communs : le parcours de formation d'ingénieur et le parcours professionnel.

Grâce à la préparation de cette thèse, nous espérons dorénavant appartenir à cette communauté scientifique qui observe le monde selon un regard épistémologique connexionniste où tous les phénomènes sont considérés sous l'angle de la complexité et des systèmes adaptatifs complexes, termes que nous ne cesserons d'utiliser tout le long de notre travail de recherche

CHAPITRE 1. INTRODUCTION GENERALE

Il s'agit d'une thèse sur travaux en sciences de gestion qui se compose :

- d'une **introduction** présentant la problématique générale centrée sur la coopération entre acteurs d'une chaîne logistique à deux échelons avec un fournisseur unique en situation de monopole,
- d'une **revue de littérature** extensive sur le pilotage des chaînes logistiques,
- de la présentation de **l'approche connexionniste** que nous avons retenue pour aborder cette problématique de coopération et sa représentation
- puis de **deux articles acceptés**, l'un dans une revue classée B par l'AERES en sciences de gestion et en catégorie 3 par le CNRS en section 37, l'autre dans une revue classée « émergente » par la FNEGE. Ils abordent l'un de manière théorique, l'autre de manière appliquée, ce contexte général commun et proposent des modèles permettant d'évaluer les performances de ces chaînes dans un contexte de coopération verticale et horizontale. Chacun de ces articles expose une **méthode de recherche** qui lui est **spécifique**.

Remarque: En complément aux travaux présentés dans cette thèse, nous avons également présentés **deux articles différents** à des conférences internationales avec publications d'actes l'un sur le « volet » optimisation de cette thèse et l'autre sur une application d'un modèle multi-agents à l'industrie alimentaire. Il s'agit de la conférence LOGISTIQUEA'2013 à Tanger et de la conférence GOL'14 IEEE à Rabat en 2014. Nous avons également participé à une conférence « Innovation Responsabilités et Développement durable » à Marrakech en 2012 et en 2013, à la conférence IPROMS 2013 à Metz, au congrès annuel ROADEF à Troyes en 2013, à CIMSI 2012 à l'ENSA de Marrakech, ainsi qu'à un workshop international sur la logistique à Marrakech en octobre 2013. Enfin nous avons publié un article sur nos travaux dans la revue professionnelle marocaine *Docti News* en 2013.

1. CONTEXTE GENERAL

Nous nous intéressons à une topologie particulière de chaînes logistiques, à savoir une chaîne à deux échelons avec un fournisseur dominant et plusieurs petites entreprises clientes. Ce type de chaîne particulier a été modélisé par des chercheurs comme Forsberg (1995, 1996), Cachon et Zipkin (1999), Cachon (2001a, 2001b), Andersson et Marklund (2000), Marklund (2002), Axsäter (2005), Jemai et Karaesmen (2007) et Baboli *et al.* (2008). Elle est très répandue dans les secteurs économiques comme le secteur du *textile-habillement*, de *l'alimentaire*, les *industries pharmaceutiques* ou encore *l'industrie des ciments*. Par exemple, dans les chaînes logistiques pharmaceutiques, la dyade laboratoire/grossiste-répartiteur représente 80% des flux logistiques échangés.

Dans ces contextes, il est fréquent de constater que le fournisseur est une grande entreprise dominante *qui focalise ses décisions logistiques sur la maîtrise de ses propres stocks* et que ses clients soient des PME/PMI² *qui subissent les décisions de leur fournisseur unique*.

Par ailleurs, de nombreuses observations montrent que les demandes par client pour un même produit sont souvent corrélées entre elles. Ces corrélations peuvent être représentées par l'équation 1 comme l'ont proposé Raghunathan *et al.* (2013)

$$D(j) = M + \rho D(i) + \varepsilon(0,1) \quad (1)$$

Avec

$D(i), D(j)$: demandes des clients i et j

M : valeur moyenne de la demande

ρ : facteur de corrélation

$\varepsilon(0,1)$: valeur aléatoire qui suit une loi normale centrée réduite

Cela signifie qu'une augmentation ou une baisse de la demande des ventes chez un client se répercute sur les autres et vice versa.

² Différentes études menées au Maroc dont celle du Ministère de l'Economie et des Finances entre autres, montrent que la PME/PMI représente plus de 98% de l'ensemble du tissu productif national. Dans le secteur industriel, la PMI représente près de la moitié du tissu d'entreprises (rapport "Les PME au Maroc, Éclairage et Propositions », 2000).

2. ENJEUX DE LA RECHERCHE

Dans cette configuration particulière, nous avons identifié trois principaux enjeux centrés autour de la maîtrise du niveau des stocks:

- (i) **Un ENJEU ECONOMIQUE.** Comme le soulignent des auteurs comme Karaesmen *et al.* (2011), Arda (2008) et Marques (2010), le stock présente un important enjeu dans de telles chaînes logistiques et impacte directement leur performance. Mehrabikoushki (2008) et Taratynava (2009) relèvent que la valeur du stock peut représenter jusqu'à 40% de l'actif total de l'entreprise. Au Maroc, le coût du stock est estimé à environ 40% du coût logistique global, soit 10% de la valeur ajoutée (Rapport Banque Mondiale, 2006).
- (ii) **Un ENJEU DE REDUCTION DU GASPILLAGE ET DE DEVELOPPEMENT DURABLE.** Le stock de produits périssables devient d'autant plus critique dans un contexte de développement durable où les entreprises sont amenées à réduire leurs gaspillages (Kadim, 2009) et d'analyser l'impact de leurs processus logistiques sur l'environnement. Différents auteurs comme Hua (2012), Affisco *et al.* (2013), Chen *et al.* (2013) entre autres, ont montré comment la gestion des stocks impactait l'environnement à travers l'émission de gaz à effet de serre et les gaspillages. Karaesmen *et al.* (2011) ont estimé que le coût global des invendus dans la grande distribution pour les seuls biens de consommation et les produits pharmaceutiques est estimé à 2.57 milliards de dollars dont 22% (plus de 500 millions de dollars) de produits est détruit. Ces mêmes auteurs ajoutent que dans le secteur des fruits et légumes, les produits périmés représentent un coût de 300 millions par an.
- (iii) **Un ENJEU DE REDUCTION DE L'INCERTITUDE SUR LA DEMANDE.** Selon des auteurs comme Lee *et al.* (2000), l'incertitude sur la demande est à l'origine du phénomène dit « coup de fouet » (*Bullwhip Effect*) (Forrester, 1958), source de ruptures et/ou de surstocks au sein des chaînes logistiques. Ketchen et Hult (2007) citent le cas de Cisco qui en 2001, a dû, par sécurité se doter d'un stock de 2.5 milliards de dollars de stocks pour pallier à une perception imparfaite de l'évolution du marché. De Croix et Mookerjee (1997) citent le cas de Hewlett-Packard où il a été estimé que près de 60% du niveau des stocks s'expliquaient par l'incertitude sur la demande future.

Ces trois enjeux ont été abordés différemment que ce soit par les chercheurs ou par les professionnels.

Nous présentons ci-après les réponses respectives que nous avons pu relever dans le contexte de chaînes logistiques à deux échelons. Nous citons également les limites et les gaps identifiés, notamment ceux qui ont justifié les deux articles de recherche présentés dans cette thèse.

ENJEU ECONOMIQUE

<i>Réponses de scientifiques</i>	<i>Réponses de professionnels</i>
1. En prolongement de nombreux travaux portant sur les modèles de type <i>newsvendor</i> (Edgeworth, 1888) ou de type <i>Economic Order Quantity</i> EOQ (Harris, 1913), un courant récent de chercheurs a proposé des modèles introduisant la coopération horizontale de type partage des coûts d'acquisition (Meca. <i>et al.</i>, 2004) ou partage de stocks (Gao <i>et al.</i>, 2011). 2. Des chercheurs comme Seifbarghy et Akbari (2006), Axsäter (2005) et Abdul-Jalbar <i>et al.</i> (2003), ont étudié des modèles de gestion des stocks centralisée vs décentralisée pour en étudier l'impact sur la performance. 3. Chen et Federgruen (2000), Martinez-de-Albeniz et Simchi-Levi (2003) ont enrichi des modèles d'optimisation des stocks en y intégrant le concept d'aversion au risque (Nivoix, 2008).	Pour optimiser leurs stocks et leurs coûts logistiques, les professionnels ont adopté un pilotage centralisé de la chaîne qui s'est fondé sur des techniques comme le MRP/MRP II (<i>Manufacturing Resources Planning</i>) (Wight 1974, 1984). Puis, profitant de l'évolution des technologies de l'information, ils ont adopté les ERP (<i>Enterprise Resource Planning</i>) (Kelle et Akbulut, 2005b) et les APS (<i>Advanced Planning System</i>) (Meixell et Gargeya, 2005). Grâce à l'<i>Echange de Données Informatisé</i> (EDI), les professionnels ont favorisé un mode de pilotage décentralisé dit point-à-point où chaque acteur garde une certaine autonomie de décision tout en coordonnant ses activités par l'interconnexion de son système d'information à ceux de ses partenaires (Wagner et Essig, 2006). Ceci a conduit à des systèmes d'information inter-organisationnel (SIIO) et au concept d'entreprise étendue (Arnaud et El Amrani, 2010).

<i>Limites de ces travaux</i>	<i>Limites des réponses apportées par les professionnels</i>
La plupart des modèles analytiques n'est pas en mesure de représenter des comportements comme le mimétisme, l'opportunisme ou la rationalité limitée des acteurs de la chaîne logistique qui sont souvent à l'origine des dysfonctionnements au sein des chaînes logistiques (Marques, 2010). Les recherches qui modélisent le risque en gestion des stocks ne tiennent pas compte pour la majorité d'entre elles, de l'impact du voisinage du décideur sur son aversion face au risque de rupture ou de surstock. Pourtant certaines recherches montrent que les acteurs logistiques se comportent, décident et raisonnent en fonction de leur voisinage (Leroux et Pupion, 2011).	Dans le contexte actuel de la globalisation, les chaînes logistiques deviennent de plus en plus complexes et englobent un grand nombre d'acteurs. Une seule entité ne peut donc, dans un tel contexte qui connaît de fréquentes crises économiques et sociales, centraliser les décisions et planifier l'ensemble de la chaîne. Le pilotage de type point-à-point s'est limité à des grandes entreprises excluant une coopération globale entre tous les acteurs de la chaîne logistique (Håkansson et Persson, 2004).
<i>Notre proposition en réponse à ces constats</i>	
Voir l'article 1	Voir l'article 2

ENJEU DE REDUCTION DU GASPILLAGE ET DE DEVELOPPEMENT DURABLE

<i>Réponses de scientifiques</i>	<i>Réponses de professionnels</i>
La prise en compte de l'enjeu de durabilité et de gaspillage en gestion des stocks est relativement récente. Différents auteurs dont Bouchery <i>et al.</i> (2012) et Affisco <i>et al.</i> (2013) ont proposé des modèles d'optimisation des stocks qui tiennent compte des variables de durabilité. La plupart de ces recherches s'est limitée à introduire des variables liées au coût d'émission de CO ₂ et au coût social de surstock (gaspillage).	Pour réduire l'impact de leurs activités sur l'environnement, les entreprises ont adopté des stratégies intégrant le concept de responsabilité sociale. Dans un premier temps, celle-ci s'est limitée à la prise en compte du seul impact environnemental du transport à travers une évaluation des consommations de carburant et des émissions de CO ₂ engendrées (Riz et Keita, 2005). Au début des années 2000, les entreprises ont commencé à intégrer dans leurs réflexions et leurs stratégies, la nécessité d'étendre la problématique de responsabilité sociale à l'ensemble de leurs activités logistiques. Ceci a donné naissance à un nouveau mode de management des chaînes logistiques dit "Management Durable de la <i>Supply Chain</i> " (MDSC) (Srivastava, 2007) ou <i>Sustainable Supply Chain Management</i> (SSCM) (Seuring et Müller, 2008).
<i>Limites de ces travaux</i>	<i>Limites des réponses apportées par les professionnels</i>
Ces recherches n'ont pas étudié l'impact des contraintes d'une logistique durable sur la relation de coopération entre les différents acteurs de type partage d'informations.	Comme le souligne Hassini <i>et al.</i> (2012), l'approche par la responsabilité sociale a fortement négligé la problématique de gestion des stocks et des gaspillages qu'elle peut engendrer.
<i>Notre proposition en réponse à ces constats</i>	

Voir l'article 2

ENJEU DE REDUCTION DE L'INCERTITUDE SUR LA DEMANDE

<i>Réponses des scientifiques</i>	<i>Réponses des professionnels</i>
1. Pour réduire l'impact de l'incertitude de l'information sur la demande, différents auteurs comme De Croix et Mookerjee (1997) ou plus récemment Yan et Wang (2012) et Ganesh <i>et al.</i> (2014), ont proposé des modèles d'optimisation des stocks fondés sur le partage d'information sur la demande dans le cadre d'une coopération verticale. 2. Lee <i>et al.</i> (2000), Zhu et Thonemann (2004) entre autres, se sont intéressés à de tels modèles et y ont intégré les deux notions majeures « coût et qualité de l'échange d'information » (ou qualité de coopération) entre les acteurs de la chaîne logistique. 3. S'appuyant sur la recherche d'Eppen et Schrage (1981), des chercheurs comme Zhu et Thonemann (2004), Ali <i>et al.</i> (2012) et Ganesh <i>et al.</i> (2014) ont pris en compte dans leurs modèles le fait que les demandes des clients soient souvent corrélées dans certains secteurs économiques.	Sous l'impulsion du <i>Food Marketing Institute</i> (FMI), les professionnels ont suivi les recommandations de l'<i>Efficient Customer Response</i> (ECR) (Lohtia <i>et al.</i> , 2004) et ont développé la coopération interentreprises (Dornier et Fender, 2007), dont deux formes de se sont répandues : - La coopération verticale : les entreprises d'une même chaîne logistique ont développé des relations selon des concepts comme le <i>Vendor Management Inventory</i> VMI (Martin, 1998) et le <i>Collaborative Planning, Forecasting and Replenishment</i> CPFR (Galasso, 2007). - La coopération horizontale : les entreprises d'un même niveau dans la chaîne logistique ont développé des relations de type "Gestion Partagée des Approvisionnements Mutualisés" (GPAM) (Pan, 2010) afin de permettre une plus grande facilité de travail et d'atteindre un objectif commun (Bikram <i>et al.</i>, 2009).
<i>Limites de ces travaux</i>	<i>Limites des réponses apportées par les professionnels</i>
La majorité des modèles coopératifs existants	Dong <i>et al.</i> (2007) et Sari (2008) font

s'intéressent soit à la dimension verticale, soit à la dimension horizontale de la coopération. Nous n'avons pas trouvé de recherches qui se sont intéressées à l'étude simultanée de ces deux dimensions de la coopération et à l'impact de l'une sur l'autre (El Omari, 2009).	remarquer que les résultats concrets obtenus à travers le développement de la coopération ont souvent été exagérés par les professionnels. Pour sa part, Meschi (2005, 2006) relève que plus de la moitié des relations de coopération disparaissent dans les six années qui suivent leur création du fait de l'opportunisme de certains acteurs de la chaîne ou faute d'une répartition équitable des profits engendrés par de telles pratiques (Park et Ungson, 2001; Sambasivan <i>et al.</i> , 2013).
<i>Notre proposition en réponse à ces constats</i>	
Voir l'article 1	Voir l'article 2

3. PRESENTATION SOMMAIRE DES DEUX ARTICLES DE RECHERCHE

Nous tenons à expliquer au lecteur les éléments fondamentaux qui ont été à l'origine de cette thèse sur travaux.

L'article de Zhu et Thonemann (2004) a été l'élément déclencheur de notre thèse et nous proposons pour cette raison de le présenter de façon détaillée dans cette introduction générale. De cet article a découlé notre proposition de développer un modèle multi-agents pouvant prendre en considération de multiples clients interagissant entre eux ce que ne permet pas cette approche analytique. Nous nous sommes donc imprégné d'une posture connexionniste pour aborder la problématique de pilotage d'une chaîne logistique à deux échelons avec demandes des clients corrélées et pour développer ce modèle multi-agents.

• **Modèle de Zhu et Thonemann³**

Soit un fournisseur dominant et N petites entreprises clientes. Le fournisseur distribue un produit unique à ses clients dont les demandes $\xi_{1..N}$ sont corrélées avec un facteur ρ et sont distribuées normalement avec une moyenne μ et une variance σ^2 pour chaque client i . Chaque client i a un niveau de coopération différent r_i ($0 \leq r_i \leq 1$) avec le fournisseur. En termes de partage d'information, r_i correspond au niveau de qualité de la demande future partagée entre le client i et le fournisseur. Quand r_i est égal à 1, l'information est parfaite (niveau de coopération maximal). Quand r_i est égal à 0, aucune information n'est partagée (aucune coopération entre le client i et le fournisseur). Le niveau de coopération moyen est mesuré selon la variable r .

Etant donnée une demande future partagée avec un client donné i , $(\theta_i - \mu)$ est la différence entre la prévision et la demande moyenne. Une fois la demande confirmée, le stock baisse de la quantité correspondante. Notons $\varepsilon_i = (\xi_i - \theta_i)$, la différence ou erreur entre la demande réelle et la prévision. Selon Heath et Jackson (1994), $(\theta_1 - \mu, \dots, \theta_n - \mu)$ et $(\varepsilon_1, \dots, \varepsilon_n)$ sont indépendants et suivent une distribution normale de moyenne nulle.

Conformément à Zhu et Thonemann (2004), $\theta_i \sim \mathcal{N}[\mu, r\sigma^2]$ et $\varepsilon_i \sim \mathcal{N}[0, (1-r)\sigma^2]$ quand $0 \leq r \leq 1$. Il est aussi supposé que θ_i et θ_j ainsi que ξ_i et ξ_j sont corrélés avec le coefficient de corrélation ρ ($\theta_j = \rho \theta_i + \varepsilon$).

L'écart-type de la demande totale est : $\tau = \sigma\sqrt{N} + N(N-1)\rho$ avec $-1/(N-1) < \rho < 1$ avec $N > 1$. Conformément au modèle de Zhu et Thonemann (2004), la fonction coût du fournisseur suit le programme dynamique suivant:

³ Zhu, K. et Thonemann, U.W. (2004). "Modeling the Benefits of Sharing Future Demand Information", *Operations Research*, 52(1), 136-147.

$$\text{Min}_{0 \leq n \leq N} \{k_l n + E(\theta_1, \dots, \theta_n) \min_y [c_1 y + E(\xi_1, \dots, \xi_n) | (\theta_1, \dots, \theta_n) \cdot ((p_1 (\sum_{i=1}^N \xi_i - y)^+ + h(y - \sum_{i=1}^N \xi_i)^+))]\} \text{ avec:} \quad (2)$$

k_l coût du fournisseur par client échangeant de l'information sur la demande future

c_1 coût du fournisseur par unité commandée

p_1 coût du fournisseur unitaire de rupture

h coût du fournisseur unitaire de possession de stock

y niveau de stock (le stock initial en début de programme est considéré comme nul)

La politique optimale permet au fournisseur de définir une quantité optimale à approvisionner y^* entraînant un coût total minimum $g(n)$ et un nombre optimal n^* de clients avec qui échanger de l'information (voir démonstration dans Zhu et Thonemann(2004)).

$$y^* | (\theta_1, \dots, \theta_n) = N\mu + \frac{1+(N-1)\rho}{1+(n-1)\rho} (\sum_{i=1}^n \theta_i - n\mu) + z\tau \sqrt{\frac{(1-\rho)(N-n)+n[1+(N-1)\rho(1-r)]}{N+N(n-1)\rho}} \quad (3)$$

avec $z = \Phi^{-1}(p_l - c_1)/(p_l + h)$, Φ étant la fonction de répartition de la loi normale.

$$g(n) = k_l n + c_1 N\mu + (p + h) \Phi(z) \tau \sqrt{\frac{(1-\rho)(N-n)+n[1+(N-1)\rho(1-r)]}{N+N(n-1)\rho}} \quad (4)$$

• *Positionnement des travaux réalisés*

Pour des raisons de clarté, nous présentons dans le tableau 1, le caractère de la recherche, la posture épistémologique, le type de modèle, les enjeux ainsi que les références théoriques majeures dont s'inspire chaque article.

Tableau 1. Classification des articles de recherche

	ARTICLE 1	ARTICLE 2
Caractère de la recherche	A visée théorique	A visée applicative
Posture épistémologique	Connexionniste	
Type de modèle	Modèle multi-agents et modèle d'optimisation	
Enjeu économique	X	X
Enjeu de réduction du gaspillage et de développement durable		X
Enjeu de réduction de l'incertitude sur la demande	X	X
Référence bibliographique majeure en optimisation des stocks	Zhu et Thonemann (2004)	
Référence bibliographique majeure en simulation	Li, G., Yang, H., Sun, L. , Ji, P. et Feng, L. (2010)	
Publications acceptées dans des revues classées à comité de lecture	Berrada el Azizi, M., Thiel, D. , "Partage d'informations dans une chaîne logistique à deux échelons: une approche multi-agents ", article soumis à <i>Journal Européen des Systèmes Automatisés</i> , accepté en juillet 2014.	Berrada el Azizi, M., Thiel, D., "Partage d'information sur la demande et réduction du gaspillage au sein des chaînes logistiques : cas des entreprises de distribution de produits pharmaceutiques au Maroc ", <i>Communication et Management</i> , accepté en février 2014.

- **Présentation sommaire des deux articles**

Article 1. Coopérations verticale et horizontale dans une chaîne logistique à deux échelons: une approche multi-agents

Nous avons construit un modèle multi-agents d'une chaîne logistique à deux échelons qui prend en compte la double dimension de la coopération verticale et horizontale. Ce modèle se fonde sur les principes suivants: (i) Les clients partagent l'information sur la demande future avec le fournisseur (avec des niveaux de qualité r_i différents) conformément à la recherche de Zhu et Thonemann (2004) mais également des recherches de Helper *et al.* (2010) et de Yanfeng (2007), (ii) Le fournisseur utilise l'information sur la demande future de ses clients pour définir le stock optimal à acquérir conformément au modèle de Zhu et Thonemann (2004), (iii) Le fournisseur distribue le stock en favorisant en premier, les clients qui coopèrent le plus (dont le r_i est le plus élevé), (iv) Conformément aux recherches de Chen *et al.* (2007), de Xiao et Yang (2009) et d'Egri (2012) sur l'aversion des acteurs logistiques face au risque, notre modèle considère que les agents « clients » peuvent adopter des comportements dits "riskophiles", "modérés" ou "riskophobes" envers le risque de rupture de stocks. Un client riskophobe s'aligne sur le niveau de coopération du voisin dont le r_i est le plus élevé, un client riskophile s'aligne sur le niveau de coopération du voisin dont le r_i est le moins élevé et un client modéré s'aligne sur le niveau de coopération moyen de ses voisins.

Article 2. Partage d'information sur la demande et réduction du gaspillage au sein des chaînes logistiques : cas des entreprises de distribution de produits pharmaceutiques au Maroc

Cet article à caractère applicatif s'intéresse à des chaînes logistiques pharmaceutiques. Le travail mené cherche à répondre à la question suivante: quel est l'impact de la diffusion de la responsabilité en termes de coopération (notion qui découle de la responsabilité sociale mais qui est plus restreinte) parmi les grossistes-répartiteurs (entreprises clientes), sur la réduction du gaspillage en stock chez le laboratoire (fournisseur).

Pour l'élaboration de notre modèle multi-agents, nous adoptons une double approche méthodologique : (i) conduite d'une étude exploratoire hybride pour identifier les pratiques de coopération verticale et horizontale au sein des chaînes logistiques en question, (ii) approche par simulation multi-agents.

Les hypothèses retenues se fondent sur les observations de notre enquête exploratoire et sur les résultats de plusieurs autres recherches.

Nous les résumons comme suit :

(i) Nous considérons que le laboratoire pharmaceutique utilise un modèle « centralisateur » et nous optons pour le modèle proposé par Zhu et Thonemann (2004),

(ii) Nous choisissons l'hypothèse qu'un grossiste situé à proximité ⁽⁴⁾ d'autres grossistes plutôt socialement responsables, deviendra à son tour responsable par mimétisme (Leroux et Pupion, 2011 ; DiMaggio et Powell, 1983). Par similitude avec le courant néo-institutionnaliste, nous proposons qu'un grossiste responsable dans un voisinage de grossistes non responsables, devienne non responsable. Par similitude avec le courant évolutionniste, nous proposons l'hypothèse qu'un grossiste responsable situé dans un voisinage où tous les grossistes sont responsables, devient non responsable.

(iii) Conformément aux observations de Sarkis *et al.* (2011) et De Brito *et al.* (2008), nous considérons qu'un grossiste responsable vise à réduire les gaspillages en stock et choisi un potentiel de coopération élevé avec son fournisseur unique, le laboratoire. Par opposition, un grossiste non responsable cherche à réduire son coût en réduisant son potentiel de coopération au détriment du gaspillage en stock que peut engendrer cette décision.

4. STRUCTURE DE LA THESE

Nous avons choisi de structurer cet ouvrage en quatre chapitres :

Chapitre 1. Il s'agit d'une introduction générale qui donne un aperçu des différents travaux menés dans un contexte précis et par rapport à des enjeux scientifiques et professionnels identifiés.

Chapitre 2. Nous exposons une revue de littérature générale sur les concepts clés de l'organisation et du management des chaînes logistiques.

⁴ La distance n'est pas forcément euclidienne, la proximité pouvant correspondre à une appartenance de mêmes clients à une association professionnelle ou autre.

Chapitre 3. Du fait qu'il s'agit d'une thèse sur travaux composée de deux articles distincts, nous n'exposerons pas de méthode de recherche spécifique à chaque article mais une démarche correspondant à notre posture épistémologique commune qui est celle du connexionnisme. Nous exposerons trois approches de modélisation des systèmes : le réductionnisme, l'holisme et le connexionnisme. Puis, nous présentons le concept de systèmes adaptatifs complexes qui découle du connexionnisme. Enfin, nous présentons les principes de la simulation multi-agents que nous avons adoptés dans les différents articles.

Chapitre 4. Il est composé de deux articles qui présentent des modèles multi-agents de chaînes logistiques à deux échelons et les résultats majeurs de simulation obtenus. Le premier article expose le modèle de base de tous nos travaux et sa portée est plutôt théorique. Le second article s'inspire de ce modèle et l'applique au secteur de la distribution des produits pharmaceutiques avec une problématique particulière.

Chapitre 5. La conclusion générale résume les contributions scientifiques et managériales selon les trois enjeux majeurs évoqués tout au long de cette thèse. Des perspectives de recherche y sont ensuite présentées.

CHAPITRE 2. REVUE DE LITTÉRATURE SUR LE MANAGEMENT DES CHAINES LOGISTIQUES

INTRODUCTION

L'objectif d'une revue de littérature est de présenter les concepts clés concernés par l'objet de la recherche en vue de permettre aux différents lecteurs de comprendre l'objectif et les résultats du travail de recherche.

Notre revue de littérature commune aux deux articles s'inscrit dans cet état d'esprit et se structure en les deux chapitres majeurs suivants :

Organisation et Management des chaînes logistiques. Dans cette section, nous proposons une revue de littérature en lien avec l'objectif de notre recherche qui s'intéresse aux concepts majeurs portant sur les chaînes logistiques, leur organisation et leurs techniques de management.

Nous les présenterons dans l'ordre suivant :

1. *L'émergence, les définitions.* Nous expliquons l'émergence des chaînes logistiques et présentons une revue actualisée des différentes définitions du concept de chaîne logistique.
2. *Les topologies de la chaîne logistique.* Nous présentons les différentes topologies des chaînes logistiques.
3. *Les structures décisionnelles au sein de la chaîne logistique.* Nous présentons une définition des structures centralisées et décentralisées des chaînes logistiques et les atouts de chacune de ses structures organisationnelles.
4. *Le management des chaînes logistiques.* Nous exposons les définitions majeures du paradigme de management de la chaîne logistique. Puis nous exposons les différentes techniques de pilotage des flux logistiques comme le MRP/MRP II et le Juste à Temps.

5. *Les méthodes d'optimisation des chaînes logistiques.* Nous présentons particulièrement les modèles de pilotage des stocks, thème majeur de notre thèse.

6. *La coopération interentreprises.* Nous rappelons les définitions du concept de coopération logistique et présentons les différentes techniques de coopérations : verticale et horizontale.

7. *La performance des chaînes logistiques.* Après une définition du concept de performance d'une chaîne logistique, nous présentons différents indicateurs classiques de mesure de cette performance ainsi que leurs limites. Puis nous nous intéressons aux indicateurs clés qui comportent les différents coûts de stockage, le coût de coopération et le coût social de surstock.

Par ailleurs, chaque article comprend une revue de littérature qui lui est spécifique et ce conformément à la problématique de la recherche. Nous résumons cette revue de littérature spécifique dans le tableau 2.

Tableau 2. Structure de la revue de littérature par article

	Revue de littérature spécifique présentée dans chaque article au chapitre 3
Article 1	- Partage d'information sur la demande - Modèle de gestion des stocks fondés sur le partage d'information - Modèles de gestion des stocks tenant compte de l'aversion au risque
Article 2	- Modèles de gestion des stocks dans un contexte de développement durable - La Responsabilité Sociale des Entreprises et le Management Durable des chaînes logistiques.

Les références principales mobilisées pour la thèse pour notre premier chapitre sont résumées dans la Figure 1.

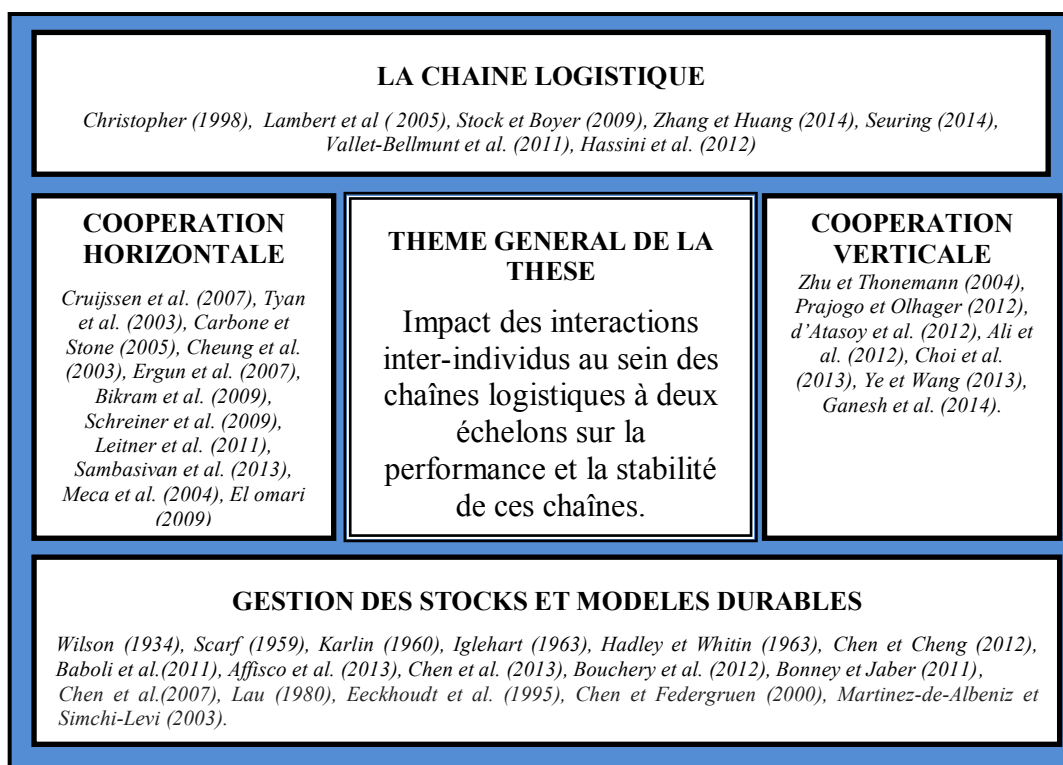


Figure 1. Références principales mobilisées pour la thèse.

REVUE EXTENSIVE DE LITTERATURE

Les termes chaîne logistique et management des chaînes logistiques sont deux concepts qui gagnent de plus en plus en popularité et en importance (Naslund et Williamson, 2010). Egalement désignés par les termes anglo-saxons *Supply Chain* et *Supply Chain Management*, ces concepts se diffusent de plus en plus au sein des entreprises qui prennent conscience de leur intérêt stratégique.

Chaînes logistiques et leur management font appel à différentes méthodes et concepts comme le MRP/MRP II (*Material Requirements Planning/Manufacturing Resource Planning*), le DRP (*Distribution Requirements Planning*) et le juste-à-temps, ... et à différentes technologies et concepts comme l'EDI (Echange de Données Informatisé), l'ERP (*Enterprise Resource Planning*), l'APS (*Advanced Planning and Scheduling*), etc. Les relations de coopération interentreprises sont également souvent citées dans les recherches consacrées à ces concepts.

L'objectif de cette section est de présenter les définitions des différents termes que nous utiliserons tout le long de notre présentation, en vue de permettre la compréhension de notre travail de recherche par les lecteurs non experts du management des chaînes logistiques.

1. Emergence et définition de la chaîne logistique

La chaîne logistique trouve son origine dans le domaine militaire. Mais elle s'est généralisée dans le monde industriel après la seconde guerre mondiale. Jusqu'aux années 70, la logistique était considérée comme une fonction de deuxième rang et jouait un rôle secondaire dans la gestion des entreprises. Confrontés à des tâches liées aux activités comme le transport, la manutention et le stockage, les décideurs ont cherché à dégager la meilleure efficience à un niveau local. Mais ils se sont rendus très vite compte que les problèmes liés à la logistique nécessitent une approche globale et systémique (Chardine-Baumann, 2011) ce qui a favorisé le décloisonnement des principales fonctions impliquées par la logistique dans le cadre d'une vision transversale et la genèse de la fonction logistique. A partir du milieu des années 90, cette fonction a intégré la gestion des relations entre l'entreprise et ses partenaires, relations caractérisées par la compétition et l'affrontement entre les entités de ce réseau d'entreprises, dont les attitudes étaient individualistes et fondées sur l'optimisation locale. Ceci a conduit à l'apparition du phénomène dit "Effet Coup de Fouet" ou *Bullwhip Effect* (Forrester, 1958), effet qui pénalise la performance de la chaîne dans sa globalité. Conscientes de cette situation, les entreprises sont passées à une nouvelle forme relationnelle fondée sur un partenariat stratégique entre les entreprises du réseau (Kerbache et Smith, 2004). Emerge dès lors la notion de Chaîne Logistique (*supply chain*), notion qui séduit de plus en plus de chercheurs comme le montrent entre autres, Vallet-Bellmunt et al. (2011), Hassini et al. (2012) ou encore Seuring (2011, 2014).

Le terme chaîne logistique n'a pas de définition universelle. On l'associe généralement à la notion de réseau d'entreprises (Christopher, 1998). Pour Zhang et Huang (2014), la chaîne logistique est *"l'ensemble intégré des processus : d'approvisionnement en matières premières, de la production et la transformation, du transport des produits, de la gestion des stocks, la vente de produits finis, ainsi que le service après-vente offerts aux utilisateurs, sont liés. Le réseau de la chaîne d'approvisionnement se compose généralement des fournisseurs, des fabricants, des entrepôts, des centres de distribution et des concessionnaires, etc."*.

Pour Christopher (2005), elle englobe tous les processus et activités directs ou indirects allant de l'amont jusqu'à l'aval pour répondre à une demande de client, autrement dit "du fournisseur du fournisseur au client du client". D'autres définitions existent et essaient de délimiter les contours de la chaîne logistique (cf. Tableau 3) parmi lesquelles la définition donnée par Christopher (1992) *"réseau d'entreprises qui participent, en amont et en aval, aux différents processus et activités qui créent de la valeur sous forme de produits et de services apportés au consommateur final"*. Cette définition se focalise donc sur un produit (ou service) et surtout sur le processus d'ajout de valeur dans la chaîne⁵.

Tableau 3 . Evolution des définitions de la chaîne logistique

Auteurs	Définitions
Lee et Billington (1993)	"Réseau d'installations qui assurent les fonctions d'approvisionnement de matières premières, de transformation de ces matières premières en composants puis en produits finis, et de distributions des produits finis vers les clients". La chaîne logistique peut être aussi perçue d'une manière plus opérationnelle, les fonctions nécessaires à la fabrication du produit apparaissant alors plus explicitement.
La Londe et Masters (1994)	"Ensemble d'entreprises, en général indépendantes, qui participent à la fabrication d'un produit, en se transmettant des matières, et à son acheminement jusqu'à l'utilisateur final". Les auteurs conservent la notion de flux matière mais soulèvent le fait que les entreprises qui constituent la chaîne logistique sont des entités indépendantes.
Tayur <i>et al.</i> (1999)	"Un système de sous-traitants, de producteurs, de distributeurs, de détaillants et de clients entre lesquels s'échangent les flux de matières dans le sens des fournisseurs vers les clients et des flux d'information dans les deux sens". Les auteurs mettent en évidence la notion de flux matière et d'information en définissant une chaîne logistique comme un réseau
Govil et Proth (2002)	"Un réseau global de d'organisations qui coopèrent pour réduire les coûts et augmenter la vitesse des flux de matières et d'informations entre les fournisseurs et les clients. L'objectif de la chaîne logistique est la satisfaction client". Cette définition de la chaîne logistique intègre l'évolution du marché, de plus en plus concurrentiel et exigeant une amélioration de la performance globale. Elle souligne l'importance de l'aspect coopératif pour atteindre de meilleurs résultats globaux, et donc la nécessité de définir et mettre en œuvre un processus de partage.
Giard (2003)	"La chaîne logistique implique la nécessité de prendre en compte lors d'une décision locale, son impact sur la performance au niveau de toute la chaîne logistique". Cette définition s'intéresse aux deux dimensions : (i) les interfaces entre entreprise-fournisseur direct et entreprise-client direct, (ii) l'échange d'informations vers l'amont et vers l'aval.

⁵ On retrouve des définitions similaires chez Li (2007) et Goetschalckx (2011).

Chardine-Baumann (2011)	"(i) Une chaîne logistique se rapporte généralement à un produit fini/service ou à une famille de produits finis/services donnés, (ii) elle fait intervenir plusieurs entreprises autonomes, (iii) ces entreprises sont liées entre elles par les trois flux : information, physique et financier, (iv) les entreprises coopèrent et s'allient pour mieux s'adapter aux nouvelles contraintes du marché, (v) une chaîne logistique paraît très étendue, d'abord parce qu'il existe presque toujours un fournisseur du fournisseur et parce qu'il est difficile de savoir où s'arrête la consommation d'un produit lorsque par exemple on introduit la notion de recyclage, (vi) la chaîne logistique doit intégrer les nouvelles contraintes liées au développement durable."
-------------------------	---

Les recherches récemment menées sur le thème de l'organisation des chaînes logistiques prennent en compte les nouvelles contraintes de développement durable. Ainsi, des auteurs comme Seuring (2008, 2102) ou Ahi et Searcy (2013) proposent la définition élargie suivante:

"...chaîne logistique coordonnée avec intégration volontaire des considérations économique, environnementale et sociale avec une conception des principaux processus inter-organisationnels, orientée gestion efficace des matières, de l'information et des flux de capitaux liés à la passation des commandes, à la production et à la distribution de produits et services qui répondent aux besoins des parties prenantes et qui améliorent la rentabilité, la compétitivité et la robustesse de l'organisation à court et à long termes".

2. Topologies des chaînes logistiques

Selon Angerhofer et Angelides (2006) et Francois (2007), la chaîne logistique peut se structurer selon trois formes topologiques majeures :

(i) Structure convergente : cette topologie concerne les entreprises comme les constructeurs de voitures où les fournisseurs de rang 1 sont les équipementiers (carrosserie, pare-brise,...) et les fournisseurs de rang 2 sont par exemple les fournisseurs des sièges ou les fournisseurs de matériaux textiles,...

(ii) Structure divergente : cette topologie concerne des entreprises comme le secteur des semi-conducteurs et les assembleurs. Les clients de rang 1 sont des constructeurs de puces, les clients de rang 2 sont des constructeurs de circuits intégrés et enfin, les clients de rang 3 sont par exemple les assembleurs de téléphones mobiles. Dans cette thèse, nous avons étudié la structure des chaînes logistiques de distribution des produits pharmaceutiques. Dans de telles

chaînes, les clients de rang 1 sont les répartiteurs-grossistes et les clients de rang 2 sont les parapharmacies.

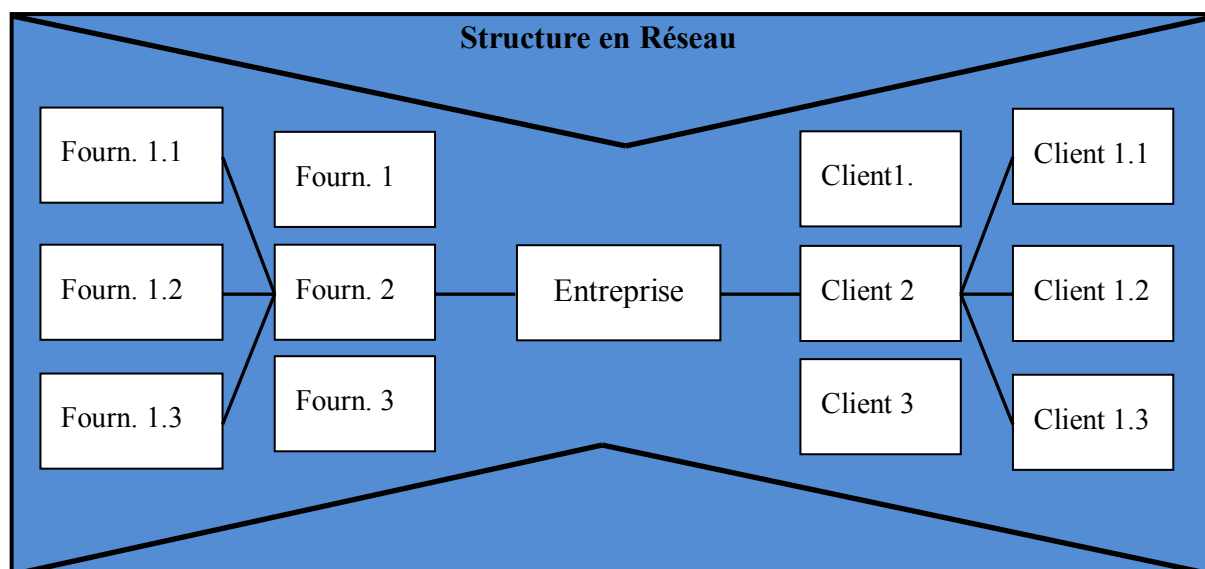


Figure 2. Topologies des chaînes logistiques

(iii) Une topologie de type "réseau" (cf. Figure 2): la chaîne présente des ramifications plus ou moins grandes et étendues, selon la complexité des produits: une entreprise peut ainsi se trouver en rapport avec plusieurs fournisseurs et plusieurs clients.

3. Les structures décisionnelles au sein de la chaîne logistique

Le pilotage de la chaîne logistique dépend de son mode d'organisation et de la nature des entreprises qui la constituent. Parmi les structures décisionnelles relevées par Jia (2012), figurent la structure décisionnelle centralisée et la structure décisionnelle décentralisée.

3.1 Structure centralisée

La structure décisionnelle dite "centralisée" correspond au cas où un seul centre de décision central contrôle les autres entités de la chaîne à travers la gestion de toutes les informations et décisions (Baboli *et al.* , 2011; Jia, 2012).

Les chaînes logistiques à décision centralisée sont rencontrées dans les deux cas de figure suivants :

(i) il existe un acteur extérieur qui regroupe toutes les informations nécessaires à la prise de décision qu'il traite puis diffuse le résultat de son traitement (calcul de besoin, plan d'approvisionnement ou programme directeur de production) à chaque acteur de la chaîne,

(ii) il existe un pilote (*leader*) au sein de la chaîne, qui remplit ce rôle,

Dans une telle structure de décision, l'entité de décision centrale peut s'appuyer sur des méthodes analytiques pour élaborer des décisions qui optimisent les activités de chaque entité, lui permettant d'atteindre ses objectifs individuels tout en tenant compte de l'intérêt collectif. Cependant, la structure décisionnelle centralisée paraît de moins en moins adaptée du fait de la complexité et l'internationalisation croissantes des chaînes logistiques. Dans ce contexte, l'entité centrale doit traiter et analyser une quantité d'informations de plus en plus importante. La moindre défaillance ou erreur lors de l'échange d'information entre le centre pilote et les entités, engendre des dysfonctionnements importants au niveau de toute la chaîne.

3.2. Structure décentralisée (distribuée)

Dans les structures décentralisées (Jemai, 2003; Chen et Cheng, 2012; Schmitt *et al.* , 2014), chaque entité est responsable de son propre développement et de ses décisions optimales locales. Aucune des entités n'assure que les décisions prises à un niveau local sont cohérentes par rapport aux objectifs de la toute la structure. De telles structures décisionnelles s'observent souvent quand les entreprises sont juridiquement indépendantes. Pour assurer un pilotage cohérent de ce type de chaînes, l'échange d'information joue un rôle crucial (Jia, 2012; Datta et Christopher, 2011). Cette structure décentralisée permet de diminuer la quantité d'information à traiter dans chaque centre de décision et de préserver les contraintes d'autonomie locale qu'un système centralisé enfreint. Cependant, des auteurs comme Duan et Liao (2013) et Xiao et Xu (2013) rappellent que la souplesse et la rapidité d'adaptation des structures décisionnelles décentralisées aux changements de l'environnement, sont pénalisées par les conflits d'intérêt qui peuvent apparaître entre les différentes entités, ce qui bloque

toute coopération entre elles et diminue leur performance par rapport aux chaînes logistiques à décision centralisée.

Il existe deux types de structures décentralisées :

Structure point-à-point: Cette structure est considérée comme un cas particulier des chaînes décentralisées. La communication et l'échange d'information se limitent à l'entreprise avec ses partenaires directs (clients et fournisseurs). Dans le cas de l'industrie manufacturière, ce type de coordination se fait à travers différentes méthodes comme le MRP/MRP II, le DRP ou le Juste-A-Temps.

Mode coopératif : les entreprises instaurent un partage d'information et de ressources dans le cadre de relations de coopérations verticale et horizontale conformément aux démarches dites ECR ou QR⁶.

4. Le management des chaînes logistiques

4.1 Définition

Le concept de management de la chaîne logistique ou *Supply Chain Management* (SCM) a fait l'objet de nombreuses définitions dont celle de Mentzer *et al.* (2001). Ces auteurs définissent le SCM comme une façon de gérer les flux matières et informationnels entre les entreprises de la chaîne.

Ils identifient trois idées directrices à la notion de *Supply Chain Management* :

(i) le SCM est compris comme une philosophie de management qui étend le concept de partenariat jusqu'à le considérer comme un effort d'entités multiples pour gérer le flux de biens, du fournisseur jusqu'au client final,

(ii) le SCM est la mise en œuvre de cette philosophie, intégrant les comportements des différents acteurs, le partage mutuel d'informations, de risques et d'opportunités, le partage d'objectifs et d'une volonté de servir au client,

⁶ ECR: *Efficient Consumer Response*, QR : *Quick Response*.

(iii) le SCM regroupe l'ensemble des processus de management : processus de gestion des relations entre les partenaires, des informations, des flux matériels, de la demande.

Stadtler et Kilger (2000) représentent les composantes du management de la chaîne logistique sous la forme de la "Maison du SCM" (cf. Figure 3), dont :

(i) le toit correspond aux objectifs du SCM en termes de réponse aux besoins des clients et de compétitivité de la chaîne logistique, objectifs qui reposent sur deux piliers :

(ii) le pilier de l'intégration : concerne la création de la chaîne logistique et des partenariats entre les différents acteurs,

(iii) le pilier de la coordination : concerne l'utilisation des nouvelles technologies de l'information et de la communication qui permettent de véhiculer et de traiter l'information pour la gestion efficace des trois flux (matières, informations et finances).

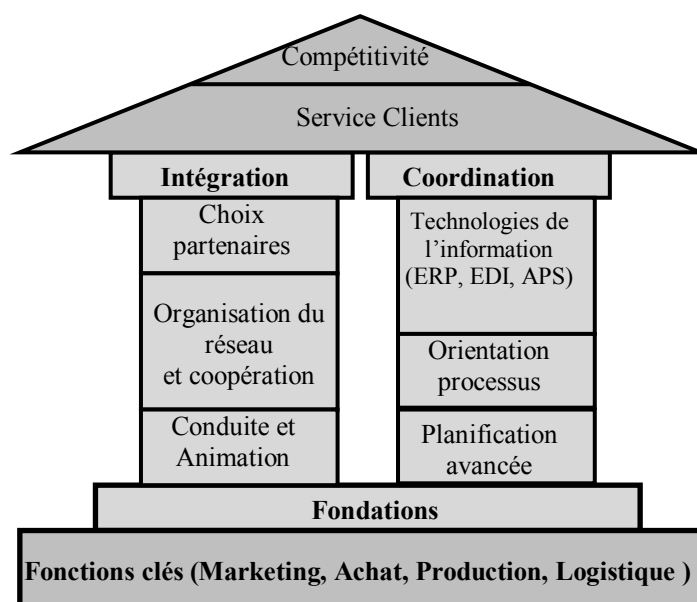


Figure 3. La Maison du Management de la chaîne logistique
d'après Galasso (2007)

Dornier et Fender (2007) présentent les caractéristiques essentielles du management de la chaîne logistique comme suit :

- (i) la dimension relationnelle : il s'agit d'un processus continu sur une période de temps étendue et sur une base répétitive, qui se confond avec un apprentissage mutuel interactif en opposition au simple mode transactionnel,
- (ii) la poursuite d'objectifs communs entre les membres du canal logistique dont les effets seront bénéfiques et partagés, et qui aboutira à la création d'actifs spécifiques,
- (iii) l'égalité des partenaires sous une forme de donnant-donnant,
- (iv) le nécessaire changement de posture à partir d'une posture initiale, caractérisée par la forte dimension concurrentielle des relations, la pauvreté des informations partagées, l'absence d'expériences passées permettant de développer la confiance, considérée comme une donnée intrinsèque de la relation de coopération,
- (v) l'optimisation globale est privilégiée plutôt que les optimisations locales.

4.2. Technologies informatiques utilisées pour un management efficace des chaînes logistiques

- ***Entreprise Resource Planning (ERP)***

L'application du MRP/MRP II et du DRP s'est vite appuyée sur l'utilisation de logiciels de GPAO (Gestion de Production Assistée par Ordinateur) qui permettent un traitement informatique des procédures. Les logiciels de GPAO ont évolués vers des applications plus globales dites ERP, puis vers des solutions intégrant les fonctions de management stratégique de la chaîne : les APS.

De telles applications ont permis aux entreprises de réaliser des gains substantiels. Par exemple, Harris Corporation déclare avoir réduit ses stocks de 2,2 millions de dollars en

quatre-vingt-dix jours. Hilti annonce avoir amélioré son taux de rotation des stocks de 37% en sept mois. Dell a affirmé avoir économisé 2 milliards de dollars⁷.

Limites majeures des ERP : les limites des ERP sont nombreuses et découlent des limites habituelles des projets d'organisation et des projets informatiques. Néanmoins, nous citons celles relevées par les responsables de la logistique⁸ :

(i) Dans les ERP classiques, la saisonnalité est gérée au niveau de la prévision, mais pas au niveau de la série économique. Ceci entraîne la planification involontaire de surstock par l'utilisation des ERP,

(ii) Dans certains domaines bien précis comme les prévisions, les entreprises sont obligées d'utiliser des outils pointus qui prennent en compte leurs contraintes spécifiques (comme par exemple l'influence de la météo sur la vente des glaces ou des soupes)

- ***Advanced Planning System (APS)***

Ces applications sont nées de l'ajout aux ERP de fonctionnalités de type planification, production et prévision de la demande. Les APS peuvent notamment prendre en compte des contraintes de capacité des ressources, simuler plusieurs scénarios de planification et gérer plusieurs sites de production (Genin *et al.* , 2007). Les APS s'appuient souvent sur la programmation linéaire et les algorithmes génétiques. Ils peuvent intégrer différentes logiques de calcul de besoins et sont capables d'optimiser la plupart des fonctions des entreprises : achat, production, transport, distribution et ventes. Les fonctionnalités des APS peuvent être utilisées pour optimiser l'intégration et le partage d'informations des chaînes logistiques (Stadtler et Kilger, 2005) (cité par Galasso, 2007) (*cf.* Figure 4).

⁷ Extrait Usine Nouvelle (2001), "Les APS optimisent la planification et la gestion industrielle", <http://www.usinenouvelle.com/article/les-aps-optimisent-la-planification-et-la-gestion-industrielle.6090>

⁸ Supply Chain Magazine (2009), "Votre ERP peut-il tout faire ?", 39, pp. 90-98.

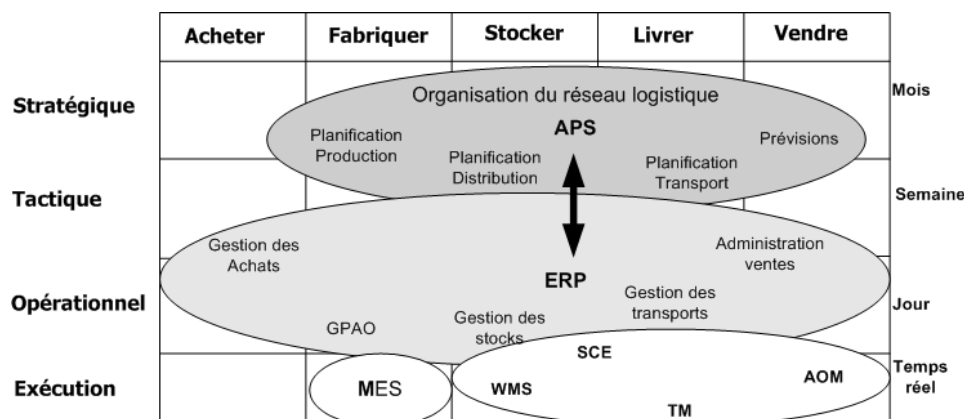


Figure 4. Applications informatiques pour la gestion des chaînes logistiques
selon Galasso (2007)

- ***Le Customer Relationship Management (CRM)***

La gestion de la relation orientée client est également un outil support à la coordination. Il permet en effet une gestion optimisée de la relation client-entreprise, afin de mieux comprendre les besoins des clients et ainsi les attirer, les satisfaire et les retenir. Ce type d'approche a été motivé par la versatilité toujours plus grande des clients. Le CRM a pour objectif une gestion optimisée de la relation client entreprise afin de mieux comprendre et satisfaire les besoins des clients (Tseng et Huang, 2007).

- ***Le Manufacturing Execution Systems (MES)***

Ces applications dites de suivi, permettent d'effectuer le lien entre l'informatique industrielle et l'informatique de gestion. Elles récupèrent les données de l'atelier, d'un poste de travail, etc. en temps réel et les intègrent au système d'information.

D'autres applications existent comme le *Warehouse Management Systems* (WMS) qui permet une gestion multi-magasins et l'optimisation de l'entreposage, le *Transport Management* (TM), application dédiée à la gestion et à l'optimisation des activités de transport et enfin, l'*Advanced Order Management* (AOM), application de gestion avancée des commandes.

- **Echange de Données Informatisées (EDI)**

L'EDI peut être défini comme "un procédé permettant de transférer directement d'ordinateur à ordinateur des données structurées, suivant une syntaxe et des messages préétablis, via des réseaux de télécommunications" (Charmot, 1997). Il repose sur une communication inter-organisationnelle standardisée entre des systèmes informatisés d'information et des composants technologiques (Damsgaard et Lyytinen, 2001). L'EDI présente différents avantages dont les plus cités sont : (i) la réduction de papiers, d'erreurs, de délais, de ressources humaines et la réduction de stocks (Bourland *et al.*, 1996), (ii) qualité et de sécurité dans la transmission des commandes et possibilité de réduire le temps et le coût des transactions (Abecassis-Moedas et Grenier, 2007; Prosser et Nickl, 1997)

Le coût de mise en place des applications EDI est variable, et peut même être gratuit pour des versions très simples (Rouibi, 2012). Cette observation est contredite par Lehtonen *et al.* (2005) qui rappelle que le coût final d'une version complète d'un tel outil peut atteindre plusieurs milliers d'euros. Ce coût dépend de plusieurs paramètres (volumes d'échange d'informations, nombre de documents électroniques, le temps d'implémentation, les coûts de maintenance, ...).

5. Les méthodes d'optimisation des chaînes logistiques

Pour optimiser le coût global de toute la chaîne logistique, différentes techniques et méthodes ont été adoptées. Nous nous limitons à citer celles les plus utilisées, à savoir le Système MRP/MRP II, le DRP, l'ERP, l'EDI et le Juste à Temps.

5.1. Material Requirements Planning "MRP"

Cette méthode a été adoptée par les entreprises et les professionnels dès les années 70. La littérature sur cette politique est très riche et la première référence décrivant ses fondements est celle d'Orlicky (1975). L'auteur présente les avantages du MRP. Nous pouvons citer également Vollmann *et al.* (1992), qui présente un recueil des premiers travaux étudiant la politique MRP. Cette dernière référence comporte des discussions intéressantes qui mettent en valeur les différents problèmes liés à la politique MRP, tels que les paramètres de sécurité, la capacité de production, etc.

5.2. Distribution Resource Planning "DRP"

Le DRP a été mis au point dans les années 1980 par Martin (1990). Le DRP se veut un processus de gestion des approvisionnements en cascade de tous les points d'un réseau de distribution qui marque le début de l'intégration de la chaîne logistique.

Les besoins des entrepôts sont calculés et simulés sur un horizon de plusieurs semaines, en fonction de la demande prévisionnelle, laquelle est réactualisée hebdomadairement. L'ensemble des sites de production et de distribution étant relié et interconnecté, les besoins du marché sont alors répercutés, consolidés et intégrés jusque dans le programme directeur de production (PDP).

Le DRP permet d'évaluer l'impact d'une hausse des ventes, d'une promotion, d'une cannibalisation des ventes, d'un lancement de nouveau produit, d'une rupture de stock... sur l'ensemble du réseau de distribution en termes de taux de service, de couverture de stock, de besoins en main d'œuvre, en surface de stockage, en nombre de camions, en trésorerie, etc.

Limites du MRP/DRP et des ERP

(i) La technique MRP ne tient pas en compte les contraintes de capacité du système d'approvisionnement lorsqu'elle calcule les ordres à planifier. Ainsi, les délais d'approvisionnement ne reflètent pas les temps d'attente liés à la charge et la capacité du système d'approvisionnement,

(ii) Une attention importante est portée sur les problèmes de calcul de la taille de lot multi-niveaux à capacité limitée (ARDA, 2008),

(iii) En présence des incertitudes (liées aux quantités de demande prévisionnelle, dates de demande prévisionnelle, délais d'approvisionnement, quantités approvisionnés), la politique MRP nécessite la mise en place de paramètres de sécurité comme les stocks de sécurité et les délais de sécurité.

5.3. Politiques Juste à Temps (JAT) et système "Kanban"

Vers les années 1970, les entreprises ont adopté une nouvelle approche de pilotage de la chaîne logistique en mode "flux tirés". Il s'agit du *Juste à Temps* (Groenevelt, 1993; Ohno, 1988) dont découle le fameux système *Kanban* (carte en japonais) (Shingo, 1983; Sekine, 1983; Shingo, 1989). Les premiers travaux parlant du système JAT et du système Kanban sont ceux présentés par Sugimori *et al.* (1977) et Kimura et Terada (1981).

Limites du Juste à Temps

Malgré sa large diffusion dans le secteur industriel, différents auteurs ont souligné les limites du juste à temps. S'intéressant aux cas de Renault et PSA, Armelle Gorgeu et René Mathieu⁹ ont rappelé le nombre faible de leurs fournisseurs ayant mis en place une telle approche, faute du coût élevé qu'elle engendre. Gorgeu et Mathieu (2003) rappellent que profitant de la mise en place du juste-à-temps, les constructeurs automobiles ont baissé les prix d'achat auprès de leurs sous-traitants de 4 à 8%. Ceci a créé de réels problèmes chez ces sous-traitants. Takahashi *et al.* (1997) ont par ailleurs souligné les phénomènes d'instabilité et de chaos déterministe qui se produisent dans des organisations fonctionnant suivant une logique JAT.

5.4. Gestion et optimisation des stocks

Les méthodes de gestion des stocks sont diverses et ont toutes le même objectif, à savoir la production de la juste quantité de stock et l'élimination des situations de gaspillage et/ou de rupture.

- **Les modèles "à point de commande" et "à reapprovisionnement périodique"**

Deux modèles de gestion de stock classiques sont les plus fréquemment utilisés : le modèle "à suivi continu et à point de commande" noté généralement (r, Q) et le modèle dit "à reapprovisionnement périodique", noté (T, S) (Babai, 2005). Wilson (1934) est l'un des premiers à avoir étudié ces deux modèles en considérant une demande déterministe (certains auteurs rappellent que le développement des modèles utilisés par Wilson revient à Harris (1913)). Au

⁹ Gorgeu, A. et Mathieu, R., "Les liens de Renault avec ses fournisseurs : équipementiers et sous-traitants", Actes du GERPISA, 14, 41-58, <http://gerpisa.org/ancien-gerpisa/actes/14/14-4.pdf>.

début des années 50, des auteurs comme Scarf (1959), Karlin (1958), Iglehart (1963) et Hadley et Whitin (1963) se sont intéressés à ces modèles en considérant une demande stochastique. Des modèles (r, Q) et (T, S) , différentes autres variantes ont été développées telles que la politique (s, S) , la politique (T, r, S) et la politique (T, r, Q) . Nous n'avons pas la prétention d'exposer les différents modèles existants et leurs variantes. Nous nous limitons à présenter le principe des modèles (r, Q) et (T, S) .

- *Le modèle (r, Q)* : Le modèle consiste à commander une quantité fixe " Q " chaque fois que la position de stock descend en dessous d'un seuil appelé point de commande noté " r ". La quantité commandée est réceptionnée à l'issue du délai d'approvisionnement " D ". La quantité fixe Q est généralement appelée quantité économique ou *Economic Order Quantity* (EOQ) et est calculée selon le modèle de Wilson (1934).

Des auteurs comme Zhao *et al.* (2010), Zhao *et al.* (2004) et Das et Tyagi (1997) ont étudié l'impact du transport sur l'optimisation des stocks en intégrant dans le modèle (r, Q) , le coût de transport.

- *Le modèle (T, s)* : Ce modèle est dit "à suivi périodique". Au début de chaque période d'une durée T , si la position du stock descend en dessous de la valeur dite "niveau de reapprovisionnement" et notée S , un ordre de réapprovisionnement est lancé de manière à ramener la position du stock à S . La commande est réceptionnée à l'issue du délai d'approvisionnement D .

- **Le modèle du "newsvendor"**

Cette méthode se réfère à une situation où un revendeur de journaux "*newsvendor*" faisant face à une demande aléatoire, doit approvisionner une quantité optimale de produits (journaux) au début de chaque période. Compte tenu de leur nature, les produits ne peuvent être vendus que dans la journée. A la fin de la période, les produits non-vendus sont généralement perdus.

Selon la méthode du *newsvendor*, la fonction coût à optimiser est formulée comme suit (cf. équ 5) :

$$f(q) = c(q-x) + p E(D-q)^+ + h E(q-D)^+ \quad (5)$$

Avec :

D :	demande aléatoire qui suit une loi normale de moyenne μ et de variance σ
$E[D-q]$:	la valeur probable de la variable $D-q$
q :	quantité à commander
x :	quantité de stock initial
c :	coût d'acquisition unitaire
p :	coût unitaire de rupture
h :	coût unitaire de possession de stock

La quantité optimale q^* qui permet d'optimiser la fonction coût f est calculée comme suit :

$$q^* = \mu + \sigma * z \quad (6)$$

La valeur optimale de la fonction coût est calculée comme suit :

$$f^* = c \mu + (p+h) \Phi(z) \quad (7)$$

Avec $z = \Phi^{-1}[(p-c)/(p+h)]$. Φ : fonction de répartition de la loi normale.

Des auteurs comme Sahin et Dallery (2009) et Sahin *et al.* (2008) entre autres ont utilisé ce type de modèle pour étudier l'impact de l'inexactitude de l'information sur les stocks sur les décisions des acteurs des chaînes logistiques et sur la performance des systèmes de gestion des stocks.

- **Modèles de gestion de stock fondés sur les prévisions**

Ces modèles sont des extensions des modèles de gestion de stock classiques ci-avant présentés. Une majorité des modèles utilisés se fondent sur une logique de mise à jour des prévisions et sont appelés dans la littérature "*Forecast Updated models*".

Deux modèles sont fréquemment utilisés :

- *Modèle avec niveau de reapprovisionnement* : Egalement connu dans la documentation anglo-saxonne par "*Order-Up-To-Level policy*", ce modèle a été proposé par Lee *et al.* (1997) et fonctionne comme suit : à chaque période, la quantité commandée correspond à la différence entre le niveau de reapprovisionnement et la position du stock. La quantité commandée est livrée après le délai d'approvisionnement. Du fait que les prévisions sont variables dans le temps, le niveau de reapprovisionnement est dynamique et chaque période est caractérisée par un niveau de reapprovisionnement (Babai, 2005).

Modèle à stock nominal adaptatif : ce modèle est répandu dans la littérature anglo-saxonne sous l'appellation *Adaptive Base Stock policy*. Il a été introduit par Graves (1999) et consiste en une extension du modèle à stock nominal classique (S, s). Le modèle fonctionne comme suit : à chaque période, après avoir observé la demande, la quantité commandée est constituée de deux parties : (i) la première partie permet de réapprovisionner la quantité qui correspond à la dernière demande et qui vient d'être consommée, (ii) la deuxième partie sert à ajuster le niveau du stock nominal pour s'adapter au changement de la demande prévisionnelle durant le délai d'approvisionnement. Comme l'indique Babai (2005), la majorité des modèles fondés sur les prévisions utilisent le modèle connu sous le nom de *Martingale Method of Forecast Evolution* (MMFE) développé par Graves (1986) et par Heath et Jackson (1994).

- **Modèles de gestion de stock multi-échelons**

Le développement des chaînes logistiques et l'évolution des technologies de communication ont favorisé la recherche sur les modèles de gestion des stocks dits « multi-échelons ». Selon Mehrabikoushki (2008), un des premiers articles concernant de tels systèmes est celui de Clark et Scarf (1960). Ces auteurs se sont intéressés à un modèle constitué de N sites en série où (i) le temps est divisé en périodes pendant lesquelles arrivent les demandes, (ii) les coûts s'affectent à la fin des périodes, (iii) l'optimisation se fait sur un nombre fini de périodes considérées. Ils ont proposé un moyen pour trouver rapidement la politique optimale. Bessler et Veinott (1965) ont étendu le modèle de Clark et Scarf (1960) en l'appliquant à des structures arborescentes. Eppen et Schrage (1981) se sont intéressés à un réseau logistique arborescent constitué d'un dépôt et de plusieurs détaillants. Sherbrooke (1968) a proposé le modèle dit « métrique » (*multi-echelon technique for recoverable item control*), modèle qui

identifie les niveaux de stocks qui minimisent le nombre prévisionnel de commandes en ruptures d'un détaillant soumis à une contrainte budgétaire.

La gestion des stocks multi-échelons reste d'actualité comme le montrent les recherches de Guo et Li (2014), de Taskin Gumus *et al.* (2010), de Taskin Gumus (2007), de Taskin Gumus et Guneri (2007, 2009), ou encore les recherches de Hill (1997), Hoques et Goyal (2000), Axsäter (2003), Huang *et al.* (2005), Seifbarghy et Jokar (2006) et Kang et Kim (2009) qui s'intéressent à la gestion des stocks de chaînes logistiques à deux échelons.

Une revue de littérature sur les modèles de gestion des stocks multi-échelons permet de classer de tels modèles en trois familles majeures :

- (i) Modèles d'optimisation des stocks fondés sur le partage des coûts et des stocks,
- (ii) Modèles fondés sur le partage d'information sur la demande,
- (iii) Modèles d'optimisation des stocks centralisés versus décentralisés,

Nous nous limitons dans cette section à présenter brièvement les modèles d'optimisation des stocks fondés sur le partage des coûts et/ou des stocks.

- **Modèles coopératifs fondés sur le partage des coûts et/ou des stocks.**

Ces modèles se fondent sur deux constats majeurs suivants :

- La majorité des recherches qui considèrent les modèles de gestion des stocks centralisés plus performants que les modèles décentralisés, considère du postulat que la chaîne logistique est considérée comme un acteur unique (El Omari, 2009). Elle néglige de fait les points majeurs suivants : (i) Les chaînes logistiques sont en grande majorité constituées d'entreprises autonomes et juridiquement indépendantes. Elles n'ont de ce fait, ni les mêmes objectifs, ni les mêmes stratégies, (ii) Les chaînes logistiques se complexifient et s'internationalisent. Elles intègrent de plus en plus, un nombre élevé d'entreprises dont les activités sont différentes et situées à des continents distants. Il est donc, difficile d'imaginer qu'un acteur donné de la chaîne puisse gérer la totalité du processus logistique,
- Quant aux modèles décentralisés, posent également un réel problème de gestion. En effet, les différents acteurs de la chaîne cherchent des optimisations individuelles sans aucun

consensus entre eux. Ceci aboutit à une non-performance de la chaîne, engendrée par des effets comme le coup de fouet.

Les modèles d'optimisation des stocks fondés sur le partage des coûts et des stocks présentent un intérêt majeur, car ils permettent à chaque acteur de la chaîne de garder son autonomie décisionnelle, tout en centralisant une partie des activités d'exploitation par : la mutualisation des entrepôts, la mutualisation des stocks, ou le regroupement des commandes.

Plusieurs chercheurs se sont intéressés à de tels modèles et ont étudié leur impact sur l'optimisation des coûts liés aux stocks. Gao *et al.* (2011) se sont intéressés à une coopération horizontale de type partage de stocks entre plusieurs détaillants au sein d'une chaîne logistique à deux échelons. Les auteurs ont étudié selon différents scénarios, l'impact de ce partage de stock sur la performance des détaillants et sur la performance globale de toute la chaîne logistique. Guardiola *et al.* (2009) ont présenté un modèle où un groupe d'entreprises partagent leurs systèmes de production et de stockage en vue de réduire leurs coûts de stock. Tijss *et al.* (2005) ont présenté un modèle où un groupe de détaillants s'allient en partageant leurs entrepôts de stockage. Meca *et al.* (2005) ont proposé un modèle où plusieurs alliés partagent leurs coûts d'acquisition, mais également leur capacité de stockage. Meca *et al.* (2004) proposent un modèle entre plusieurs détaillants dont chacun :

- (i) utilise un modèle de gestion des stocks de type EOQ,
- (ii) fait face à une demande déterministe,
- (iii) a un coût d'exploitation variable qui dépend de la quantité à approvisionner et un coût de passation de commande fixe. Les détaillants réduisent leurs coûts fixes en regroupant leurs commandes.

Cette brève revue de littérature sur les modèles fondés sur le partage de coût et/ou des stocks permet de confirmer l'observation d'El Omari (2009) qui relève que les modèles proposent uniquement une coopération horizontale entre les clients sans s'intéresser à la dimension verticale de la coopération. Notons aussi, que ces recherches s'appuient sur une approche analytique, inapte pour l'étude de l'impact des comportements qualitatifs des acteurs sur la performance de la gestion des stocks.

6. La coopération inter-entreprises

Comme le souligne Mentzer *et al.* (2001), le management des chaînes logistiques introduit la nécessité d'un réel partenariat entre les entreprises constituant la chaîne. Parmi les formes de partenariat les plus fréquentes, figure la coopération interentreprises, thème clé de notre thèse.

La coopération interentreprises trouve ses origines dans le concept dit *Efficient Customer/Consumer Response* (ECR) ou *Réponse Efficace au Consommateur* (Dornier et Fender, 2007).

6.1 Définition de l'ECR

L'ECR est né en 1992 aux États-Unis sous l'impulsion du *Food Marketing Institute*. Il vise à rationaliser la chaîne logistique pour accroître la valeur apportée aux clients tout en limitant les coûts s'y rapportant. Selon l'ECR, fournisseurs et distributeurs doivent rechercher une coopération pour accroître dans une démarche commune et coordonnée, la satisfaction du consommateur qui est placé au centre des préoccupations communes. Deux objectifs majeurs découlent de l'ECR :

- (i) *Réduction des coûts* : cet objectif se fonde sur l'élimination des dysfonctionnements à l'interface entre distributeur et producteur, comme moyen pour éliminer les coûts inutiles,
- (ii) *Dynamisation commerciale* : cet objectif appelé également *Demand Side* de l'ECR, consiste à faire passer le travail commun entre producteur et distributeur d'une logique de coût à une logique de gain, en favorisant une coopération commerciale à travers le développement conjoint de promotions et de nouveaux produits.

6.2 Définition de la coopération logistique

Le dictionnaire Larousse (édition 2014) définit la coopération comme "*Méthode d'action par laquelle des individus ou des familles ayant des intérêts communs constituent une entreprise où les droits de tous sont égaux et où le profit réalisé est réparti entre les seuls associés au prorata de leur participation à l'activité sociétaire*". Des auteurs comme Terssac et Maggi (1996), Boujut *et al.* (2002) et Erschler (1996) définissent la coopération comme une action collective par laquelle des sujets contribuent à un même résultat. La coopération est donc, une action collective entre plusieurs acteurs, dirigée vers un but commun. Pour Campagne et

Sénéchal (2002), la coopération est motivée lorsque les entreprises partagent des objectifs et des intérêts communs, des mêmes compétences et des mêmes ressources.

Queré (2002) considère que la coopération est un concept plus large qui englobe la coordination. Pour notre part, nous accordons à la coopération, la même signification que la notion "collaboration" comme définit par Simatupang et Sridharan (2001) (cités par Taratynava, 2009) : *"la collaboration est la décision de deux ou plusieurs entreprises à travailler ensemble pour créer un avantage concurrentiel et plus de valeur qu'elles ne peuvent obtenir en agissant seules."*

Nous adoptons également les deux définitions suivantes :

- Définition de Daugherty *et al.* (2006) : la coopération et la collaboration consistent à partager l'information et à développer conjointement des plans stratégiques et des opérations de synchronisation pour tirer parti de l'intégration verticale sans avoir à investir dans l'acquisition d'entreprises.
- Définition de Salmon (2011) : la coopération est l'action qui a pour but de trouver un terrain d'entente, basé sur des valeurs et des intérêts communs, afin d'entreprendre des actions collectives et d'en partager les risques et les bénéfices dans un objectif gagnant-gagnant.

De ces définitions, nous retenons les deux points suivants :

- **La coopération est une approche de gestion des interdépendances entre acteurs d'un système, qui implique que ces acteurs communiquent et travaillent ensemble pour équilibrer la tension qui existe entre les objectifs individuels et les objectifs communs,**
- Les entreprises qui coopèrent partagent l'information sur les besoins et les désirs individuels.

Salmon (2011) distingue deux formes de coopération en logistique : la coopération verticale et la coopération horizontale.

6.3. La coopération verticale

La coopération verticale concerne les membres d'une même chaîne de valeur comme par exemple un industriel face à son distributeur, ou à son transporteur, etc.

Dornier et Fender (2007) distinguent les trois niveaux de coopération verticale suivants (cf. Figure 5) :

- *Coopération logistico-opérationnelle* : l'objectif de ce mode de coopération est d'éliminer les coûts de dysfonctionnements en produisant le service voulu. Elle est généralement limitée à la résolution de problèmes dont l'origine est essentiellement d'ordre logistique, porte uniquement sur des activités opérationnelles de chacun des acteurs et met en œuvre des solutions techniques orientées vers la recherche de gains de productivité. En termes d'information, ce mode de coopération a pour objectif de mettre en place des systèmes de type EDI et ne met pas en cause l'organisation d'aucun des partenaires. Salmon (2011) désigne ce niveau de coopération par la coopération transactionnelle.
- *Coopération logistico-commerciale* : en plus de minimiser la somme des coûts opérationnels, l'objectif de ce type de coopération est d'intégrer la composante commerciale en vue d'en améliorer la performance (chiffre d'affaires et marges), en construisant des organisations et des systèmes logistiques adaptés et en reconnaissant la nécessité d'une approche différenciée par famille logistique. En termes d'information, le contenu des systèmes d'information est revu en favorisant le partage d'informations telles que les catalogues articles et les historiques de ventes, les données sur les nouveaux produits et les promotions.
- *Coopération logistico-marketing* : ce mode suppose l'existence de véritables fonctions marketing chez le producteur et chez le distributeur. La coopération logistico-marketing vise à adapter le produit par une conception partagée et une démarche conjointe en termes de marketing pour accroître la fonction d'utilité du consommateur. Elle exige un échange relationnel qui s'inscrit dans le temps, et un partage équitable des investissements et des gains entre partenaires. La coopération logistico-marketing nécessite de mettre en place un véritable système de pilotage entre le producteur et le distributeur. Ce système inclut des informations

comme les prévisions de vente, les consommations réelles, l'état des stocks sur l'ensemble de la chaîne logistique ainsi que les plannings de production et de distribution.



Figure 5. Les différents niveaux de coopération logistique

La coopération verticale interentreprises est formalisée par deux programmes :

Vendor-Managed Inventory (VMI)

Selon Martin (1998), le VMI est une stratégie de partenariat modifiant le processus conventionnel de réapprovisionnement basé sur les bons de commande, car les besoins d'approvisionnement sont déterminés sur la base de la demande des consommateurs, idéalement à partir des sorties de caisses, ou à partir des sorties des entrepôts. Dans cette démarche, les fournisseurs et les clients gèrent ensemble l'approvisionnement des magasins des premiers et des entrepôts des seconds, en se basant sur la transmission quotidienne de données via le système d'information logistique. Ces données portent sur l'état des stocks (lieu, quantité, écarts, code produit, ruptures, mouvements...) les dates, et les ventes. A partir de ces données et des opérations promotionnelles programmées, les fournisseurs peuvent affiner leurs prévisions pour optimiser la production et la logistique et améliorer le taux de service. Dans les relations de type VMI, le producteur (fournisseur) gère les stocks du distributeur (client) et par conséquent, prend les décisions de réapprovisionnement (Chopra et Meindl, 2001). Néanmoins, cela suppose que les fournisseurs aient un accès aux niveaux de stocks et aux prévisions de ventes chez le client pour pouvoir définir une politique de réapprovisionnement cohérente vis-à-vis de la consommation (Rohde, 2000). Médan et Gratacap (2008) soulignent l'importance des technologies de l'EDI dans le développement

des relations de type VMI. Dong *et al.* (2007) soulignent que si le VMI permet l'amélioration de la performance des clients, il n'est pas toujours sujet de succès.

Collaborative planning forecasting and replenishment (CPFR)

Le CPFR a été publié pour la première fois en 1998¹⁰ par la *Voluntary Interindustry Commerce Standards* (VICS), association à but non lucratif dont l'objectif est de définir des standards et des bonnes pratiques pour la coopération interentreprises. Selon Galasso (2007), le CPFR n'est pas limité à l'échange de politiques de réapprovisionnement mais concerne des liens plus profonds, dans l'optique d'établir des prévisions uniques qui prennent en compte quatre tâches principales :

- (i) gestion conjointe des transactions,
- (ii) gestion conjointe de la demande et des approvisionnements de la chaîne logistique,
- (iii) planification conjointe des ventes et des opérations promotionnelles,
- (iv) développement conjoint de produits.

Comparant les résultats obtenus par le CPFR et le VMI, Sari (2008) souligne que le CPFR nécessite plus de moyens et d'investissements que le VMI. Il souligne également que lorsque le délai est court et/ou la capacité de production est faible, les entreprises ont intérêt à se limiter à une coopération de type VMI, car dans de tels cas, les performances atteintes par le CPFR et le VMI présentent un faible écart.

6.4. La coopération horizontale

Pan (2010) rappelle que le développement de la dimension verticale de la coopération s'est accompagné du développement de la coopération horizontale.

La Commission Européenne (2001a) définit la coopération horizontale comme suit : *"Une coopération est de 'nature horizontale' si elle fait l'objet d'un accord conclu entre des entreprises se situant au(x) même(s) niveau(x) du marché, ou de pratiques concertées entre de telles entreprises. Il s'agit, le plus souvent, d'une coopération entre concurrents. Elle porte, par exemple, sur des domaines tels que la recherche et le développement, la production, les*

¹⁰ www.cpfr.org

achats ou la commercialisation". Pour Bikram *et al.* (2009), la coopération horizontale est un accord commercial entre deux ou plusieurs sociétés d'un même niveau dans la chaîne logistique, afin de permettre une plus grande facilité de travail et d'atteindre un objectif commun. Pan (2010) souligne que la coopération horizontale vise une collaboration stratégique à long terme, en opposition à des démarches de consolidation opportunistes et locales. Enfin, pour Filser *et al.* (2001), la coopération horizontale permet un meilleur découplage de la chaîne par une intégration horizontale des acteurs.

Pan (2010) relève que la mutualisation est la forme de coopération horizontale la plus répandue entre entreprises partenaires. La coopération horizontale permet aux acteurs de dépasser les contraintes issues de leurs seules relations de coopération verticale, pour satisfaire chacune des demandes tout en maintenant la productivité de la logistique. Un partage d'informations est nécessaire pour mieux utiliser les ressources mises en commun par les entreprises qui coopèrent.

La coopération horizontale s'appuie sur une méthode majeure, à savoir la *Gestion Partagée des Approvisionnements Mutualisés* (GPAM) également désignée par le terme *Gestion Mutualisée des Approvisionnements*¹¹. Cette dernière est un mécanisme organisé par plusieurs fournisseurs d'un même territoire pour regrouper leurs livraisons vers une même destination.

Il existe deux formes principales de GMA :

Multipick

Pour garder l'objectif de livraison en camion complet, tout en augmentant le nombre de ses livraisons, il est nécessaire de partager le camion entre plusieurs industriels situés dans une même zone géographique. Les quotas de chacun peuvent être fixes ou variables. Dans le cas d'une GMA à répartition fixe ou concertée, les quotas sont définis par avance. Dans le cas d'une GMA à répartition variable, les quotas sont recalculés à chaque livraison, dans un système commun alimenté par les industriels, en fonction des besoins prioritaires du distributeur. Ce calcul est confié à un prestataire jouant le rôle de tiers.

¹¹ Les termes GMA, GPAM, GPA mutualisée, GPA multifournisseurs sont équivalents.

Pooling

C'est la forme la plus aboutie de la relation de type GPAM. Dans une telle relation, les industriels décident de mutualiser leurs livraisons à partir d'un même site logistique.

Note : Une revue de littérature détaillée sur la relation de coopération horizontale sera présentée dans notre premier article.

7. La performance des chaînes logistiques

7.1. Définition du concept de performance

Pour Lorino (2003), est performance tout ce qui contribue à l'amélioration du couple coût-valeur. D'une part, l'entreprise consomme des ressources (matériel, temps des ressources humaines, matières, énergie, capitaux, ...), ce qui engendre la notion de coût. D'autre part, pour répondre à des besoins, l'entreprise crée de la valeur. La viabilité économique et financière de l'entreprise tient à sa capacité à assurer une croissance satisfaisante de la valeur produite. Ceci revient à vérifier si les coûts consommés par l'entreprise se justifient au regard des besoins engendrés.

La mesure de la performance présente de réelles difficultés, particulièrement dans un contexte de chaînes logistiques (Sovorons et Zipkin, 1988; Tan, 2001; Min et Zhou, 2002; Arzu *et al.*, 2010; Yao et Liu, 2006; Kabili *et al.*, 2010), où l'on traite à la fois de la performance individuelle de chacun des acteurs, et de la performance globale de toute la chaîne.

Botta-Guenoulaz *et al.* (2010) rappellent que la performance globale n'est pas la simple somme des performances individuelles, conformément aux principes de la systémique. Pour faciliter la mesure de la performance dans le contexte de la chaîne logistique, différents référentiels ont été développés, dont nous citons les trois référentiels majeurs suivants (Chardine-Baumann, 2011) :

(i) *Le référentiel de l'ASLOG* : ce référentiel logistique se fonde sur celui mis au point par Volvo dans les années 1990, auquel différentes améliorations ont été apportées constituant ainsi à ce jour une base de référence intéressante pour juger de la pertinence d'un système logistique.

(ii) *Le référentiel EVALOG* : ce référentiel a été développé par les constructeurs et les équipementiers de l'automobile et consiste en un guide d'évaluation commun aux différents fournisseurs et clients du secteur en question. Le référentiel a pour principal objectif d'identifier les domaines que les entreprises doivent améliorer pour une meilleure fiabilité de leurs flux physiques et logistiques.

(iii) *Le référentiel SCOR (Supply Chain Operations Reference)*: initialisé en 1996 par le Supply Chain Council (SCC, 2000), ce modèle présente un guide standard pour les entreprises, qui définit une démarche, des processus, des indicateurs et les meilleures pratiques du moment pour représenter, évaluer et diagnostiquer la chaîne logistique. Le modèle SCOR est aujourd'hui à sa neuvième version et replace la chaîne logistique interne de l'entreprise au sein de la chaîne logistique étendue comprenant clients et fournisseurs.

Cependant, si les référentiels proposent différents indicateurs pour le pilotage efficace de la chaîne logistique étendue (150 indicateurs pour le référentiel SCOR), on peut s'interroger sur leur caractère "actionnable", dans le sens où un outil d'aide à la décision doit rester simple en proposant un nombre limité d'indicateurs phares (Morana et Paché, 2003).

7.2. Indicateurs de performance logistique

L'évaluation de la performance de la chaîne logistique s'appuie sur des indicateurs qui sont généralement regroupés dans ce qu'est appelé communément un tableau de bord (Morana et Pinardi, 2003; Bouquin, 2001).

Kaplan et Norton (1996) ont milité depuis plusieurs années pour l'introduction de plusieurs domaines d'évaluation dans la mesure de la performance. Ils ont proposé un modèle de tableau de bord structuré autour des quatre dimensions : *financière, commerciale, production et ressources humaines*.

Un indicateur de performance est une métrique utilisée pour quantifier l'efficacité et/ou l'efficacité d'une action (Shepherd et Günter, 2006). Neubert *et al.* (2004) associent à la mesure d'efficacité, un objectif et des variables d'action. Les indicateurs de performance ont deux fonctions : (i) évaluer et mesurer les objectifs déjà réalisés, (ii) se fixer des objectifs à atteindre dans le futur (Bhagwat et Sharma, 2007). L'entreprise est dite performante si ses indicateurs correspondent à une certaine valeur fixée par les preneurs de décisions.

Plusieurs articles font le recensement des indicateurs de performance dans un contexte de management des chaînes logistiques (Rouibi, 2012, Beamon, 1998; Bhagwat et Sharma, 2007; Hon, 2005; Neely *et al.*, 2005; Shepherd et Günter, 2006).

Beamon (1998) classe les indicateurs de performance en deux catégories :

- (i) des indicateurs qualitatifs qui concernent la satisfaction des clients, la flexibilité, le taux d'intégration des flux, le niveau de risque,
- (ii) des indicateurs quantitatifs qui concernent les coûts de stockage, les ventes, le profit, délai de réponse à la demande et délai de production.

Pour mesurer la performance des chaînes logistiques, Giard et Sali (2012) retiennent quatre classes d'indicateurs (efficacité et efficience):

- (i) *Stocks* : cette classe comprend des indicateurs de performance mesurant les niveaux de stocks détenus, d'encours ou de sécurité,
- (ii) *Niveau de service* : cette classe regroupe les indicateurs d'efficacité portant sur la satisfaction client tel que le taux de service qui est le rapport entre la demande satisfaite et la demande exprimée, ou le temps d'attente (temps qui sépare l'instant où une demande est exprimée et l'instant où elle est satisfaite),
- (iii) *Effet coup de fouet* : cet indicateur est en général le rapport entre l'écart type de la commande et l'écart type de la demande,
- (iv) *Economique* : cette classe est une traduction pécuniaire des indicateurs précédemment cités.

Le Tableau 4 présente différentes recherches qui ont utilisé l'une ou l'autre des classes d'indicateurs classiques ci-avant présentées.

Tableau 4. Les indicateurs de performance classiques de la chaîne logistique

Classe d'indicateurs de performance	Références théoriques
Stock	Bolarín <i>et al.</i> (2009), Cheng (2009), Disney et Towill (2003), Ganesh <i>et al.</i> (2007), Jung <i>et al.</i> (2007), Kelepouris <i>et al.</i> (2007), Pereira <i>et al.</i> (2009), Thonemann (2002), Wright et Yuan (2008), Wu et Cheng (2008)
Niveau de service	Bolarín <i>et al.</i> (2009), Kelepouris <i>et al.</i> (2007), Lau <i>et al.</i> (2004), Pereira <i>et al.</i> (2009), Ryu <i>et al.</i> (2009)
Effet coup de fouet	Agrawal <i>et al.</i> (2009), Bailey et Francis (2008), Balan <i>et al.</i> (2009), Bayraktar <i>et al.</i> (2008), Bolarín <i>et al.</i> (2009), Cachon <i>et al.</i> (2007), Chatfield <i>et al.</i> (2004), Chen et Lee (2009), Cheng (2009), Disney et Towill (2003)

CONCLUSION

De cette brève présentation des concepts clés de la chaîne logistique et de management de la chaîne logistique, fondée sur une récente revue de littérature (date de la revue : décembre 2013), nous élaborons les constats suivants :

Constat 1. *Prise en compte du concept de développement durable en management des chaînes logistiques*

Des auteurs comme Seuring et Muller (2008), Carter et Rogers (2008), Hassini *et al.* (2012), Seuring (2012) et Ahi et Searcy (2013) soulignent l'impact du développement durable sur le management de la chaîne logistique. Venkat (2007), Bonney et Jaber (2011), Wahab *et al.* (2011), Bouchery *et al.* (2012), Affisco *et al.* (2013), Chen *et al.* (2013) et Rosic et Jammerneegg (2013) se sont intéressés à l'impact direct du développement durable sur les modèles de gestion des stocks et la réduction de leur gaspillage.

Ces recherches présentent les limites et lacunes suivantes

- (i) Elles n'ont pas étudié des modèles d'optimisation des stocks fondés sur le partage d'information entre acteurs de la chaîne logistique,
- (ii) Elles s'appuient en grande partie sur une approche analytique qui ne représente pas l'aspect comportemental individuel des acteurs de la chaîne,
- (iii) Nous n'avons pas trouvé de recherches qui étudient l'impact de la diffusion dynamique de la responsabilité sociale parmi les entreprises de la chaîne logistique, sur la performance économique et la réduction du gaspillage en stock.

Constat 2. Relations de coopération inter-entreprises

La coopération verticale et la coopération horizontale sont des thèmes qui font l'objet de plus en plus de recherches comme l'indiquent Cristopher et Datta (2011) ou Vallet-Bellmunt *et al.* (2011)¹². Ceci est confirmé par les recherches récentes de Yan et Wang (2012), Ali *et al.* (2012), Choi *et al.* (2013), Ye et Wang (2013) et Ganesh *et al.* (2014).

Les recherches consultées présentent les trois limites suivantes :

- (i) les recherches menées se limitent à considérer l'une ou l'autre des dimensions verticale et horizontale de la coopération (El Omari, 2009). Nous n'avons pas trouvé de modèles qui étudient ces deux dimensions de façon simultanée.
- (ii) Nous n'avons pas observé modèles fondés sur le partage d'information, le concept d'aversion au risque des acteurs de la chaîne logistique.
- (iii) Nous avons également relevé que la majorité des recherches adoptent soit une approche analytique soit une approche par simulation en utilisant la dynamique des systèmes ou la simulation à événements discrets,

¹² Les auteurs ont analysé 414 menées au cours de la période 1997-2006 et publiées par 14 revues sur les axes de recherches dans les chaînes logistiques.

Constat 3. *Insuffisance des indicateurs classiques pour la mesure de la performance des chaînes logistiques coopératives.*

Akyuz et Erkan (2010) considèrent que les indicateurs de performance, dits "classiques" (stock, délai, qualité,...) présentent de sérieuses limites quant à la mesure de la performance dans un contexte de "chaînes logistiques coopératives".

En effet, ces indicateurs ne prennent pas en compte ni les coûts engendrés par les relations de coopération interentreprises, ni l'instabilité de ces relations. Or, Johnson *et al.* (2004) considèrent que cette instabilité influence la performance de la chaîne logistique.

Pour leur part, Rosic et Jammerneegg (2013) et Battini *et al.* (2013) relèvent que les indicateurs classiques ne prennent pas en compte les nouvelles contraintes de développement durable, particulièrement celle qui concerne notre recherche, à savoir, le *coût social de surstock* (gaspillage).

Pour combler les lacunes en termes d'indicateurs de performance, nous nous sommes appuyés sur plusieurs recherches pour définir les indicateurs de performance que nous allons utiliser dans nos deux articles. Nous les résumons dans le Tableau 5.

Tableau 5. Les nouveaux indicateurs de performance des chaînes logistiques

Nouvelle Classe d'indicateurs de performance	Références théoriques
Indicateur coût logistique intégrant le coût coopération et de partage d'information	Lee <i>et al.</i> (2000), Zhu et Thonemann (2004) et Canan <i>et al.</i> (2008), Ramanathan et Muyldermans (2011), Cheung <i>et al.</i> (2012), Ramanathan et Muyldermans (2010) et Ramanathan (2013).
Indicateur coût de stock intégrant les variables de développement durable, particulièrement le coût social de surstock.	Venkat (2007), Bonney et Jaber (2011), Wahab <i>et al.</i> (2011), Bouchery <i>et al.</i> (2012), Plambeck (2012), Affisco <i>et al.</i> (2013), Chen <i>et al.</i> (2013), Rosic et Jammerneegg (2013) et Battini <i>et al.</i> (2013).
Indicateur qui mesure la stabilité de la relation de coopération	Johnson <i>et al.</i> (2004), Yang (2009), Yang <i>et al.</i> (2008)

Dans le chapitre 3, nous allons nous intéresser aux approches méthodologiques de modélisation des chaînes logistiques. Nous présenterons les méthodes classiques (modélisation analytique, dynamique des systèmes, simulation à événements discrets,...). Puis nous présenterons le paradigme des systèmes adaptatifs complexes qui découle du positionnement épistémologique connexionnisme (Ehlen *et al.*, 2014; Cheng *et al.*, 2014). Enfin, nous présenterons le concept de systèmes multi-agents que des auteurs comme Datta et Christopher (2011), Li *et al.* (2010) et Boccara (2004) considèrent comme une approche adéquate pour étudier la chaîne logistique assimilée à un système adaptatif complexe.

CHAPITRE 3. METHODOLOGIE DE MODELISATION CONNEXIONNISTE

*"Nous n'accédons à nos raisonnements que par les modèles
que nous nous sommes construits et nous ne raisonnons que
sur des modèles" P. VALÉRY (1894-1945)*

INTRODUCTION

Dans le chapitre précédent, nous avons présenté une revue de littérature sur les approches discutées par les scientifiques et celles utilisées par les décideurs pour piloter la chaîne logistique.

Dans ce chapitre, nous allons présenter différentes méthodologies possibles de modélisation de ces chaînes (cf. Figure 6).

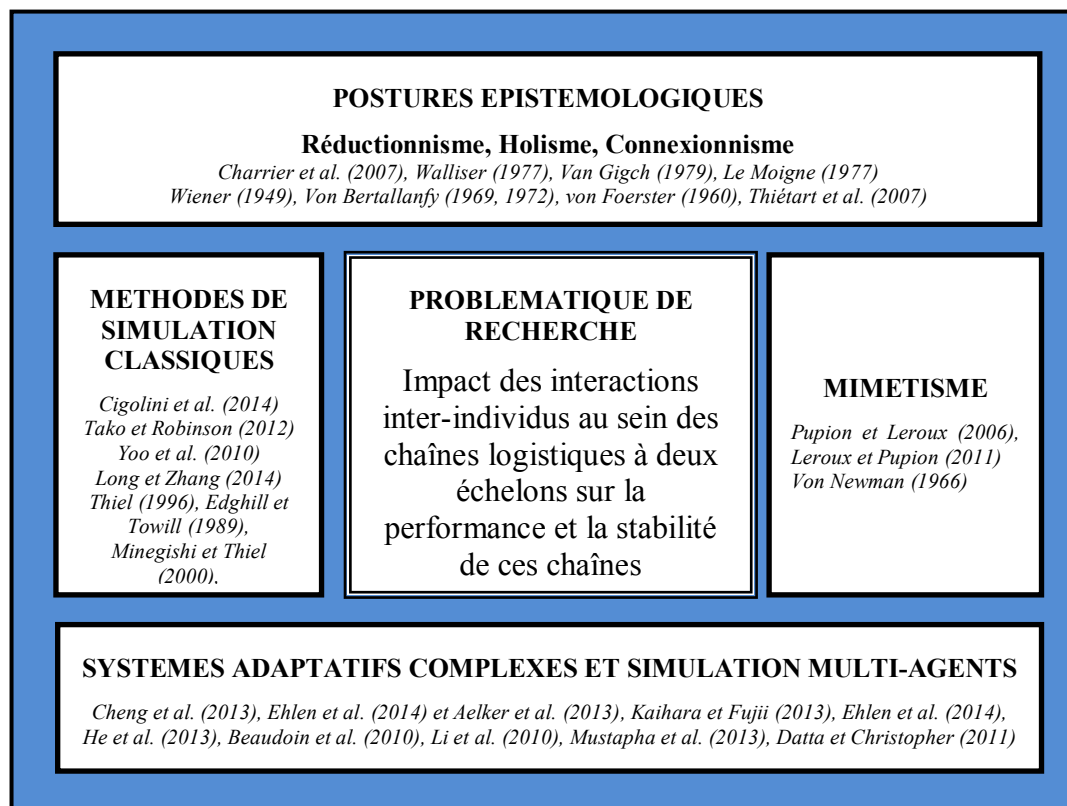


Figure 6 : Concepts et techniques mobilisables dans notre recherche

Ce chapitre se structure comme suit :

1. Nous présentons deux positionnements épistémologiques majeurs qu'adoptent les chercheurs dans leur quête de compréhension des systèmes : le positivisme dont découle l'approche analytique et le constructivisme dont découle l'approche par modélisation des systèmes. Nous nous intéresserons essentiellement aux systèmes adaptatifs complexes, paradigme qui découle du connexionnisme. Dans nos articles, nous assimilerons la chaîne logistique à un système adaptatif complexe.
2. Nous rappelons les théories fondatrices des systèmes adaptatifs complexes. Puis, nous présenterons les concepts majeurs de tels systèmes. Enfin, nous exposerons une revue de littérature des recherches qui justifient notre démarche d'assimiler la chaîne logistique à un système adaptatif complexe.
3. Nous présenterons les différentes méthodes de simulation des chaînes logistiques comme la dynamique des systèmes, la simulation à événements discrets et les automates cellulaires. Puis, nous exposerons les concepts clés de la simulation multi-agents, technique considérée plus adaptée pour l'étude des chaînes logistiques assimilées à un système adaptatif complexe.

1. La modélisation comme approche de la complexité

"Le monde réel est-il accessible à un projet de connaissance, qu'il soit d'ordre scientifique, métaphysique, théologique, etc.?". (Habib, 2008). La réponse à cette question épistémologique majeure n'est pas évidente et dépend de la façon dont est définie la notion de connaissance. Historiquement, deux courants de pensée majeurs se sont affrontés. L'un et l'autre présentent des approches différentes qui influencent le travail du chercheur. Il s'agit du positivisme et du constructivisme (Thiétart *et al.*, 2007).

L'objectif de ce chapitre est de présenter brièvement ces deux positionnements épistémologiques dont découlent les approches de modélisation analytique et l'approche systémique. Cette dernière oppose par ailleurs deux paradigmes majeurs : l'holisme et le connexionnisme.

1.1. Positivisme, réductionnisme et modélisation analytique

Le positivisme est un courant qui considère que la réalité objective existe indépendamment de son observateur. Selon ce paradigme, la réalité a une essence propre que la science a pour vocation de découvrir ainsi que les lois qui la régissent, ou tout au moins de s'en approcher : *" le principe de l'univers câblé du positivisme se traduit par l'existence de lois qui régissent le comportement du réel (lois de la nature) et qui sont indépendantes des projets de l'observateur ; la science a pour but de les découvrir "*. (Lecas, 2006). Le positivisme en appelle deux autres, à savoir le déterminisme et le causalisme (Thiétart *et al.*, 2007).

1.1.1. Causalité et déterminisme

Le déterminisme considère que la réalité existe et peut être décrite par des lois générales, universelles et permanentes, sa nature est déterministe. Le causalisme considère que les relations entre les phénomènes naturels sont déterminées par des lois causales immuables. Chaque phénomène naturel est donc produit par une cause et "le principe de causalité devient la loi de la nature" (Le Moigne, 1990). De ce principe de causalité découle le réductionnisme.

L'analyse des phénomènes, des objets et des systèmes selon le réductionnisme remonte à Descartes (cité par Beurier, 2007) qui expose dans son discours de la méthode, une idée à mi-chemin entre déterminisme et réductionnisme, selon laquelle la complexité des événements naturels ne serait qu'apparente et des chaînes linéaires de causes et d'effets pourraient éclairer le réel, sous réserve que l'on sache les déchiffrer :

"Ces longues chaînes de raisons, toutes simples et faciles, dont les géomètres ont coutume de se servir pour parvenir à leurs plus difficiles démonstrations, m'avaient donné l'occasion de m'imaginer que toutes les choses qui peuvent tomber sous la connaissance des hommes s'entresuivent en même façon, et que, pourvu seulement qu'on s'abstienne d'en recevoir aucune pour vraie qui ne le soit, et qu'on garde toujours l'ordre qu'il faut pour les déduire les unes des autres, il n'y en peut avoir de si éloignées auxquelles enfin on ne parvienne, ni de si cachées qu'on ne découvre".

Conformément à cette vision, un objet complexe ne peut être compris qu'en examinant ses composants unitaires. Le système est donc décomposé en parties élémentaires, qui sont ensuite analysées séparément en considérant que : (i) les relations entre les parties sont

linéaires (Beurier, 2007), (ii) les acteurs sont rationnels dans leurs prises de décision, (iii) l'information utilisée par les acteurs est disponible, exacte et ne présente aucun coût et une solution optimale *the one best way* existe.

1.1.2. La modélisation analytique

De cette vision réductionniste, découle la modélisation analytique qui vise à résoudre les problèmes d'une manière quantitative (Tounsi, 2009). La modélisation analytique consiste à exprimer les relations qui existent entre des variables représentant des grandeurs caractéristiques d'un système, à travers l'utilisation des équations différentielles. Degenne (2012) rappelle que de telles équations ont été utilisées très tôt pour l'étude de la dynamique des populations et cite les recherches majeures de Malthus (l'auteur a remarqué que la croissance d'une population suit une loi exponentielle alors que les ressources dont elle dépend suivent une croissance arithmétique) et de Verhulst (l'auteur a proposé l'équation dite logistique pour étudier l'évolution d'une population). Pour sa part, Murry (2002) rappelle la recherche de Lotka et Volterra qui ont mis en équation les interactions conjointes entre deux populations.

Différents auteurs ont utilisé l'approche analytique pour étudier les chaînes logistiques et les interactions entre leurs membres (Cachon et Fisher, 2000; Lee *et al.*, 2000; Cachon et Lariviere, 2001; Chan *et al.*, 2004). Une revue de littérature récente permet de relever que l'utilisation de l'approche analytique en logistique reste d'actualité comme le montrent les recherches de Ganesh *et al.* (2014), de Lozano *et al.* (2013), de Hahn et Kuhn (2012), d'Agrawal *et al.* (2009), de Ben-Tal *et al.* (2009), de Chen et Lee (2009), d'Ertunga et Metin (2009).

L'approche analytique présente plusieurs limites que nous résumons comme suit :

- (i) Les modèles analytiques trouvent souvent leurs limites en cas de non-linéarités (Kaddoussi, 2012; Degenne, 2012; Datta et Christopher, 2011; Tounsi, 2009; Marques, 2010; Labarthe, 2006; Beurier, 2007; Muzy, 2004),
- (ii) Ils mettent l'accent sur la conception et l'optimisation de la décision en considérant que la chaîne logistique est une organisation statique et intégrée (Li *et al.*, 2010).
- (iii) Ils sont inaptes pour optimiser des chaînes composées d'un nombre important d'acteurs en interaction et évoluant dans le temps (Boccaro, 2004),

Il est également difficile dans ces modèles de prendre en compte certains comportements qualitatifs comme le mimétisme entre acteurs (Leroux et Pupion, 2011; Pupion et Leroux, 2006), l'opportunisme (Williamson, 1979, 1981b) ou la rationalité limitée (Simon, 1955) des acteurs d'un système.

1.2. Constructivisme : vers une approche par modélisation des systèmes

1.2.1. Le constructivisme

En opposition au positivisme, le constructivisme considère que la connaissance n'est pas la représentation d'une réalité en soi mais *"la recherche de manières de se comporter et de penser qui conviennent"* (Von Glaserfeld, 1988). La réalité est ainsi la construction de ceux qui croient l'avoir découverte (Watzlawick, 1988). Le principe de l'univers construit du constructivisme postule que *"la connaissance est forgée par le sujet connaissant qui en a le projet, à partir de l'expérience de ses interactions finalisées et finalisantes, avec le phénomène qu'il perçoit et qu'il conçoit"* (Lecas, 2006).

Le constructivisme aborde ainsi, la connaissance non pas comme une réalité ontologique objective mais comme un acte d'organisation d'un monde empirique, d'un monde fait d'expériences conscientes qui permettent l'établissement de relations apparemment fiables entre elles. Les expériences ne permettent pas de découvrir la "nature des choses en soi". Elles sont seulement susceptibles d'évaluer l'adéquation des modèles du monde avec l'expérience empirique. En tant que démarche de recherche, le constructivisme impose de prendre conscience que tout travail de recherche est guidé par un objectif à atteindre. L'enjeu scientifique réside ainsi dans l'explicitation par le modélisateur des finalités qui guident son travail et la production de connaissances enseignables.

La vision constructiviste considère que l'homme n'est pas capable d'appréhender la réalité dans toute sa complexité (Simon, 1955) et ne la perçoit qu'à travers sa sensibilité, sa croyance et ses ambitions. Paul Valéry a exprimé cela à travers la phrase *"Nous ne raisonnons que sur des modèles"* ⁽¹³⁾. Pour le chercheur qui choisit un positionnement épistémologique constructiviste, la modélisation est une réelle approche méthodologique pour représenter et comprendre des problématiques organisationnelles complexes et comme mode de production

¹³ Célèbre pensée de l'écrivain, poète, philosophe et épistémologue français Paul Valéry (1871-1945).

scientifique, à l'image de Simon (1974) qui a utilisé l'approche systémique et les outils d'intelligence artificielle pour appréhender la complexité des organisations en affirmant que *"modéliser est aussi logique que raisonner"*.

1.2.2. Définition du concept de "modèle" et processus de modélisation

Figure incontournable de l'approche par modélisation systémique, Le Moigne (1977) présente le modèle comme un instrument de production et d'exposition des connaissances et le décrit comme suit : *"... représentations intelligibles artificielles, symboliques, des situations dans lesquelles nous intervenons"* (Le Moigne, 1990). Pour Walliser (1977), le modèle est un médiateur entre l'élaboration de la loi et sa compréhension. Pour Roboam (1993), Zeigler *et al.* (2000) et Chapurlat (2007), le modèle apparaît comme une représentation simplifiée et une abstraction de la réalité. Williams (2002) va jusqu'à présenter cette obligatoire simplification comme un avantage puissant qui permet d'accéder à des conclusions simplifiées basées sur des éléments clés du système observé et uniquement ceux-ci.

"Simplifier ne signifie pas réduire" (Marques, 2010). Cette idée est défendue par Le Moigne (1977) qui définit la modélisation comme l'art de représenter sans mutiler. L'auteur développe sa définition en la décrivant comme : *"...élaboration et construction intentionnelle par composition de symboles, de modèles susceptibles de rendre intelligible un phénomène perçu complexe, et d'amplifier le raisonnement de l'acteur projetant une intention délibérée au sein du phénomène."* (Le Moigne, 1990). Pour Banks *et al.* (1996), la démarche de modélisation est " l'habilité à abstraire les caractéristiques essentielles d'un problème, à sélectionner et modifier les hypothèses de base du système". Il s'agit donc de choisir les éléments pertinents du système réel objet de la recherche en adéquation avec l'objectif recherché. La production d'un modèle est donc forcément liée à un objectif (Williams, 2002, Banks *et al.*, 1996).

Selon l'approche par modélisation, le chercheur entame toujours sa réflexion par une étape de modélisation du processus ou du système objet de sa recherche. Ce processus lui devient donc indispensable pour la compréhension des phénomènes ou de production de la connaissance. Cette même idée est défendue par Walliser (1977) qui met l'accent beaucoup plus sur le processus de modélisation, allers-retours successifs entre un champ empirique de recueil et de traitement des données (manipulations, expérimentations), que sur l'objet lui-même. C'est ce cycle successif qui permet une meilleure compréhension/explicitation du système.

Confronté à un système complexe, le chercheur (modélisateur) ne peut pas tout modéliser et doit effectuer des choix afin de sélectionner puis représenter seulement les éléments pertinents vis à vis de son dessein. Le modèle doit également être valide et contrôlable afin qu'il corresponde au système réel dont il est la représentation. Le chercheur a donc une double préoccupation : (i) réussir à réduire la taille du modèle, préoccupation illustrée par les principes de Pidd (1996), (ii) assurer la correspondance et la représentativité du modèle au système réel. C'est dans cette démarche que trouve son origine la notion d'abstraction. Zeigler *et al.* (2000) définissent l'abstraction comme "*méthode ou algorithme appliqué à un modèle pour en réduire la complexité tout en préservant sa validité dans un cadre expérimental donné.*". Frantz (1995) propose quant à lui, la définition suivante : "*technique permettant de simplifier un modèle conceptuel tout en maintenant la validité des résultats de simulation vis à vis de la problématique à l'origine du besoin de simulation.*".

Banks *et al.* (1996) définissent les étapes clés d'une démarche de modélisation autour des quatre grandes phases :

- (i) l'observation du problème et orientation de l'analyse qui permet de définir le problème et le contexte à l'origine de l'analyse,
- (ii) la construction du modèle, qui dans cette phase, deux types de modèles semblent être distingués : un modèle conceptuel résultat de l'activité de conceptualisation et un modèle de simulation résultat de l'activité de traduction du modèle conceptuel. La construction d'un modèle fait appel à deux notions majeures : la validation qui traduit le degré avec lequel le modèle réussit à bien représenter le système dont il se veut l'équivalent et la vérification qui traduit l'adéquation du modèle de simulation vis à vis du modèle conceptuel qui a permis de le définir (Marques, 2010; Chapurlat, 2007),
- (iii) la mise en œuvre du modèle de simulation. Cette phase sera détaillée dans le chapitre suivant,
- (iv) l'implémentation des recommandations : dont le succès dépend du degré de pertinence de l'observation, de la validité du modèle représentatif et de la qualité de l'implémentation du modèle (généralement de simulation).

S'opposant à la modélisation analytique (approche réductionniste), la modélisation des systèmes selon la vision constructiviste s'appuie sur deux paradigmes clés : l'holisme et le connexionnisme. La section suivante présente de façon brève, ces deux paradigmes.

1.2.3. Les modèles holistes

Représenté par des auteurs comme Von Bertalanffy (1968, 1991), Walliser (1977), Le Moigne (1977) et Van Guigch (1979), l'holisme (Smuts, 1973) s'oppose au réductionnisme et analyse les systèmes et les phénomènes dans leur totalité. Le Moigne (1977) et à Weiss (1971) rappellent que les objets (à étudier) sont des parties d'un plus grand tout, et non des tous qu'il faut étudier en les décomposant en parties. Appuyant ces auteurs, Van Guigch (1979) considère que le cadre logico-analytique induit par le réductionnisme doit être modifié et complété par les fondements de l'holisme. Les principes majeurs de l'holisme se résument en l'indivisibilité des systèmes, les interactions entre les entités du système (interactions non-linéaires), la rationalité limitée des acteurs du système et l'inexactitude de l'information. Une présentation plus détaillée de ces principes est faite dans la deuxième section du chapitre 3.

1.2.4. Les modèles connexionnistes et les Systèmes Adaptatifs Complexes

Le connexionnisme est issu des travaux de Warren Mc Culloch et Walter Pitts et constitue une des plus importantes contributions de la cybernétique (Andler, 1990). Il critique à la fois les visions holiste et réductionniste conformément au constat de Journé *et al.* (2012) : *"le réductionnisme qui ne voit que les constituants du système et la systémique qui ne s'intéresse qu'au global et à la totalité au détriment du constituant"*. Selon le paradigme connexionniste, un système est considéré comme un réseau d'acteurs autonomes (réseau de neurones) où émergent des concepts comme l'auto-organisation, l'organisation apprenante et la complexité.

L'application du connexionnisme au thème de l'organisation a commencé vers les années 80 et consiste à développer un nouveau paradigme centré sur l'analyse et l'observation des interactions entre les entités du système (Assens, 1995). Pour Paulré (2005), le connexionnisme exprime l'idée que l'état global du système étudié émerge d'un réseau d'entités se situant à un niveau plus fin que le niveau symbolique. Il conçoit la firme comme un système à auto-organisation, dont les comportements collectifs émergent sans intervention d'instructions spécifiques ou, dans le cas des organisations humaines, sans que ces

comportements puissent être expliqués totalement et uniquement par les formes d'instructions et les signaux qui circulent. Pour Charrier *et al.* (2007), le connexionnisme est un paradigme qui analyse des phénomènes en les assimilant à un système adaptatif complexe (Complex Adaptatif System "CAS").

Une récente revue de littérature (Janvier 2014) permet de relever qu'un nombre de plus en plus important de recherches sont menées en assimilant la chaîne logistique à un système adaptatif complexe. A titre d'illustration, nous citons Aelker *et al.* (2013), Shih *et al.* (2012), Li *et al.* (2010) et Martinez-Olvera, (2008).

2. Les systèmes adaptatifs complexes

Comme nous l'avons indiqué dans notre introduction générale, nous avons adopté une posture épistémologique connexionniste pour étudier les relations de coopération verticale et horizontale au sein des chaînes logistiques. Nous justifions ce choix par les limites des approches analytiques dès qu'il s'agit d'étudier des systèmes ou des processus complexes comme les relations de coopération interentreprises (Beaudoin *et al.*, 2010; Pesqueux et Tyberghein, 2010; Li *et al.*, 2010).

Dans cette section, nous présentons les concepts majeurs des systèmes adaptatifs complexes et les théories fondatrices de tels systèmes.

2.1. Les théories fondatrices du paradigme système adaptatif complexe

Le paradigme système adaptatif complexe trouve ses origines dans la théorie de la complexité, théorie née de différentes disciplines comme la physique, la biologie et la cybernétique de premier ordre puis de second ordre. Morin (2014) décrit la complexité dans les termes suivants : *"Est complexe ce qui ne peut se résumer en un maître mot, ce qui ne peut se ramener à une loi, ce qui ne peut se réduire à une idée simple"*. Boccara (2004) décrit les systèmes complexes comme suit : *"Bien qu'il n'existe pas de définition universellement acceptée pour définir un système complexe, la plupart des chercheurs décrirait comme complexe un système d'agents liés les uns aux autres qui exhibent un comportement global émergent non pas imposé par un contrôleur central, mais résultant des interactions entre les agents. Ces agents peuvent être des insectes, des oiseaux, des personnes, ou des entreprises,*

et leur nombre peut varier d'une centaine à un million" ¹⁴. Enfin, Aelker *et al.* (2013) considèrent qu'il y a complexité, quand il y a une forte interaction entre tous les éléments du système. Différentes théories ont participé à l'émergence des paradigmes complexité et systèmes adaptatifs complexes. Nous présentons celles qui nous paraissent majeures pour notre recherche.

2.2.1. La cybernétique (cybernétique de premier ordre)

En tant que discipline, la cybernétique qui signifie (science du pilotage) est née des travaux du mathématicien N. Wiener (1948) du MIT qui la définit comme *"la science du contrôle et de la communication dans l'animal et la machine"*.

Pendant la Seconde Guerre mondiale, Wiener travaillait sur l'amélioration de la défense antiaérienne et propose alors l'idée majeure de modéliser le comportement des avions et des canons afin de construire un dispositif automatique capable de prévoir les trajectoires ennemies pour envoyer les projectiles aux coordonnées adéquates (Le Roux, 2009). Ce dispositif est un système (servomécanisme) capable d'ajuster son fonctionnement à partir de l'information qu'il reçoit sur sa performance passée¹⁵.

S'apercevant que le pilote présente un comportement qui met en œuvre le même principe de *feedback* lorsqu'il essaye d'échapper aux tirs, Wiener formule alors l'idée d'une théorie générale de la régulation et du contrôle par *feedback* d'information, à laquelle il donne le nom de cybernétique. Celle-ci se présente donc comme un schématisme permettant d'analyser comment un système, artificiel ou naturel, stabilise et adapte son fonctionnement au moyen d'une boucle d'information. Mais, de par sa formation initiale en philosophie, Wiener avait l'habitude de réfléchir à intégrer les résultats scientifiques de ses recherches dans une vision générale du monde. Il s'interrogeait ainsi sur la pertinence que peut receler l'analyse cybernétique pour l'étude des organisations sociales.

¹⁴ "Although there is no universally accepted definition of a complex system, most researchers would describe as complex a system of connected agents that exhibits an emergent global behavior not imposed by a central controller, but resulting from the interactions between the agents. These agents may be insects, birds, people, or companies, and their number may range from a hundred to a million". Boccara (2004).

¹⁵ Mucchielli (2006) rappelle que c'est Mc Culloch dans son ouvrage *"Servomechanisms"* qui en 1945, étudia en détail les conditions de stabilité d'un système comportant une boucle de rétroaction.

Ashby (1947) (cité par Mucchielli, 2006) a fait progresser la cybernétique en définissant "toutes les machines possibles" ainsi qu'un ensemble de concepts et de termes permettant de les caractériser. Ashby s'est intéressé essentiellement aux êtres vivants qui ont un comportement adaptatif (autorégulé). Selon lui, l'adaptation des organismes est de nature homéostatique (un homéostat est un genre de thermostat, mais qui concerne plusieurs variables). Pour survivre, ces organismes arrivent à maintenir leurs variables essentielles dans certaines valeurs limites ¹⁶. Ashby considéra alors un organisme comme une machine qui comporte une infinité de variables qu'on ne peut connaître toutes. Ce système abstrait à un comportement déterminé au sens où, quelles que soient les conditions de l'environnement qui jouent sur l'organisme, il est possible de définir les valeurs que prendront les variables sélectionnées (variables essentielles) et de déterminer donc, la succession d'états du système et son comportement. L'entité réelle étant considérée comme une boîte noire. Relevons que W. Ashby a défini plusieurs types de systèmes mais il a accordé une importance particulière au système dit *ultrastable* (ou machines à entrée), qui est à la base de l'approche cybernétique de l'entreprise et de sa gestion.

Différents chercheurs ont essayé d'analyser l'entreprise en l'assimilant au système cybernétique *ultrastable* d'Ashby. L'entreprise est considérée comme un ensemble composé d'un "appareil opérationnel" et d'un "ensemble hiérarchisé de niveau de décision et de contrôle". Le nombre des niveaux de décision varie de trois à cinq selon les théoriciens.

Cette approche est illustrée chez J. Méléze. Par système physique, Méléze entend l'ensemble des "facteurs à gérer c'est-à-dire les produits, les machines, les ateliers, les moyens humains, etc.". Les trois niveaux de décisions régulatrices, basés sur des mécanismes de *feed-back* permettent de piloter l'entreprise et de lui conférer une *ultra stabilité* similaire à celle que connaissent les organismes vivants. Gabrié (1997) relève que le modèle cybernétique de l'entreprise amène évidemment à s'interroger sur son degré de réalisme.

¹⁶ Pour Ashby, un système est "ce qui correspond à une transformation close et univoque". Mais c'est essentiellement aussi une "liste de variables à prendre en considération, variables que l'expérimentateur va modifier jusqu'à trouver un groupe qui présente la particularité recherchée" (Mucchielli, 2006)

2.2.2 La théorie générale des systèmes

Cette théorie a pour origine l'affirmation par le biologiste L. Von Bertalanffy (1963, 1969, 1972) que les méthodes des sciences physiques ne permettent pas de comprendre l'organisation et le fonctionnement des organismes vivants, car elle se fonde essentiellement sur une vision réductionniste. Von Bertalanffy relève que les organismes vivants sont des entités complexes dont l'organisation repose sur l'interaction de nombreuses variables qui font que "le tout est plus que la somme de ses parties". D'où, la nécessité d'une nouvelle méthode d'investigation que Von Bertalanffy dénomma "biologie organiciste" dans le but d'élaborer la "théorie systémique de l'organisme" (Gabrié, 1997, p 123-141).

Von Bertalanffy parle alors de système qu'il définit en deux temps :

(i) Dans un premier temps, le système est considéré comme un ensemble d'éléments en interaction entre eux et avec l'environnement (définition dite minimale). Ceci signifie que tout organisme vivant est un système qui échange de la matière et de l'énergie avec son environnement (ouvert),

(ii) Dans un second temps, Von Bertalanffy considère qu'un système est un modèle de nature générale c'est-à-dire un analogue conceptuel de certaines caractéristiques d'entités observées. De ce fait, l'auteur ne considère une entité comme un système que si en plus d'être un ensemble d'éléments en interaction entre eux et avec l'environnement, elle conserve un état stable. Selon Von Bertalanffy, le système en question est un système "réel" au sens où c'est une portion du monde existant indépendamment d'un observateur. Ceci constitue une différence majeure des visions de Von Bertalanffy et d'Ashby qui considère qu'un système n'est pas une entité réelle et n'est qu'une simple abstraction car il est constitué des seules variables que l'expérimentateur choisit, parmi l'ensemble des variables qui représentent l'organisme vivant.

2.3. La systémique

Le paradigme systémique¹⁷ se définit *"comme la science qui se donne pour objet la conception de modèles de phénomènes complexes"* (Lecas, 2006). Il propose un cadre théorique argumenté pour la représentation d'objets actifs dits "systèmes" (Roux-Rouquié et Le Moigne, 2002) dont il rend compte de leurs caractères indissociables et de leurs évolutions dans un environnement et par rapport aux finalités auxquelles ils sont associés (fonctions qu'ils exercent). Selon Van Gigch (1974, 1979), le paradigme des systèmes découle des limites de la vision réductionniste pour l'analyse des systèmes vivants et constitue une continuité de la tradition de la pensée occidentale fondée sur des modèles de raisonnement rationnels comme l'induction ou la déduction. Le paradigme des systèmes tient compte de l'indivisibilité des objets ou des phénomènes, domaine où prévalent la "complexité organisée", la faible séparabilité et la grande interdépendance entre les constituants du système. Ceci exclut la possibilité que l'on puisse traiter les parties de façon isolée, puisque des interconnexions entre les parties, apparaissent les propriétés d'émergence. Walliser (1977) définit un système comme : *"...une entité relativement individualisable, qui se détache de son contexte ou de son milieu tout en procédant à des échanges avec son environnement"*. Morin définit le système comme *"Unité globale organisée d'interrelations entre des éléments, actions ou individus"*, la notion d'individu peut être un simple élément ou un élément de décision.

Un système est généralement abordé via les quatre concepts majeurs suivants (Beurier, 2007):

- (i) les interactions (ou interrelations) : elles englobent l'échange d'information et d'énergie entre éléments du système. Ces interactions déterminent généralement la nature du système,
- (ii) le comportement global : Il est nécessaire d'aborder le système dans sa globalité et ne pas le limiter à l'ensemble des éléments qui le constituent. Cette vision est majeure dans l'approche d'analyse des systèmes complexes pour lesquels le "tout" est souvent plus que la "somme des parties",

¹⁷ Selon Mucchielli (2006), ce sont bien les écrits de Wiener qui sont véritablement fondateurs de l'idée de système et d'interactions.

(iii) l'organisation : cette notion est également centrale dans la vision orientée système. L'organisation représente l'agencement du tout en fonction de la répartition des constituants en groupes et/ou niveaux hiérarchiques. Selon son degré d'organisation, un système pris à son niveau global n'a pas toujours les mêmes propriétés. Ceci revient à dire que les propriétés d'un système dépendent tout autant de la nature et du nombre d'éléments qu'il contient que des relations qui existent entre eux,

(iv) la complexité : elle consiste à décrire le niveau global d'organisation du système, les incertitudes que l'on a des interactions entre éléments et/ou avec l'environnement, la difficulté d'identification des constituants du système, son caractère imprédictible ou indéterministe, etc.

Lecas (2006) résume la définition d'un système en les points suivants :

- Un système est un outil conceptuel, création de l'esprit,
- Un ensemble autonome qui forme une identité ou une unité cohérente,
- D'objets ou éléments réels et/ou conceptuels (individus, actions),
- Muni d'un ensemble de relations et d'interactions dynamiques,
- En fonction d'un but : objectifs, finalités, projets, immergé dans un environnement

Pour présenter le paradigme systémique, nous adoptons le regard de trois auteurs sur ce courant de pensée : Jean-Louis Le Moigne, Bernard Walliser et Jay Forrester.

- *Bernard Walliser*: Dans son approche d'analyse des systèmes, cet auteur adopte une approche cognitive qualitative qui précède la mathématisation proprement dite. L'auteur vise en premier lieu à rendre opérationnelles les finalités qui sous-tendent le courant systémique sur le plan de la connaissance comme celui de l'action. Il ne prétend nullement bâtir une théorie universelle des systèmes qui intègre toutes les théories spécifiques des différentes disciplines et qui évacuerait le rôle de l'homme. Walliser tente de répondre à deux questions essentielles : (i) Comment dépasser les tendances purement analytiques de certaines sciences, par une approche plus synthétique explicitant les interactions qui fondent l'unité de l'objet étudié (notion de système)? (ii) Comment promouvoir un langage unitaire qui facilite la communication entre scientifiques dans des domaines où des propriétés communes risquent d'être masquées par des langages différents (notion de modèle)?

Dans son approche pour l'étude du système, l'auteur considère ce dernier comme une construction formelle et non un objet qui résulte d'une quelconque expérience. En plus de son intérêt pour : les relations de causalité, la finalité en lien avec l'environnement, les interactions entre les composantes du système et les modalités de l'évolution et de régulation de ces interactions, Walliser propose d'étudier un système à travers la notion de modèle qu'il considère comme un médiateur entre l'élaboration de la loi et sa compréhension. L'auteur met l'accent plus sur le processus de modélisation que sur l'objet lui-même, processus qui se caractérise par des allers-retours successifs entre un champ empirique de recueil et de traitement des données (manipulations, expérimentations) et l'aboutissement à un modèle final. C'est ce cycle successif qui permet une meilleure compréhension/explicitation du système.

- *Jean-Louis Le Moigne (théorie du système général)*: L'apport original de cet auteur se rapporte aux procédures d'analyse du système et de sa modélisation. Le Moigne récuse le point de vue ensembliste classique où un système est considéré comme un ensemble d'éléments en interaction, pour le caractériser par son projet et son organisation, c'est-à-dire *"la capacité à produire et à se reproduire..., à maintenir et à se maintenir..., à devenir en fonctionnant et à fonctionner en maintenant son identité"*. Pour l'auteur, la connaissance d'un système se traduit par sa modélisation qui se réfère à l'ensemble des actions exercées sur lui, et exprime les poussées du passé (déterminisme) comme la traction de l'avenir (finalité). Ce processus de modélisation n'évince pas le modélisateur et l'invite plus à expliciter ses choix et ses interprétations par la schématisation de son système de représentation.

Le modèle proposé par Le Moigne est appelé "modèle du système général". La connaissance des objectifs du système détermine les frontières le séparant de l'environnement et la partition en un certain nombre d'unités actives ou processeurs définis par leurs fonctions (transfert, stockage et transformation de matière, d'énergie et/ou d'information). Le modèle du système général est construit par la différenciation d'une boîte noire caractérisée par ses entrées et ses sorties. La progression comprend neuf niveaux emboîtés allant du premier niveau qui concerne l'objet passif au niveau neuf qui concerne l'objet qui s'auto-organise s'auto-finalise, passant par des niveaux intermédiaires comme l'objet actif et régulé, l'objet qui s'informe et qui décide de son activité, l'objet actif qui a une mémoire et qui se coordonne (Le Moigne, 1977).

- *Jay Forrester* : Durant les années 50, Forrester s'est intéressé à la modélisation des systèmes en utilisant un des principes majeurs de la systémique, à savoir la rétroaction. Son travail a abouti à l'approche de modélisation et de simulation connue sous le nom "Dynamique des Systèmes" qu'il a publié en 1958 dans son article *"Industrial Dynamics : A major breakthrough for decision makers"* puis dans son livre référence *"Industrial Dynamics"* (Forrester, 1958, 1961). Le principe fondamental de Forrester est que l'organisation peut être décrite plus en détail en se concentrant sur la régulation des flux plutôt que sur les entités qui la compose. L'approche de Forrester présente un avantage essentiel : elle s'appuie sur un outil de modélisation graphique et de simulation de l'évolution d'un système dans le temps (cf. section 3.4.2 pour plus de détail).

Ces trois auteurs majeurs du courant de pensée systémique défendent tous la nécessité de la modélisation comme démarche pour étudier un système. A la différence de Walliser et de Le Moigne restés à un niveau élevé d'abstraction, Forrester a proposé une approche de modélisation concrète, capable à la fois de décrire le système et de simuler sa dynamique dans le temps, approche qu'il a appliqué pour l'étude des interactions au sein de la chaîne logistique, mettant ainsi en évidence, les causes du phénomène effet coup de fouet.

2.2.4. La cybernétique de second ordre

La cybernétique de second ordre (cybernétique de la cybernétique) est née des travaux des trois grands colloques sur les systèmes à auto-organisation et des recherches de celui qu'on considère comme le père fondateur de ce courant : le physicien Von Foerster (1958, 1960, 1974). La cybernétique de second ordre se fonde essentiellement sur ses critiques à l'égard de la cybernétique de premier ordre, critiques que nous résumons comme suit :

- (i) la cybernétique de premier ordre s'appuie sur une approche mécaniste et réductionniste qui n'a retenue de la neurologie qu'une analogie simple entre cerveau et machine,
- (ii) Elle ne s'intéresse qu'aux relations des éléments entre eux et n'envisage l'objet d'étude que dans ses relations avec l'environnement,
- (iii) Malgré qu'elle se place sous le signe du *"feed-back"* et de la "causalité circulaire", elle ne peut intégrer l'auto-organisation,

Si comme leurs prédécesseurs, les cybernéticiens de second ordre se sont intéressés à l'étude des interactions entre les éléments constituant le système, ils se sont cependant distingués par deux orientations majeures que nous résumons comme suit :

- *Orientation épistémologique* : Heinz von Foerster a proposé une lecture épistémologique nouvelle du projet cybernétique et a invité à pratiquer plutôt une cybernétique du système observant, approche qui ne peut plus exclure la pleine prise en compte de l'observateur inclus dans le processus d'observation (Proulx, 2002),
- *Auto-organisation* : Selon Proulx (2002), Von Foerster est considéré comme l'un des principaux chantres des problématiques de l'auto-organisation¹⁸, thématique qu'il approfondit avec Gordon Pask, Humberto Maturana et Francisco Varela¹⁹.

Les théories comme la cybernétique, la théorie générale des systèmes, la systémique et la cybernétique de second ordre, ci-avant exposées se sont toutes intéressées au paradigme système et aux interactions non-linéaires et récursives des éléments qui le constituent. Comme nous l'avons montré, la cybernétique de second ordre a ajouté deux nouvelles dimensions, au système, à savoir l'auto-organisation et l'émergence. On parle dès lors de systèmes complexes dont découle une instance particulière : les systèmes adaptatifs complexes (*Complex Adaptatif System CAS*), systèmes capables de s'adapter de façon dynamique à leur environnement. Cette section présente les principales caractéristiques des systèmes adaptatifs complexes, de plus en plus utilisés comme paradigme pour l'étude des chaînes logistiques et des phénomènes qui s'y déroulent.

¹⁸ De par ses travaux sur l'auto-organisation, von Foerster est considéré à l'origine du concept de la complexité et des systèmes adaptatifs complexes.

¹⁹ En France, Edgar Morin a été un des premiers penseurs à prendre au sérieux les conséquences épistémologiques de l'auto-organisation, et a invité Heinz von Foerster à participer à ses colloques.

2.3. Définition et concepts clés des systèmes adaptatifs complexes (sac)

2.3.1 Définition d'un "SAC"

Comme le souligne Boccaro (2004), il n'existe pas de définition universellement acceptée pour définir un système complexe et souligne : *"...la plupart des chercheurs décrirait comme complexe un système d'agents liés les uns aux autres qui exhibent un comportement global émergent non pas imposé par un contrôleur central, mais résultant des interactions entre les agents. Ces agents peuvent être des insectes, des oiseaux, des personnes, ou des entreprises, et leur nombre peut varier d'une centaine à un million"*²⁰. Pour Li et al. (2010) un système adaptatif complexe est un réseau distribué dont la structure et les fonctions sont en constante évolution, caractérisé par une grande diversité des connexions, une forte complexité de la dynamique des entités le constituant et les interactions entre tous ces facteurs. Selon Aelker et al. (2013), le système adaptatif complexe se distingue par la forte interaction entre ses éléments.

Enfin, Habib (2008) présente une définition qui synthétise les caractéristiques d'un système adaptatif complexe que nous présentons comme suit :

- (i) Un Système composé d'un nombre élevé d'agents (individus, groupes ou entreprises),
- (ii) Les agents sont en interaction les uns avec les autres, s'influencent mutuellement et adaptent leurs comportements,
- (iii) Ils agissent à un niveau local selon leurs propres règles de comportement et de perception,
- (iv) Il n'existe pas d'agent central qui impose des règles aux autres agents ou qui coordonne leurs actions (Thiéart, 2000),
- (v) Les processus du système sont en constante évolution par le biais d'apprentissage, d'adaptation aux variations internes et/ou par les interactions mutuelles spontanées.

²⁰ "Although there is no universally accepted definition of a complex system, most researchers would describe as complex a system of connected agents that exhibits an emergent global behavior not imposed by a central controller, but resulting from the interactions between the agents. These agents may be insects, birds, people, or companies, and their number may range from a hundred to a million". Boccaro (2004).

2.3.2. Les principales caractéristiques des systèmes adaptatifs complexes

Les systèmes adaptatifs complexes présentent différentes caractéristiques majeures que nous résumons comme suit :

- **Auto-organisation** : Le concept d'auto-organisation a émergé d'un large éventail de disciplines comme la biologie, la physique, la chimie et les sciences de l'information (Hua, 2012). En 1947, l'auto-organisation a été citée par le psychiatre et ingénieur W. Ross Ashby (1947). Sa lecture du phénomène l'amène à poser le principe d'"auto-organisation" qui stipule que tout système tend vers une forme d'équilibre (que l'on pourrait traduire en termes modernes par attracteur) où les différentes parties du système s'adaptent mutuellement. H. Von Foerster (1960) s'est particulièrement attaché à définir ce concept et a proposé une interprétation plus précise en termes de mécanisme à travers le principe d'"ordre issu du bruit". L'auteur postule que plus sont grandes les perturbations aléatoires sur le système, plus vite il pourra atteindre un état d'équilibre. Mais, c'est au début des années 1970, que la théorie de l'auto-organisation a connu une seconde jeunesse, donnant naissance à de nouvelles théories, en thermodynamique dissipative de G. Nicolis et I. Prigogine, puis en biologie et enfin en organisation (Bouraoui, 2009). Pour Lanham *et al.* (2013), l'auto-organisation est un processus par lequel les interactions locales donnent lieu à des schémas d'organisation au niveau global. Ces modèles peuvent être stables ou instables. Pour Bartholdi III *et al.* (2009, 2010), l'auto-organisation est le phénomène par lequel une structure à grande échelle s'organise spontanément. Thiétart (2000) définit l'auto-organisation comme : *"un processus émergent d'organisation. C'est un processus naturel dans lequel des agents, ou des entités en interaction, n'ont pas été programmés pour construire une forme particulière d'organisation. Toutefois, suite aux actions qui vont être mises en œuvre par les uns et les autres, une forme d'organisation va apparaître. Cette organisation peut être la résultante des apprentissages des acteurs qui vont chercher des solutions locales aux problèmes qu'ils rencontrent, solutions dont les meilleures seront sélectionnées et conservées"*. Pour Thiétart et Forgues (2006), l'auto-organisation signifie une organisation capable *"de découvrir, par expérimentation, les réponses à ses problèmes et les modes de gestion adaptés aux conditions changeantes de fonctionnement auxquelles elle est soumise. Ne pouvant prédire ce qu'il est*

nécessaire d'entreprendre pour satisfaire aux exigences qui lui sont imposées, seul le développement de catalogues de réponses et de sources d'apprentissage, grâce à des expérimentations multiples, peut préparer l'organisation à de nouvelles formes de fonctionnement".

L'auto-organisation est caractérisée par la présence d'un grand nombre d'acteurs ou entités interdépendants qui interagissent entre eux et avec leur environnement. Ces acteurs ou entités ne sont pas liés par des règles fixes. Ils s'adaptent et modifient les règles d'interaction grâce à l'apprentissage. D'après cette définition, l'organisation est le fruit des interactions et des complémentarités entre les initiatives prises à un niveau individuel, par ajustements successifs, ce qui conduit à l'émergence d'une forme d'organisation différente. La principale caractéristique de telle organisation est l'instabilité de l'équilibre. En effet, à chaque perturbation, le système lance une série d'adaptations et atteint un équilibre transitoire. Dauphiné (2003) rappelle les caractéristiques des systèmes auto-organisés comme suit :

- (i) Un système auto-organisé ne subit aucune contrainte externe en provenance de son environnement bien qu'il soit ouvert sur cet environnement. Son organisation globale émerge du comportement de ses éléments qui entretiennent entre eux des relations locales et réciproques,
- (ii) ces systèmes ne disposent d'aucun centre organisateur et les éléments du système sont interdépendants en compétition ou en synergie,
- (iii) les systèmes auto-organisés sont robustes ou résilients par rapport aux perturbations. Ils ne sont guère sensibles aux petites perturbations et ils ont une grande capacité à se restaurer car les fonctions des parties endommagées sont prises en charge par les autres éléments,
- (iv) les systèmes auto-organisés ont des comportements non linéaires et une petite cause peut produire de grands effets. Cette non-linéarité signifie qu'un système auto-organisé ne tend pas vers un état stable unique. Il peut au contraire se diriger vers plusieurs états stables.

- **Non-linéarité** : La non-linéarité se définit par opposition à la linéarité. Tout système qui ne satisfait pas la propriété de linéarité est par conséquent non-linéaire. Les premiers travaux sur la non-linéarité remontent à Poincaré (cité par Beurier, 2007) qui parle de systèmes non intégrables : *"En bref, un système intégrable est un système qui peut se réduire à un ensemble d'éléments sans interactions, un ensemble de particules libres : l'intégration est alors immédiate, et la quantité de mouvement de chaque particule est conservée. Un système non*

intégrable n'est donc pas réductible à un ensemble d'éléments sans interaction. C'est le cas général". Le comportement d'un système non-linéaire ne peut être déduit du comportement de ses composants. D'où, la nécessité de l'abandon du principe de superposition qui postule qu'on sait analyser le comportement d'un système physique en analysant le comportement de chacun de ses constituants séparément et en effectuant la somme des différents résultats pour trouver le résultat global.

- **Chaos déterministe** : Kaneko et Tsuda, (2001b) affirment qu'il est impossible d'aborder les systèmes complexes sans parler de chaos (ou chaos déterministe) (Nonaka, 1988), comportement d'apparence erratique, que le mathématicien belge David Ruelle (1991) a appelé d'attracteur étrange. Il s'agit du chaos déterministe, chaos qui désigne un comportement apparemment aléatoire, mais piloté par des lois déterministes. Malgré le fait qu'il soit désormais établi dans la communauté des systèmes complexes, le terme de "chaos" n'a pas pour autant de définition qui fasse consensus. Cependant, une définition intéressante peut être retenue: celle de Strogatz (2001) : *"Le chaos désigne le comportement apériodique à long terme d'un système dynamique déterministe qui exhibe une sensibilité aux conditions initiales"*.

Le chaos présente les caractéristiques suivantes :

- le comportement apériodique à long terme implique qu'il existe des orbites du système qui ne sont ni des points fixes, ni des orbites périodiques ou pseudopériodiques lorsque t tend vers l'infini. Cependant ces orbites apériodiques ne doivent pas être non plus trop rares, c'est-à-dire que leur probabilité d'apparition à condition initiale aléatoire est non nulle,
- déterministe signifie que l'imprédictibilité du système provient uniquement de son caractère non linéaire et qu'on ne fait intervenir aucune entrée aléatoire (cause bruitée) dans le système,
- La sensibilité aux conditions initiales qui fait que le système ne réagit pas toujours de la même façon à des mêmes conditions initiales de fonctionnement.

L'état chaotique ou stable d'un système dépend de la combinaison dynamique et du poids relatif des relations entre les différentes forces auxquelles il est soumis. En fonction du poids de ces forces, le système évolue d'un état de stabilité (attracteur point), à l'état périodique (attracteur périodique), puis à l'état chaotique. L'état chaotique se caractérise ainsi par deux propriétés majeures :

(i) la prévision de l'impact du changement d'une variable ne peut être faite qu'à très court terme, ce qui rend une toute prévision à long terme du comportement des systèmes chaotiques impossible. Un petit changement initial, dont l'effet est multiplié au cours du temps, mène à un comportement très différent. On parle d'instabilité exponentielle, ou une petite cause peut avoir un grand effet, conformément au principe de Lorenz (1963) avec son fameux battement d'ailes de papillon.

(ii) l'irréversibilité : A la différence des systèmes simples qui retournent à leurs états initiaux, dans le cas d'un système à l'état chaotique, il est peu vraisemblable que des conditions identiques peuvent être retrouvées dans un futur raisonnable. Ainsi, le comportement du système, quand ce dernier se trouve dans son domaine chaotique, est considéré, pour des raisons pratiques, comme le temps, irréversible. Une fois dans le domaine chaotique, le système ne se retrouvera probablement plus alors dans deux situations identiques.

Les systèmes adaptatifs complexes présentent d'autres caractéristiques comme l'émergence et la co-évolution (Yang *et al.*, 2010). Pour des raisons de cohérence de notre présent document, nous ne développons pas ces deux caractéristiques qui ne concernent pas notre recherche. Pour plus de détail sur l'émergence et la co-évolution, le lecteur peut consulter Beurrier (2007) et Habib (2008).

2.3.3. La chaîne logistique assimilée à un système adaptatif complexe

Différents chercheurs ont étudié les chaînes logistiques en l'assimilant à un système adaptatif complexe. Les premières recherches datent des années 1990 avec la recherche de Chase *et al.* (1993) qui ont été parmi les premiers chercheurs à établir un comportement chaotique dans un système de fabrication continu. Nous présentons ces recherches en les classant par année de publication (de la plus ancienne à la plus récente) comme suit :

- Andersen (1999) et de Choi *et al.* (2001) soulignent l'important apport des paradigmes de la complexité et des systèmes adaptatifs complexes pour l'analyse des organisations en général et des chaînes logistiques en particulier, grâce aux outils de modélisation des processus auto-organisés et non-linéaires qu'ils introduisent, outils qui permettent de dépasser les limites des méthodes analytiques.

- Schmitz *et al.* (2002) ont étudié les possibilités et les limites de l'application de la théorie du chaos dans le cas des systèmes de production à travers l'utilisation de la simulation à événements discrets.
- Dauphiné (2003) relevant que les théories classiques utilisées pour l'étude des réseaux urbains présentent diverses limites, a appliqué les principes des systèmes auto-organisés pour étudier leur émergence.
- Li *et al.* (2005) assimilent la chaîne logistique à un système auto-organisé et étudient le comportement de cette chaîne avec une approche multi-agent.
- Thiétart et Forgues (2006) ont considéré que l'organisation est chaotique par nature, du fait que "les multiples liens qui relient chacune de ses composantes internes et externes s'enchevêtrent de façon dynamique et mènent à des résultats qui ne peuvent être prédits".
- Wu et Zhang (2006) ont étudié l'apparition de situations de chaos au sein des chaînes logistiques en analysant un processus de négociation de prix entre des clients et leur fournisseur.
- Martinez-Olvera (2008) propose de considérer la chaîne logistique comme un système complexe pour étudier le partage d'information.
- Bartoldi III *et al.* (2010) ont étudié le comportement chaotique déterministe dans un système de fabrication discret.
- Li *et al.* (2010) ont étudié les situations chaotiques qui apparaissent dans les chaînes logistiques analysées comme des systèmes adaptatifs complexes.
- Hua (2012) a utilisé les automates cellulaires pour simuler le phénomène d'auto-organisation dans le domaine du développement urbain.
- Shih *et al.* (2012) considèrent pour leur part, une chaîne logistique à deux échelons comme un système adaptatif complexe pour expliquer l'émergence de certaines situations chaotiques dans la chaîne logistique, dues d'après les auteurs aux diverses décisions d'ordre logistique.
- Serdarasan (2013) note que l'amélioration de la performance de la chaîne logistique nécessite à l'assimiler à un système complexe et à chercher les facteurs qui causent la complexité pour les traiter de façon efficace.

Aelker *et al.* (2013) considèrent que le chaos déterministe est un des principaux facteurs de complexité des chaînes logistiques et relèvent que plus de 25% du coût des produits dans l'industrie sont dus à la complexité des produits et des processus. Les auteurs soulignent que le concept de complexité reste peu institutionnalisé dans l'industrie et faiblement pris en compte pour le management des chaînes logistiques.

3. Etude de la chaîne logistique assimilée à un système adaptatif complexe : approche par la simulation multi-agents

Harrison *et al.* (2007) considèrent que les approches méthodologiques classiques présentent de sérieuses limites dès qu'il s'agit d'étudier des processus interdépendants fonctionnant simultanément, dont le comportement est complexe et imprévisible. Dans un tel contexte, Habib (2008), Thiétart *et al.* (2007) et Cartier et Forgues (2006) entre autres, proposent l'adoption d'une approche par simulation pour étudier ou générer des hypothèses de recherches cohérentes (Carley, 1999).

3.1. La simulation comme approche méthodologique

Le terme simulation vient du latin *simulatio* qui renvoie en français à "l'action de feindre, de faire paraître réelle une chose qui ne l'est pas". Shannon (1948) décrit la simulation comme *"la construction d'un modèle d'un système réel et la conduite d'expériences sur ce modèle afin de comprendre le comportement du système et d'en évaluer les différentes stratégies"*. Modélisation et simulation sont deux notions indissociables. Le Moigne (1990) exprimera cette indissociabilité en disant que *"modéliser, c'est à la fois identifier et formuler quelques problèmes en construisant des énoncés, et chercher à résoudre ces problèmes en raisonnant par des simulations"*. Pour Tremblay (cité par Marques (2010)), *"le modèle a une fonction de représentation et une fonction de simulation"*. Harrison *et al.* (2007) définissent la simulation comme « modèle informatique du comportement du système, couplé à un design expérimental. L'exécution du modèle conçu est parfois appelé "expérience virtuelle" pour la

distinguer des expériences de laboratoire traditionnels ». Walliser (1977) souligne que le processus de modélisation aboutit à des modèles simulables, qui permettent la reproduction des comportements (seulement ceux choisis) du système afin de les comprendre et de les anticiper dans un cadre, un contexte précis, pour une question, une problématique donnée. Pour Tremblay (2003), *"dans sa fonction de simulation, le modèle est censé reproduire un processus, [...] elle permet la reproduction automatique des phénomènes, ou le traitement automatisé d'une grande quantité de données"*.

Aujourd'hui, la simulation est de plus en plus employée comme approche méthodologique pour développer de nouvelles contributions théoriques et permettre au chercheur d'évaluer ses intuitions, lorsque les relations théoriques sont complexes. Mais, comme l'indique Habib (2008), un tel développement nécessite de clarifier les trois points majeurs suivants :

- *Utilité de l'approche par simulation par rapport à l'objet de la recherche*: le choix d'une approche fondée sur la simulation ne peut se faire que si cette approche s'avère nécessaire à la compréhension de l'objet de recherche. Plusieurs situations incitent à avoir recours aux techniques de simulation. La première situation est quand le chercheur est amené à réaliser des expérimentations sur le phénomène étudié où l'expérimentation directe s'avère difficile voire impossible. Le second type de situation est lorsque les contributions théoriques sur un phénomène donné sont peu robustes et/ou divergentes. Le chercheur peut utiliser la simulation pour construire une théorie rendant compte des observations empiriques. Enfin, le troisième type de situation relevé est quand l'élaboration d'un modèle analytique s'avère impossible pour l'étude de l'objet de recherche, du fait de l'existence de non-linéarités (Sorenson, 2005).

- *Le choix de l'approche de simulation pertinente pour répondre à la question de recherche* : Les méthodes de simulation sont nombreuses et se fondent sur des concepts différents (simulation à événements discrets, dynamique des systèmes, automates cellulaires, réseaux de neurones, ...etc.). Le chercheur doit choisir parmi ces méthodes, celle adéquate par rapport à l'objet de sa recherche.

Note : Pour les besoins de notre recherche, nous avons adopté par article, les automates cellulaires et les systèmes multi-agents.

• *Le respect d'un ensemble d'étapes clés pour la conduite d'une simulation produisant des résultats valables* : Une recherche utilisant une méthodologie de simulation requiert un processus itératif de construction. Thiétart *et al.* (2007) proposent un processus composé de six étapes majeures qu'Habib (2008) a étendu en proposant les sept étapes suivantes (cf. Tableau 6).

Tableau 6. Les étapes d'une approche méthodologique par simulation

Etapes	Activités	Raisonnement
Construire une question de recherche	- Déterminer une question de recherche théorique- Analyser les principales tensions liées à la question de recherche	- Centrer les efforts sur une problématique théorique pertinente pour laquelle la simulation est particulièrement effective
Identifier une théorie	- Choisir une théorie dans la littérature qui renseigne la question de recherche - Chercher des processus entremêlés, non linéaires et aux effets longitudinaux	- Construire les principes de base du modèle en travaillant sur les apports, propositions et hypothèses de la théorie mobilisée. - Centrer les efforts sur un développement théorique qui peut être appréhendé de façon pertinente par la simulation
Choisir une approche de simulation	- Choisir une méthode de simulation qui corresponde à la question de recherche, aux hypothèses et à l'approche théorique - Si la recherche ne correspond pas à une approche spécifique ou si l'approche nécessite des modifications étendues, les processus stochastiques peuvent être utilisés	- S'assurer que la recherche utilise une méthode de simulation appropriée à l'objectif visé
Créer un modèle de simulation	- Opérationnaliser les apports théoriques - Construire l'algorithme informatique qui reflète les principes théoriques - Spécifier les hypothèses - S'assurer que la représentation informatique permet l'expérimentation de la théorie	- Exprimer la théorie en modèle de simulation - Construire la validité du modèle - Améliorer la validité interne en construisant des propositions et hypothèses précises
Vérifier le modèle	- Répliquer les propositions de la théorie avec les résultats de la simulation - Conduire des tests de robustesse du modèle - Si les tests échouent, corriger la théorie et/ou la programmation du modèle	- Confirmer la fidélité et la robustesse du modèle - Confirmer la validité de la théorie
Expérimenter la construction d'une nouvelle théorie	- Construire le design expérimental à partir de la contribution théorique mobilisée et du bon sens	- Centrer l'expérimentation sur le développement de la théorie - Construire une nouvelle théorie à partir de l'exploration et de l'extension de la théorie existante
Valider avec des données empiriques	- Comparer les résultats de la simulation avec les données issues de l'observation directe du phénomène	- Consolider la validité externe de la théorie

selon Habib (2008)

3.2. Intérêts de l'approche de recherche par simulation

Cartier et Forgues (2006) relèvent les avantages d'une approche de recherche par simulation qu'ils résument en les trois points suivants :

(i) la simulation comme méthode de recherche oblige le chercheur de faire une formalisation approfondie de la "théorie" sous-jacente au modèle : *"A cet égard, la simulation est un puissant outil de développement de la théorie. Elle est peut-être encore plus exigeante que les statistiques en imposant d'aller à un niveau de spécification déclinable en instructions compréhensibles par l'ordinateur"*,

(ii) Une fois le modèle construit et programmé, la simulation permet au chercheur de manipuler quasi gratuitement, les différents paramètres du modèle et de développer différents scénarii en faisant varier les variables du modèle en vue d'analyser leur influence sur le phénomène observé,

(iii) comme le rappelle Sorenson (2005), les simulations peuvent constituer un dépassement des insuffisances des méthodologies classiques (cité par Habib, 2008),

(iv) l'analyse des phénomènes d'émergence, d'auto-organisation et de non-linéarité, résultat d'un ensemble de processus inter-reliés et de variables interdépendantes, rend difficile voire impossible le recours à l'approche analytique classique (Boccaro, 2004).

Les méthodes quantitatives et qualitatives traditionnelles s'avèrent également inaptes à l'étude des interactions inter-individus et à la compréhension de la dynamique des relations de coopération. Dans ce contexte, la simulation constitue une alternative sérieuse et/ou un complément robuste aux méthodes de recherche classiques et certains auteurs sont allés jusqu'à la présenter comme une troisième discipline scientifique (Axelrod, 1997) permettant la compréhension des systèmes complexes.

La critique essentielle à l'égard de la simulation comme approche de recherche réside dans la facilité qu'elle offre au chercheur pour "bricoler" les hypothèses de son modèle, aboutissant ainsi à des résultats qu'il souhaite obtenir (Harrison *et al.*, 2007).

3.3. Les méthodes de simulation classiques

Dans leur article, Cartier et Forgues (2006) exposent différentes méthodes de simulation dont les automates cellulaires et les algorithmes génétiques. Pour leur part, Tako et Robinson (2012) exposent les deux méthodes dites de simulation discrète ou à événements discrets et la dynamique des systèmes. Dans cette section, nous présentons les concepts essentiels de chacune de ces méthodes ainsi qu'une revue des recherches menées en logistique selon l'une ou l'autre.

3.3.1. Simulation à événements discrets

Cette approche repose sur les deux notions : discrétisation du temps et événement. Un événement caractérise le début d'une activité à un instant donné dans le temps. Deux méthodes de gestion de l'avance du temps sont alors possibles :

(i) une avance du temps "*orientée événements*" où le pas de discrétisation est non fixe et évolue au gré de l'occurrence d'événements que le chercheur doit modéliser au préalable (panne, défaut, accident, absence, retard...). Ces événements modifient l'état du système. Cette méthode est la plus utilisée par la majorité des logiciels commerciaux reconnus comme Simul8, Witness et Arena,

(ii) une avance du temps "*orientée périodes*" : dans ce cas, le temps est divisé en périodes de taille donnée "*time bucket*" et est incrémenté pas à pas. A la fin de chaque période, un nouvel état est calculé. Seuls les événements se déroulant en début de période sont simulés. L'état des objets et donc du système peut évoluer durant la période et un bilan est réalisé sur ces objets à la fin de chaque période.

Cigolini *et al.* (2014) analysent la relation entre la performance de la chaîne logistique, le mode de décision et les configurations d'organisation de la chaîne. Tako et Robinson (2012)²¹ ont conclu qu'il y a une orientation claire de l'utilisation de la simulation à événements discrets pour l'étude de problèmes opérationnels et tactiques. Yoo *et al.* (2010) considèrent

²¹ Les chercheurs ont étudié 127 articles publiés entre 1996 et 2006 sur les recherches ayant utilisé la dynamique des systèmes et la simulation à événements discrets.

que la simulation à événement discret est l'outil adéquat pour surmonter l'insuffisance de la modélisation analytique, pour l'étude de la performance des chaînes logistiques. Bottani et Montanari (2010) ont appliqué la simulation à événement discret pour étudier l'impact de différentes configurations de la chaîne logistique sur la réduction des coûts et la diminution de l'effet coup de fouet. Longo et Mirabelli (2008) ont proposé un modèle fondé sur la simulation à événement discrète, d'aide à la décision, qui permet l'étude de la performance de la chaîne logistique selon différentes configurations et scénarios de simulation. Liston *et al.* (2007) ont utilisé la simulation à événement discret pour évaluer les coûts des contrats de sous-traitance en fonction de différentes variables. Persson et Araldi (2007) ont développé un outil de simulation discrète de la chaîne logistique qui se fonde sur le modèle SCOR. Ils ont utilisé le modèle pour étudier de façon dynamique l'impact des changements au sein de la chaîne sur sa performance. Mais, Long et Zhang (2014) rappellent qu'une telle approche ne tient pas compte du partage d'information partiel entre les entreprises de la chaîne, et de l'autonomie de leur prise de décision.

3.4.2. Dynamique des systèmes

Développée dans les années soixante par Forrester (1958), la dynamique des systèmes s'appuie sur les techniques d'intégration numérique comme les méthodes d'Euler et de Runge-Kutta, pour la discrétisation des équations et l'obtention des solutions approchées.

A travers cette méthode, Forrester a cherché à construire un modèle selon une vision holiste, des différentes boucles de rétroactions existantes au sein du système à étudier. Les équations correspondantes sont déduites du formalisme graphique et un outil de résolution numérique "Dynamo" permettait d'effectuer des simulations à partir de ces équations.

Plusieurs outils de modélisation et de simulation fondés sur les principes de la Dynamique des Systèmes ont depuis été développés, tels que Ithink, Stella (Costanza, 1987) ou plus récemment Simile (Muetzelfeldt et Massheder, 2003).

Tako et Robinson (2012) positionnent la dynamique des systèmes comme méthode plus adaptée à l'étude de problèmes stratégiques, la différenciant ainsi de la simulation discrète plus adaptée à des problèmes d'ordre opérationnel. Les auteurs ont présenté une comparaison en termes d'utilisation de la simulation discrète et de la dynamique des systèmes, qui montre une large préférence des chercheurs pour la première méthode

Différents scientifiques ont adopté la dynamique des systèmes pour l'étude des chaînes logistiques. La dynamique des systèmes a été d'abord appliquée par Forrester lui-même pour mener une réflexion sur la gestion des chaînes logistiques, ce qui a abouti à la mise en évidence du phénomène dit effet coup de fouet. Puis, Forrester l'a utilisée pour mener des études sur l'urbanisme Forrester (1969) ou pour l'étude de l'évolution des sociétés humaines à l'échelle mondiale intégrant de grands mécanismes sociaux, économiques, techniques, et écologiques (Forrester, 1971).

A titre d'illustration, nous rappelons les quelques recherches ayant adopté une telle approche, suivantes :

Baills et Vessilier (1991) ont indiqué que la simulation dynamique est utile pour étudier différents types de problèmes dans l'industrie automobile, en particulier dans la recherche marketing. Thiel (1996) et Edghill et Towill (1989) ont appliqué la dynamique des systèmes pour la simulation des systèmes de fabrication. Minegishi et Thiel (2000) ont utilisé la méthode pour simuler une chaîne logistique de l'industrie alimentaire. Movahedkhah (2002) a suggéré la dynamique des systèmes pour étudier les indicateurs de performance dans les industries alimentaires. Dégrés *et al.* (2004 et 2005) ont utilisé la dynamique des systèmes pour l'étude des problèmes de développement durable dans l'industrie d'acier. Delerue et Berard (2007) ont utilisé la dynamique des systèmes pour analyser comment l'équilibre dynamique du "système confiance" peut être obtenu dans le contexte des relations inter organisationnelles. Pierreval *et al.* (2007) ont utilisé la dynamique des systèmes pour étudier les systèmes de production du secteur automobile. Plus récemment, Low et Chen (2013) ont analysé la performance d'une chaîne logistique spécialisée dans les composants électroniques, face à la fluctuation de la demande et du délai. Das et Dutta (2013) ont étudié trois politiques de récupération différentes (réutilisation des composants, remise à neuf et récupération des matières premières).

Limites de la dynamique des systèmes et de la simulation à événements discrets

Différents auteurs ont souligné l'apport et les limites de la dynamique des systèmes.

Li *et al.* (2010) soulignent qu'une telle méthode présente des limites majeures dès qu'il s'agit de modéliser l'évolution dynamique de la chaîne qu'elle considère figée. L'outil SME (Spatial Modeling Environment) (Costanza et Voinov, 2004) a essayé de résoudre une telle carence

par l'introduction de la notion d'individus ou cellules d'une grille dont les comportements sont représentés par un modèle de type stock-flux. Les flux peuvent être horizontaux, c'est à dire passer d'une cellule à une autre parmi ses voisines.

Pour notre part, nous considérons que la dynamique des systèmes s'adapte plus à l'étude des chaînes logistiques en cascade avec à chaque niveau, un nombre d'acteurs dont les interactions mettent en jeu un nombre élevé de variables.

Quant à la simulation à événements discrets, elle reste adaptée à des types particuliers de problèmes tels que le dimensionnement des capacités de production des chaînes logistiques ou la comparaison des performances de différentes politiques de transport.

Elle présente de sérieuses limites dès qu'il s'agit de représenter des comportements individuels qualitatifs comme l'opportunisme, la rationalité limitée ou le mimétisme.

3.4.3 Les automates cellulaires

En opposition aux approches analytiques ou holistes ci-avant exposées, une autre approche de modélisation dite "ascendante" a été développée. Elle consiste à décrire les règles de comportement d'un grand nombre d'entités élémentaires qui constituent un système (individu, cellule, agent,...etc.) pour simuler leurs interactions dont découle l'évolution du système dans son ensemble. Parmi ces méthodes, figurent les automates cellulaires (Zhao *et al.* , 2012), proposés dans les années 1960 par John Von Neumann (1966) et S. M. Ulam (1962).

von Neumann a proposé un automate composé de 29 états pour démontrer théoriquement (le modèle n'a pas été implémenté) qu'il était possible de programmer n'importe quelle instruction et donc de simuler le fonctionnement d'un ordinateur.

Les automates cellulaires font partie des rares paradigmes de simulation qui intègrent dans leur définition même, une prise en compte de l'espace.

Un automate cellulaire se définit d'une manière générale par un réseau de cellules dans un espace de dimension D et un ensemble d'états possibles pour ces cellules.

Les automates cellulaires consistent à définir plusieurs règles locales de transition pour définir l'état d'une cellule à un instant t à partir de l'état de cette cellule et de l'état de ses cellules voisines à l'instant $t - 1$. Deux types de voisinage sont plus couramment utilisés : le voisinage de von Neumann et le voisinage de Moore (*cf.* Figure 7).

La transition d'état, entre les temps t et $t + 1$, de l'ensemble des cellules est supposée simultanée sur tout le réseau.

Pour construire un automate cellulaire, le chercheur doit établir une liste de règles de transition d'une cellule d'un état à un autre, sans ordre particulier. Un moteur d'exécution prend en charge l'application des règles de transition à l'ensemble des cellules tout en garantissant un résultat identique quel que soit l'ordre dans lequel chaque cellule est visitée.

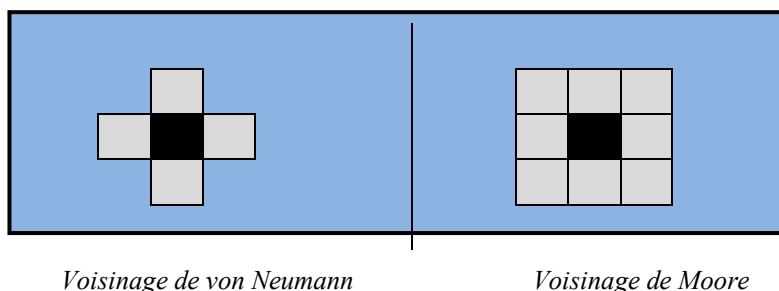


Figure 7. Formes de voisinage utilisées dans les automates cellulaires

Deux applications majeures des automates cellulaires sont souvent citées par les chercheurs et ont rendu cette méthode célèbre :

Le modèle Life (ou jeu de la vie) : ce modèle a été proposé par J.H. Conway en 1970 (Gardner, 1970) et a suscité un grand intérêt auprès de la communauté scientifique. Dans ce jeu, le réseau est une grille à cellules carrées à deux dimensions et se fonde sur deux principes clés :

- (i) états de la cellule : une cellule a deux états possibles : état de vie et état de mort,
- (ii) règles de transition : il n'y a que deux règles de transition locale pour une cellule, qui s'appliquent sur un voisinage de Moore (huit cellules) : règle 1 : une cellule passe à l'état vivant si elle est entourée de trois cellules vivantes, règle 2 : une cellule passe à l'état mort si elle est entourée de moins de deux ou plus de trois cellules vivantes. Ces deux règles de transition ont suffi pour produire des effets difficilement imaginables sans l'utilisation de la simulation. Le comportement d'une cellule ne dépend pas que d'elle et est influencé par l'état de ses voisins.

Le modèle de ségrégation de Schelling (1971) : ce modèle décrit l'évolution de la distribution spatiale de deux populations distinctes (blanc ou noir, garçons ou filles, officiers ou hommes du rang,...etc.) à partir de règles de préférence locale de voisinage. Chaque individu peut se déplacer de façon à essayer d'avoir une certaine proportion de proches voisins qui sont de la même catégorie que lui. Les simulations montrent que même si les individus sont très tolérants vis à vis de leur voisinage, c'est à dire qu'ils préfèrent être entre voisins d'une même catégorie mais en très légère majorité par rapport à l'autre catégorie, on aboutit à une situation de ségrégation importante à l'échelle globale au bout d'un certain temps. Pour des individus tolérants, cette ségrégation n'était pourtant pas recherchée. Le modèle montre aussi que l'on aboutit à une importante ségrégation dans les cas où les individus acceptent d'être mélangés en proportion égale avec l'autre population, mais que l'une des populations est légèrement plus nombreuse.

Ensuite, d'autres recherches se sont appuyées sur les automates cellulaires pour étudier différents phénomènes. Par exemple, Lobry (1991) a utilisé les automates cellulaires pour analyser par simulation, la croissance bactérienne dans des cultures en cuvette et a justifié ce choix par la possibilité qu'offre un automate cellulaire pour étudier l'effet des paramètres locaux (les caractéristiques "physiologiques" des individus) sur le comportement global du système (les paramètres de la croissance de la population). Mas *et al.* (2011) ont utilisé les automates cellulaires pour l'étude des dynamiques spatiales et temporelles des changements d'occupation et d'utilisation des sols. Dubos-Paillard (2000) a utilisé les automates cellulaires à travers l'outil SPACELLE, pour développer un modèle urbain fondé sur des règles d'évolution qualitatives en opposition aux autres modèles qui utilisent des équations mathématiques. Moghadam et Helbich (2013) ont utilisé les automates cellulaires pour étudier des processus d'aménagement du territoire qui mettent en jeu des changements rapides de population et des zones urbaines moins organisées où il est difficile de suivre la croissance urbaine et le changement d'utilisation des terres comme c'est le cas des mégalo-poles (les auteurs traitent le cas de la ville Mumbai).

Grâce aux règles de comportement individuelles qui tiennent compte du voisinage, les automates cellulaires permettent de modéliser des phénomènes complexes comme l'émergence des organisations ou la diffusion d'un phénomène dans l'espace et dans le temps. Mais, cette simplicité de mise en œuvre des automates cellulaires s'accompagne des deux contraintes suivantes :

3.5. Les Systèmes à base d'agents "SMA"

De par l'importance des systèmes multi-agents pour notre recherche, nous présentons ci-dessous leurs concepts majeurs.

Multiples agents aux rôles et compétences différents coopèrent pour la réalisation de tâches communes. Les agents possèdent des objectifs, des moyens et des compétences nécessaires à l'exécution de tâches, et suivent pour cela un ensemble de règles de gestion.

Les prises de décision se font au travers de méthodes de coordination et/ou de négociation entre des agents autonomes, sensibles aux modifications de l'environnement, proactifs (initient les prises de décisions et les actions) et qui disposent de capacités sociales.

Comme pour les acteurs de la chaîne, apprentissage et raisonnement sont nécessaires à la prise de décision individuelle et collective par les agents. Ces capacités de raisonnement et connaissances sont acquises ou modifiées par interaction avec l'environnement.
Les agents coordonnent leurs activités par le partage de flux matériels, informationnels, monétaires ou et décisions.
Comme pour l'acteur de la chaîne logistique, un agent accède à des informations incomplètes, partagées le long des frontières du système par échanges de messages.
Les tâches des agents peuvent être décomposées et affectées à différents agents. Un agent peut déléguer des tâches ou bien partager des tâches pour la résolution de problèmes complexes.
A même titre que dans une chaîne logistique, les agents peuvent adhérer ou quitter un système.

3.5.1 Origine des systèmes multi-agents

Depuis son émergence, l'intelligence artificielle entendait rivaliser avec l'être humain en reproduisant le comportement et le savoir-faire d'un ou de plusieurs experts, d'où les programmes informatiques appelés "systèmes experts" (Ferber, 1995). Mais, dans la plupart des cas pratiques, les savoirs nécessaires à la résolution de tâches complexes sont souvent distribués entre plusieurs individus. L'intelligence artificielle ne peut traiter de tels problèmes car elle individualise les compétences d'expert dans un seul programme informatique. Pour modéliser ces processus souvent fondés sur l'échange d'informations, la mise en commun des connaissances individuelles et la négociation pour résoudre une tâche ou faire un diagnostic, un courant de l'intelligence artificielle s'est inscrit dans la construction de programmes informatiques relativement autonomes et indépendants en interaction, appelés "agents" (Bonnetoy, 2001). Dans cette section, nous rappelons les notions majeures de tels objets. Puis, nous présentons les concepts des systèmes multi-agents.

3.5.2. La notion d'Agent

Le terme "Agent" connaît différentes définitions dont certaines sont utilisées de façon unanime par la communauté multi-agent. Wooldridge (1995) définit un "agent" comme un système informatique capable d'agir de manière autonome et flexible dans son environnement. Jennings (1998) complète cette définition comme suit : *"un système*

informatique doué de raisonnement et capable de communiquer avec ses semblables et qui agit sur son environnement d'une façon autonome et en fonction de sa perception pour atteindre les objectifs pour lesquels il a été conçu". Ces deux définitions mettent l'accent sur la capacité de l'agent à raisonner et d'agir, mais limitent l'agent à sa seule dimension informatique.

Ferber (1995) élargi la notion d'agent en le considérant comme une entité physique ou virtuelle dotée en plus des caractéristiques précédentes, de la capacité de se reproduire. Le concept d'agent repose sur trois notions majeures :

- (i) interaction de l'agent avec son environnement dont il a une perception partielle,
 - (ii) communication avec les autres agents à travers des processus de coopération ou de négociation,
 - (iii) capacité de décision de l'agent qui lui permet de faire des choix (intelligence).
- Wooldridge et Jennings (1995), introduisent d'autres caractéristiques de l'agent comme :
- l'autonomie qui permet à un agent de fonctionner sans l'intervention directe de l'homme ou d'autres, et d'autocontrôler ses actions et états,
 - la capacité sociale qui permet à l'agent d'interagir avec d'autres agents à travers des processus de communication, de coopération et de négociation,
 - la réactivité qui permet à l'agent de percevoir son environnement et de répondre en temps opportun aux changements qui s'y produisent,
 - la pro-activité qui fait que l'agent n'agit pas seulement en fonction de son environnement et prend des décisions qui influencent son entourage,

Enfin, l'agent s'affranchit de l'hypothèse de rationalité qui caractérise les autres approches de modélisation des systèmes Axtell (2000). Selon Kaddoussi (2012), il existe trois types d'agents:

- (i) Agents cognitifs : agents qui possèdent une représentation explicite de leur environnement, des autres agents et d'eux-mêmes et qui sont dotés de capacités cognitives (anticiper, raisonner, mémoriser, planifier, communiquer, etc.),
- (ii) Agents réactifs : agents très rapides dont les actions sont assimilées à des réflexes. Ils fonctionnent selon un modèle stimuli/réponse. Ces agents réagissent dès qu'il se produit un

changement dans leur environnement, selon une action programmée. Ce type d'agents est souvent utilisé dans les applications dites "temps réel" qui contrôlent des procédés industriels. Contrairement aux agents cognitifs, les agents réactifs n'ont pas de représentation explicite de leur environnement,

(iii) Agents hybrides : Ces agents conjuguent la rapidité de réponse des agents réactifs avec les capacités de raisonnement des agents cognitifs. Il s'agit de ce fait d'un compromis autonomie/coopération et efficacité/complexité.

3.5.3. Les systèmes multi-agents (SMA)

Selon Ferber (1995), un système multi-agent (ou SMA), un système composé des éléments suivants :

- (i) Un environnement (E) : un espace disposant généralement d'une métrique,
- (ii) Un ensemble d'objets (O): objets situés dans l'espace. Il est donc possible à un moment donné, d'associer Pour tout objet, une position dans l'espace E. Les objets sont passifs et peuvent être perçus, créés, détruits et modifiés par les agents,
- (iii) Un ensemble d'agents (A) : objets appartenant à l'ensemble O mais qui représentent les entités actives du système.
- (iv) Un ensemble de relations (R) : les relations unissent des objets (et donc des agents) entre eux.
- (v) Un ensemble d'opérations (Op) : ces opérations permettant aux agents de (A) de percevoir, de produire, de consommer, de transformer et de manipuler des objets de (O),
- (vi) Des opérateurs chargés de représenter l'application de ces opérations et la réaction du monde à cette tentative de modification, que l'on appellera les lois de l'univers.

Pour sa part, Demazeau (1995) résume un système multi-agents par les quatre éléments Agent, Environnement, Interaction et Organisation, décomposition dite décomposition "Voyelles" où l'interaction représente l'une des plus importantes composantes.

L'interaction est définie par Doniec (2006) comme étant une relation dynamique instaurée entre plusieurs agents du fait de leurs actions combinées et réciproques.

L'interaction peut avoir plusieurs formes : (i) la coopération, (ii) la coordination, (iii) la négociation, (iv) la collaboration.

3.5.4. Les mécanismes d'interaction dans un SMA

Les interactions, telles que définies par Ferber (1995), correspondent à une mise en relation directe et dynamique de deux agents ou plus et ce, par le biais d'un ensemble d'actions réciproques. Weiss (2000) définit la coordination en faisant référence aux ressources partagées par les agents qui doivent coordonner leurs actions dans leur environnement commun afin d'éviter tout conflit. Kaddoussi (2012) cite d'autres types d'interaction comme la planification (centralisée et distribuée), la coopération et la négociation.

3.5.5. Revue de littérature sur l'application des SMA pour la modélisation des chaînes logistiques

Une revue de littérature récente (Avril 2014) sur l'utilisation des systèmes multi-agents pour l'étude des chaînes logistiques nous a permis d'identifier les recherches les plus récentes. Nous les résumons comme suit :

Ehlen *et al.* (2014) ont modélisé une chaîne logistique de l'industrie chimique et ont étudié les risques au sein de ce type de chaînes. Long et Zhang (2014) considèrent que la technologie multi-agents fournit le meilleur mécanisme pour la modélisation de l'autonomie des acteurs de la chaîne logistique, de la communication et la coordination entre ces agents et de la prise de décision. Kaihara et Fujii (2013) ont utilisé les systèmes multi-agents pour étudier l'interaction sociale entre des agents constituant un marché virtuel qu'ils ont considéré comme système complexe. Mustapha *et al.* (2013) ont utilisé le système multi-agents pour simuler le fonctionnement de telles chaînes. He *et al.* (2013) se sont intéressés à l'étude des comportements des acteurs d'une chaîne logistique de commerce de détail (les auteurs ont considéré la chaîne comme un système adaptatif complexe). Beaudoin *et al.* (2010) ont utilisé l'approche multi-agents pour étudier les processus de collaboration (considérés complexes) entre les acteurs des chaînes logistiques dédiées à l'approvisionnement en bois. Li *et al.* (2010) ont utilisé les modèles à base d'agents pour étudier des phénomènes comme l'émergence, l'autonomie ou le chaos au sein des chaînes logistiques, selon le paradigme des systèmes adaptatifs complexes. Mohebbi et Shafaei (2012) ont utilisé l'approche multi-agents pour étudier des processus de négociation entre des acteurs d'une chaîne logistique dans un contexte de e-commerce. Confessore *et al.* (2007) se sont intéressés à la modélisation multi-agents pour simuler des processus de collaboration et de décision décentralisée. Assimilant

des chaînes d'intervention dans le cas de catastrophes naturelles à un système complexe (de par le nombre important des acteurs qui y interviennent et de la complexité des catastrophes naturelles). Enfin, Li *et al.* (2005) ont utilisé les systèmes multi-agents pour étudier les processus d'auto-organisation au sein des chaînes logistiques. Plusieurs autres recherches sont exposées par Thierry *et al.* (2008a, 2008),

CONCLUSION

Dans ce chapitre, nous avons exposé trois méthodologies de modèles :

- (i) l'approche analytique qui découle de la vision réductionniste,
- (ii) l'approche systémique qui découle de la vision holiste,
- (iii) l'approche connexionniste qui assimile les systèmes à des systèmes adaptatifs complexes.

Nous avons montré les limites des modèles analytiques et holistes pour l'étude des chaînes logistiques sous l'angle de la complexité. Ensuite, nous avons exposé l'approche individu-centrée qui utilise les automates cellulaires et les systèmes multi-agents comme méthodes de simulation pour permet d'étudier la chaîne logistique assimilée à un système adaptatif complexe suivant ainsi les recommandations de Long et Zhang (2014), d'Ehlen *et al.* (2014), de Kaihara et Fujii (2013) et de Beaudoin *et al.* (2010).

Dans le chapitre 4, nous allons présenter les deux articles publiés qui utilisent exclusivement l'approche multi-agents comme méthode de simulation pour étudier les interactions inter-acteurs au sein des chaînes logistiques à deux échelons. Ces interactions sont à la base des relations de coopération verticale et horizontale entre les acteurs de la chaîne.

CHAPITRE 4. ARTICLES THEORIQUES ET APPLICATIFS

ARTICLE 1. COOPERATIONS VERTICALE ET HORIZONTALE DANS UNE CHAÎNE LOGISTIQUE A DEUX ECHELONS : UNE APPROCHE MULTI-AGENTS

INTRODUCTION

Dans l'industrie pharmaceutique, le secteur des boissons ou encore l'industrie des ciments, le fournisseur, de par sa position dominante, peut être amené à exiger de ses clients de coopérer avec lui en échangeant des informations sur la demande future. Il peut également s'agir d'un fournisseur exclusif imposé par un fabricant pour l'approvisionnement de magasins de détail. L'objectif premier est de se focaliser sur la réduction des niveaux de stock chez ce fournisseur en améliorant la fiabilité des prévisions de ventes.

C'est dans ce contexte que nous nous sommes intéressés à l'impact du partage d'information sur la demande et à l'alliance entre clients au sein de chaînes logistiques à deux échelons.

De nombreux chercheurs ont proposé des modèles d'optimisation des stocks s'appuyant sur l'échange d'informations entre acteurs d'une chaîne logistique (voir entre autres: Tan *et al.*, 2007 ; Helper *et al.*, 2010 ; Yan et Wang, 2012). Cependant, à notre connaissance, seuls Milgrom et Roberts (1988), Dudley et Lasserre (1989), De Croix et Mookerjee (1997), Zhu et Thonemann (2004) et Canan *et al.* (2008) ont intégré dans leur modèle un coût d'échange d'information entre le fournisseur et ses clients.

Dans notre recherche, nous avons choisi d'étudier le cas où les demandes des clients étaient corrélées entre elles, hypothèse retenue par de nombreux auteurs comme Erkip *et al.* (1990), Lee *et al.* (2000) ou encore Dong et Lee (2003) qui l'ont justifiée par des observations sur le terrain. Concernant l'optimisation des stocks, ce sont Erkip *et al.* (1990) qui ont été les premiers à généraliser le modèle proposé par Eppen et Schrage (1981) en y intégrant la contrainte des demandes corrélées. Sous ses conditions, De Croix et Mookerjee (1997), Lee *et al.* (2000) et Zhu et Thonemann (2004) ont été parmi les premiers à développer des modèles de gestion de stocks prenant également en compte le partage d'informations avec les clients sur leur demande future. Des recherches plus récentes sont dans le prolongement de ces

travaux (Ali *et al.* , 2012; Ye et Wang, 2013 ; Ganesh *et al.* , 2014). Cependant, toutes ces recherches se sont limitées à l'hypothèse d'une unique coopération verticale entre le fournisseur et ses clients. Nous n'avons pas pu déceler dans la littérature de recherche opérationnelle des modèles intégrant également une coopération horizontale entre clients alors que cette dimension est très présente dans les recherches plus qualitatives en gestion des chaînes logistiques (Meca *et al.* , 2004; Tijs *et al.*, 2005 ; Gao *et al.* 2011; Guardiola *et al.*, 2009).

Ce constat nous a amené à développer dans cet article un modèle théorique qui prend en considération ces deux dimensions de la coopération dans différentes chaînes logistiques à deux échelons observées au Maroc.

Notre article se structure comme suit :

Dans la section 1, nous présentons une revue de littérature portant sur le partage d'informations comme forme de coopération verticale et sur la coopération horizontale entre firmes au sein d'une chaîne logistique à deux échelons dont les demandes clients sont corrélées entre elles. Nous avons considéré également différents comportements possibles des clients face au risque de rupture de stock. Nous concluons en justifiant l'apport d'une approche multi-agents pour représenter les règles de décision des agents de cette chaîne particulière et leurs interactions.

Dans la section 2, nous décrivons le modèle théorique définissant tout d'abord la règle de choix par le fournisseur d'un nombre de clients coopérants, puis sa règle d'allocation des stocks aux différents clients. Nous précisons ensuite les bases de la décision de chaque client quant à son degré de partage d'informations et de coopération avec le fournisseur dépendant de celui de ses voisins proches et également de son attitude envers le risque.

Dans la section 3, nous présentons les résultats obtenus à travers les simulations des comportements de la dyade fournisseur/clients.

Enfin, la section 4 présente les retombées de ce travail en termes d'apports scientifiques et managériaux ainsi que ses limites et les extensions possibles.

1. Revue de littérature²²

Dans le deuxième chapitre de notre thèse, nous avons présenté les concepts clés de la coopération verticale entre acteurs d'une chaîne logistique ainsi que les principes de l'ECR, du VMI et du CPFR. Comme nous l'avons indiqué dans le Tableau 2 (*cf.* chapitre 2), dans cette section, nous nous focalisons sur les concepts majeurs d'une forme particulière de la coopération verticale, à savoir le partage d'information entre un fournisseur et ses clients, en lien avec l'enjeu de réduction des stocks et de la réduction de l'incertitude de l'information sur la demande.

1.1. Partage d'information sur la demande

En 1958, Forrester (1958) a montré qu'une gestion de la chaîne logistique fondée sur l'optimisation des objectifs individuels engendre une forte distorsion de l'information d'une extrémité à l'autre de la chaîne, distorsion connue sous le nom d'"Effet Coup de Fouet" ou "*BullWhip Effect*". Cet effet désigne l'amplification de la variation de l'information sur la demande au fur et à mesure que l'on s'éloigne de la source de consommation dans une chaîne logistique.

L'effet coup de fouet est à l'origine de situations critiques comme la production d'importants surstocks, la provocation des ruptures, l'utilisation inefficace de la production et du transport et la médiocrité de la qualité du service client.

Différents auteurs comme Dejonckheere *et al.* (2004), Xiao et Xu (2013), Ganesh *et al.* (2013) ont considéré que le partage d'information sur la demande entre partenaires de la chaîne logistique est le moyen le plus efficace pour réduire cet effet.

²² Nous n'avons pas voulu développer ici l'abondante littérature traitant des modèles d'optimisation des stocks dans les chaînes logistiques à deux échelons, citons entre autres les premières publications de Clark et Scarf (1960) ou encore Bessler et Veinott (1965). Nous nous sommes focalisés sur les recherches intégrant l'échange d'informations dans ces chaînes et la coopération entre acteurs ainsi que sur la simulation multi-agents.

Le partage d'information sur la demande met en jeu différents paramètres qui varient en fonction des besoins des chaînes logistiques et des accords convenus entre les partenaires (Liu et Kumar, 2009).

Parmi ces paramètres figurent :

(i) *Qualité de l'information partagée* : La qualité de l'information est définie selon les caractéristiques suivantes : contenu, précision, fréquence, récence, crédibilité, véracité, exhaustivité, pertinence et accessibilité (Kulp *et al.*, 2004).

(ii) *Le délai de partage d'informations* : Cette caractéristique est essentielle pour un partage d'information fiable. En effet, une transmission tardive des informations peut avoir plus de répercussions négatives que positives (Chen, 1999).

(iii) *La quantité et la fréquence du partage d'informations* : Une caractéristique majeure de l'information partagée est son exhaustivité et son degré de détail. Un partage d'information fiable doit permettre aux entreprises une meilleure visibilité tout en veillant à ce que le volume des informations échangées ne soit pas excessif (Malhotra *et al.*, 2005).

(iv) *Le support technologique du partage d'informations* : Le partage d'information ne peut ignorer les aspects liés aux technologies de l'information. Elles permettent la collecte et le transfert fiable et rapide, d'une grande quantité d'information. Parmi les technologies majeures, on retrouve l'EDI (Subramanya et Sharma, 2008), les ERP (Kelle et Akbulut, 2005b) et les APS (Welker *et al.* 2008) et enfin, la technologie RFID (Kärkkäinen et Holmström, 2002).

(v) *Le type d'information partagée* : le contenu de l'information partagée dépend du sens du partage d'information. Chen et Yu (2005) distinguent deux types d'informations :

- *L'information aval* : information transmise d'un partenaire aval de la chaîne vers les parties amont (la demande des clients finaux, les prévisions sur la demande, le niveau des stocks, la politique de gestion des stocks des entreprises aval, les ventes, etc.),

- *L'information "amont"* : information transmise d'un partenaire amont de la chaîne vers la partie en aval (la capacité de production, le délai de réapprovisionnement, les coûts de production, etc.).

Nous rappelons que notre recherche s'intéresse à l'information "aval" uniquement.

1.2. Modèles d'optimisation des stocks avec partage d'information sur la demande

Canan *et al.* (2008), Lee *et al.* (2000), De Croix et Mookerjee (1997), Dudley et Lasserre (1989) et Milgrom et Roberts (1988) ont développé des modèles qui intègrent un coût d'échange d'information (coût de coopération) entre les acteurs de la chaîne logistique. Zhu et Thonemann (2004) ont défini dans leur modèle, un coût relatif à la qualité de l'information partagée.

Lee *et al.* (2000), Zhu et Thonemann (2004), Ali *et al.* (2012), Ganesh *et al.* (2014) ont pris en compte la corrélation des demandes dans leurs modèles, s'appuyant sur les recherches d'Erkip *et al.* (1990) ou encore d'Eppen et Schrage (1981). Deux formes de corrélation sont prises en compte : (i) la corrélation de la demande d'un client dans le temps (Ali *et al.* , 2012; Lee *et al.* , 2000), (ii) la corrélation des demandes de plusieurs clients (Zhu et Thonemann, 2004).

Botta-Genoulaz et Pellegrin (2010) présentent une riche revue de littérature sur les types d'information à partager, les différentes variables qui influencent la performance du partage d'information et les résultats de ce partage comme le perçoivent les entreprises clients et fournisseurs de la chaîne logistique.

Plus récemment, Choi *et al.* (2013) relèvent qu'un partage d'information peu pertinente ou de moindre qualité induit des pertes chez les détaillants. Analysant le cas de plus de 140 fabricants chinois, Ye et Wang (2013) relèvent que le partage d'information induit une meilleure performance opérationnelle. Prajogo et Olhager (2012) soulignent que le partage d'information et une maîtrise des technologies informatiques ont un effet favorable sur la performance des entreprises. Atasoy *et al.* (2012) relèvent que l'impact de la coopération est d'autant plus important quand il y a une irrégularité de l'offre (faible disponibilité de l'offre pendant les périodes de vacances) et de la demande (saisonnalité). Ding *et al.* (2011) utilisent un modèle coopératif fondé sur la théorie de jeux et montrent qu'un partage des bénéfices induits par le partage d'information, motive les acteurs de la chaîne logistique à partager leurs informations.

Helper *et al.* (2010) considèrent que le partage d'information permet un meilleur bénéfice quand la demande est fortement corrélée. Yanfeng (2007)²³ montre que la coopération et le partage d'information sur la demande au sein de la chaîne logistique permet de réduire significativement l'effet coup de fouet. Zaho (2002) relève les avantages potentiels du partage d'information sur la demande pour un fabricant, en termes de coût de fabrication et de niveau de service, particulièrement quand le fabricant dispose d'une grande capacité. Lee *et al.* (2000) relèvent que le partage d'information permet au fabricant de réaliser des bénéfices particulièrement quand la variance de la demande est élevée et les délais sont longs.

Cet impact positif de la coopération verticale sur la performance de la chaîne logistique a été confirmé par différents auteurs comme Xiao et Xu (2013), Badoc (2012), Guan et Zaho (2010), Caoa *et al.* (2010), Véronneau *et al.* (2008), Amabile et Gadille (2006) et Angerhofer *et al.* (2006).

Différentes recherches mitigent les résultats positifs du partage d'information sur la demande. Atasoy *et al.* (2012) soulignent que le partage d'information est moins rentable lorsque les coûts de commande sont élevés et lorsque la disponibilité de l'offre est toujours faible dans le système. Nyaga *et al.* (2010), Wadhwa *et al.* (2010) et Chiang et Feng (2007) relèvent que dans le cas d'une forte incertitude de la demande, la coopération présente plus d'intérêt pour les membres en amont de la chaîne logistique que pour les membres en aval. Chan et Chan (2009) relèvent que dans certains cas, un partage d'information partiel peut être plus rentable qu'un partage d'information total, étant donné le coût et la valeur des investissements qu'exige ce dernier. Pour leur part, Nyaga *et al.* (2010) et Carbone (2005) rappellent que la coopération doit s'appuyer sur la confiance entre partenaires et la bonne définition des informations à partager.

²³ L'auteur s'appuie sur les résultats d'une enquête menée auprès de 232 entreprises australiennes,

1.3. Coopération horizontale (alliance) entre les clients d'une chaîne à deux échelons

Dans le premier chapitre de notre présent document, nous avons présenté la définition du concept coopération horizontale et nous avons présenté le concept de GMA et ses différentes formes. Dans cette section nous présentons une revue de littérature sur la coopération horizontale au sein des chaînes logistiques à deux échelons, en lien avec l'optimisation du stock et du coût de la chaîne.

Les premières recherches sur la coopération horizontale en logistique remontent aux années 1990. Gerchak et Gupta (1991) ont analysé le problème de la répartition des coûts communs d'un système de gestion des stocks centralisé, entre différentes entreprises d'une même chaîne logistique. Meca *et al.* (2004) proposent un modèle où plusieurs détaillants réduisent leurs coûts d'acquisition en regroupant leurs commandes, ramenant ainsi leurs coûts de passation et d'acquisition de la commande à un seul coût pris en charge par l'ensemble des détaillants. Meca *et al.* (2005) ont proposé un modèle où plusieurs alliés partagent leurs coûts d'acquisition, mais également leur capacité de stockage. Tijs *et al.* (2005) ont présenté un modèle où un groupe de détaillants s'allient en partageant leurs entrepôts de stockage. Guardiola *et al.* (2009) ont présenté un modèle où un groupe d'entreprises partagent leurs systèmes de production et de stockage en vue de réduire leurs coûts de stock. Gao *et al.* (2011) se sont intéressés à une coopération horizontale de type partage de stocks entre plusieurs détaillants au sein d'une chaîne logistique à deux échelons. Les auteurs ont étudié selon différents scénarios, l'impact de ce partage de stock sur la performance des détaillants et sur la performance globale de toute la chaîne logistique.

Sur un autre registre, différents auteurs se sont intéressés à l'impact de la coopération horizontale sur la diminution des coûts de stocks par l'optimisation du transport. Cruijssen et Salomon (2004) se sont intéressés à l'étude du transport des fleurs aux Pays-Bas et ont relevés que le partage de commande (*Order Sharing*) entre transporteurs apporte une économie sur le coût de transport. Cruijssen *et al.* (2007) relèvent que la coopération horizontale permet d'augmenter la productivité de l'entreprise, par la diminution des transports à vide et par une meilleure utilisation des entrepôts. Carbone et Stone (2005) se sont intéressés à l'évaluation de la relation collaborative entre les 3PL en Europe et ont montré que de telles alliances pourraient fournir un service logistique plus cohérent et plus large. Tyan et Du (2003) étudient la consolidation des flux expédiés par différents fournisseurs en transport aérien et relèvent

que ce type d'alliance permet de réduire le coût de transport. Cheung *et al.* (2003) relèvent que la consolidation du fret permet de réduire le coût du transport maritime. Ergun *et al.* (2007) traitent de la coopération horizontale entre des chargeurs et montrent qu'elle permet de diminuer les coûts cachés liés au transport réalisé, par les prestataires en réduisant les trajets à vide. Différentes expériences de coopération horizontale de type mutualisation ont été conduites en France et ont abouti à des résultats chiffrés significatifs (Etude PIPAME-CNAM, 2009) comme : l'augmentation de la fréquence moyenne des livraisons, la diminution de la couverture de stock, la stabilisation du coût de transport, malgré la hausse des tarifs des transporteurs et la baisse du nombre de kilomètres parcourus.

Pour Yang (2009), Zhang (2009), Dror et Hartman (2007) et Anily et Haviv (2007), la coopération horizontale est le meilleur moyen pour les entreprises d'échanger leurs expériences mutuelles afin de tirer profit des réussites et des échecs vécus par les unes et les autres. Schreiner *et al.* (2009) et Leitner *et al.* (2011) soulignent que la coopération horizontale permet aux partenaires d'accéder à plus de ressources en bénéficiant de celles des alliés, renforçant ainsi leur avantage concurrentiel et réduisant leur coûts logistiques. Ce constat est confirmé par Bikram *et al.* (2009) et Sambasivan *et al.* (2013).

Ces résultats positifs atteints par la coopération horizontale ont été mitigés par différentes recherches. Park et Ungson (2001) soulignent la tendance qu'ont certaines entreprises à vouloir gérer leur processus logistique de façon individuelle et à maximiser leurs propres objectifs sans volonté de coordination avec leurs alliés. Utilisant la longévité comme critère important pour mesurer la performance de la coopération horizontale, Meschi (2005, 2006) relève qu'environ 15% de ce type de coopération disparaissent dans leurs deux premières années d'existence et plus de la moitié dans les six années qui suivent leur création. Sambasivan *et al.* (2013) et Nordin (2006) soulignent le caractère opportuniste du comportement de certaines entreprises membres d'une coopération horizontale et son impact sur l'échec de cette dernière. Pan (2010) rappelle que parmi les freins au développement de la coopération horizontale, figure la difficulté à bâtir des mécanismes de répartition équitable des gains entre les membres de la coalition. Enfin, différents auteurs comme Masclef (2012), Leitner *et al.* (2011), Schreiner *et al.* (2009), Yang *et al.* (2008), Carbone (2005) soulignent que la coopération horizontale ne peut se finaliser ni durer sans l'existence d'une qualité relationnelle fondée sur la confiance et un choix judicieux des alliés (Harrison et Hoek, 2005).

1.4. La prise en compte de l'aversion au risque

Des recherches en économie et en finance ont considéré différents types de comportements des agents économiques face au risque en les qualifiant de riskophobes ou de riskophiles (de Markowitz, 1952; d'Allais, 1953; Tobin, 1958; Laskar, 2007). Des auteurs comme Reyniers et Tapiero (1995a, 1995b), Corbett et Tang (1999), Xiao et Yang (2009), Egri (2012) ont confirmé la présence de ce type de comportement au niveau des décisions logistiques et la prise de risque. Lau (1980), Eeckhoudt et al. (1995), Chen et Federgruen (2000), Agrawal et Seshadri (2000), Martinez-de-Albeniz et Simchi-Levi (2003) et Chen *et al.* (2007) ont développé des modèles de gestion de stocks qui tiennent compte de l'aversion au risque des décideurs. Cependant, aucune de ces recherches n'a pris en compte l'effet du voisinage de chaque décideur sur son attitude face au risque alors que des recherches hors champ de la logistique ont montré que la prise de décision d'agents économiques pouvait être influencée par leur voisinage selon une logique mimétique (Leroux et Pupion, 2011).

De cette revue de littérature sur le partage d'information sur la demande et la coopération horizontale, nous élaborons les constats majeurs suivants :

(i) **Constat 1.** le partage d'information sur la demande reste d'actualité (Ganesh *et al.* , 2014; Choi *et al.* , 2013; Yan et Wang, 2012; Ali *et al.* , 2012; Helper *et al.*, 2010; Wadhwa *et al.*, 2010). Néanmoins, la majorité de ces recherches s'intéresse à la seule dimension verticale de la coopération. Aucun modèle ne s'est intéressé à l'étude simultanée des coopérations verticale et horizontale.

(ii) **Constat 2.** Les recherches menées ne prennent pas en considération l'aversion au risque des acteurs amenés à coopérer (Chen, 2007; Tapiero, 2006 ; Tapiero, 2005e; Anvari, 1987).

Ces deux constats nous ont amené à proposer un modèle qui prend en considération : la double dimension de la coopération horizontale et verticale, et l'aversion au risque des clients de la chaîne logistique.

2. Le modèle de la chaîne logistique

Pour l'élaboration de notre modèle, nous avons adopté une double approche méthodologique s'appuyant, d'une part, sur une étude exploratoire et d'autre part, sur des expérimentations en « laboratoire ».

2.1. Conduite de l'étude exploratoire

Jawab *et al.* (2006) ont révélé dans leur recherche que la coopération logistique était en phase d'émergence au sein des entreprises marocaines. Nous avons choisi de poursuivre cette investigation par une approche exploratoire hybride²⁴ visant à identifier les pratiques de coopérations verticale et horizontale.

Conformément à Koenig (1993), nous avons mené une enquête selon une logique abductive auprès d'un panel de 9 entreprises sélectionnées selon les critères correspondant à notre problématique de recherche à savoir :

- (i) elles appartiennent toutes à des chaînes logistiques à deux échelons,
- (ii) elles disposent d'une direction logistique dotée d'outils de gestion de prévision de vente, de gestion des stocks et de planification logistique (ERP),
- (iii) elles peuvent avoir un réel besoin de développer des pratiques de coopération et d'échange d'information sur la demande. Le recueil des données a reposé sur des entretiens semi-directifs menés auprès des responsables logistiques et dirigeants. Pour dépouiller, classer et analyser les informations extraites de ces entretiens (sur les pratiques en termes de coopération), nous avons suivi les recommandations de Thiétart *et al.* (2007) et avons adopté l'analyse de contenu par verbatim (Bardin, 2007). Une recherche documentaire dans la presse professionnelle et sur le net nous a permis d'enrichir ces observations.

²⁴ Le caractère hybride s'explique par le lien habituel entre une approche exploratoire et une approche qualitative (Barbet, 1988).

Cette enquête nous a permis d'aboutir à deux résultats majeurs :

- (i) Au Maroc, les pratiques de coopération verticale sont a priori inexistantes entre le fournisseur et ses clients,
- (ii) pour combler ce manque, les clients développent une sorte d'alliance entre eux en échangeant de l'information avec leurs « voisins » de manière à réagir par rapport au comportement dominant de leur fournisseur. Ceci confirme les travaux de Huang *et al.* (2003).

D'autres observations ont permis de bâtir différentes hypothèses de notre modèle notamment le fait que les demandes entre les clients étaient corrélées.

2.2. Expérimentation en laboratoire par simulation

Nous proposons de modéliser différentes formes de coopération possibles au sein de ce type de chaîne logistique et d'adopter une approche par simulation (Thiétart *et al.* , 2007; Habib, 2008). Des auteurs comme Shih *et al.* (2012) et Aelker *et al.* (2013) soulignent le caractère complexe des relations de coopération entre un nombre élevé d'acteurs autonomes. Conformément aux recommandations de Cartier et Forgues (2006), Boccara (2004), Li *et al.* (2010) et Datta et Cristopher (2011), nous avons choisi une représentation à l'aide de systèmes multi-agents (Ferber, 1995).

La chaîne logistique que nous représentons est constituée d'un fournisseur unique dominant qui distribue un même produit à N clients. Les demandes des clients sont corrélées positivement avec un coefficient ρ et suivent chacune une loi normale de moyenne μ et variance σ^2 .

Les objectifs de notre modèle sont les suivants :

- (i) Analyser le comportement des acteurs et la performance de la chaîne logistique dans un double contexte : une coopération verticale entre le fournisseur et ses clients et un échange d'informations horizontal entre les clients (une distorsion de l'information échangée est ensuite introduite dans le modèle).
- (ii) Analyser la stabilité de la relation de coopération entre le fournisseur et ses clients dans le temps selon deux hypothèses :

- (h1) les clients ont tous les mêmes comportements envers le risque de rupture de stock,
- (h2) les clients peuvent avoir des comportements riskophobes, « modérés »²⁵ ou riskophiles (avec un mixage des trois types de comportement parmi les clients).
- (iii) Mesurer la valeur ajoutée du partage d'informations en fonction du potentiel de coopération initial de chaque client, du coefficient de corrélation entre les demandes et de la dispersion des demandes.

2.3. Processus décisionnel en trois étapes

Remarque préliminaire : Aucun des agents n'a de vision globale et de rôle de coordination de l'ensemble de la chaîne. Les décisions des clients et du fournisseur ne dépendent que de leurs objectifs individuels visant à minimiser leurs coûts propres.

Initialisation des données

Chaque agent « client » i dispose initialement d'une capacité (ou potentiel) de coopération avec le fournisseur qui correspond à ses investissements en technologies de l'information et de la communication ainsi qu'en ressources humaines qu'il souhaite consacrer à la coopération avec le fournisseur. La variable k_{2i} représente ce coût unitaire. Cependant chaque client peut décider de fixer son niveau de coopération r_i entre 0 et 1. Son coût de coopération serait dans ce cas égal à $k_{2i} r_i$ à condition qu'il ait été choisi comme coopérant par le fournisseur. En fait, le fournisseur fixe un nombre optimal de clients coopérants $n_0^* \leq N$ calculé selon un niveau moyen de coopération initial de tous les clients r_{0i} . Les n_0^* premiers clients triés en ordre décroissant selon leur valeur de r_{0i} , seront forcés à être « coopérants ». Les autres clients auront un statut de « non coopérant » avec un coût de coopération nul.

Par ailleurs, le stock est nul chez le fournisseur en début de chaque période de décision, ce qui signifie que tous les surplus éventuel en fin de chaque période sont détruits.

²⁵ Comportement tentant de prendre un risque « moyen ».

La figure 8 récapitule le principe général du processus décisionnel en trois étapes.

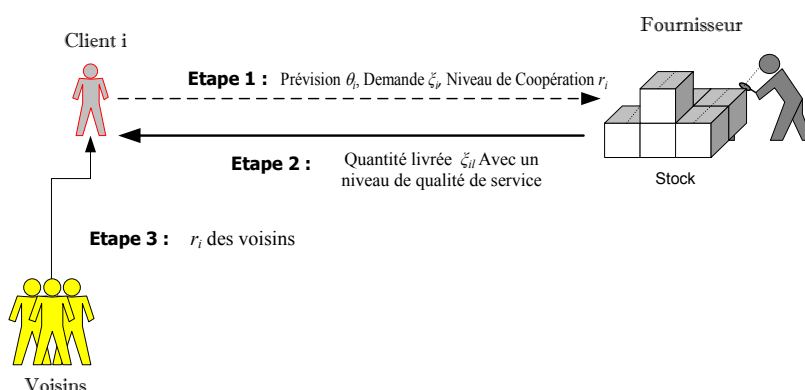


Figure 8. Processus de décision et de partage d'informations entre les acteurs de la chaîne logistique

Etape 1. Décision du fournisseur à chaque début de période

En début de chaque période, l'agent «fournisseur » décide des quantités d'un produit donné à commander à l'aide du modèle d'optimisation des stocks de Zhu et Thonemann (2004) qui s'appuie sur un modèle de prévision de ventes. L'objectif de ce modèle consiste à minimiser le coût total du fournisseur sans considérer l'ensemble de la chaîne logistique. Ce coût correspond à la somme des coûts d'acquisition, de stockage, de pénurie et de coopération du fournisseur.

De ce modèle découle un nombre optimal de clients n^* qui auront à partager l'information sur leur demande future avec le fournisseur.

Le fournisseur calcule le nombre de clients coopérants n^* qui lui permet d'optimiser sa fonction de coût global $g(n)$ (cf. le modèle de Zhui et Thonemann (2004) en introduction générale). Pour cela, il commence par calculer le niveau de coopération moyen r_{moyen} en fonction des r_i de chaque client coopérant.

Deux cas de figures se présentent :

(i) Si le nombre de coopérants actuel n est supérieur à n^* , le fournisseur diminue le nombre de coopérants en changeant le statut de coopération des $(n - n^*)$ clients. Le fournisseur élimine les clients dont le niveau de coopération est le plus bas.

(ii) Si le nombre de coopérants actuel n est inférieur à n^* , le fournisseur augmente le nombre de coopérants en changeant le statut de coopération des $(n^* - n)$ clients. Le fournisseur appelle en priorité les clients dont le potentiel de coopération est le plus élevé.

(iii) En fonction du niveau de coopération r_{moyen} , du facteur de corrélation de la demande ρ , de la valeur moyenne μ et de l'écart-type σ de la demande, le fournisseur calcule le stock y^* optimal à approvisionner (cf. tableau 8).

Tableau 8. Principe du calcul des coûts et des quantités à approvisionner et en rupture

Fonction coût du fournisseur	$f_s = \frac{k_1 n}{\tau \sqrt{\frac{(1-\rho)(N-n)+n[1+(N-1)\rho(1-r)]}{N+N(n-1)\rho}}} + c_1 N \mu + (p_1 + h) \Phi(z)$ avec $z = \Phi^{-1}(p - c_1)/(p_1 + h)$, Φ étant la fonction de répartition de la loi normale
Quantité optimale à approvisionner	$y^* = N \mu + \frac{1+(N-1)\rho}{1+(n-1)\rho} \left(\sum_{i=1}^n \theta_i - n \mu \right) + z \tau \sqrt{\frac{(1-\rho)(N-n)+n[1+(N-1)\rho(1-r)]}{N+N(n-1)\rho}}$
Quantité en rupture	$Q_{rup} = \left(\sum_{i=1}^N \xi_i - y^* \right)^+$ avec : ξ_i : demande réelle pour le client i
Fonction coût des clients f_c	Chaque client i calcule sa fonction : $f_c = \sum_{i=1}^N f_{ci} = k_{2i} \sum_{i=1}^N r_i + c_2 \left(\sum_{i=1}^N \xi_i \right) + p_2 \left(\sum_{i=1}^N \xi_i - y^* \right)^+$ Remarque: Seuls les clients coopérants ont un coût de coopération
Fonction coût total f_{sc}	$f_{sc} = f_s + f_c$

Avec:

- k_{2i} coût de coopération maximum que chaque client i peut mobiliser avec le fournisseur
- c_2 coût par unité commandée pour un client
- p_2 coût unitaire de rupture de stock pour un client

Etape 2. Affection par le fournisseur des produits aux clients

A réception des demandes réelles des clients ξ_i ²⁶, nous avons considéré que le fournisseur affectait les stocks en fonction de la priorité de chaque client (*cf.* Raghunathan, 1999), dans notre cas, en fonction de leur niveau de coopération selon la règle : du plus élevé au moins élevé.

Etape 3. Décision de chaque client après réception des marchandises

Chaque client décide alors de modifier son niveau de coopération r_i en concertation avec ses voisins (Huang *et al.*, 2003) dans un objectif de réduire son coût de coopération avec le fournisseur (coût de coopération représenté dans le tableau 1 par $k_2 r_i$). Selon son comportement envers le risque de rupture de stocks qui peut être "riskophile", "riskophobe" ou « modéré » (Chen *et al.*, 2007; Xiao et Yang, 2009), il décide alors de s'aligner sur un niveau r_i donné selon les règles suivantes :

- **Le client *riskophobe*** s'aligne toujours sur le niveau de coopération r_i de son voisin le plus coopérant.
- **Le client *riskophile*** s'aligne toujours sur le niveau de coopération r_i de son voisin le moins coopérant
- **Le client *modéré*** s'aligne sur la moyenne des niveaux de coopération de tous ses voisins coopérants.

Par ailleurs et conformément aux recherches de Yan et Wang (2012) et de De Croix et Mookerjee (1997), l'information échangée entre clients peut présenter une distorsion que nous représentons par une loi normale de moyenne nulle et de variance σ_{ri}^2 .

²⁶ La demande par client ξ_i suit une loi normale de moyenne μ et d'écart-type σ .

La formalisation du modèle multi-agents sous forme de diagramme des classes UML ainsi que les principales méthodes des agents sont présentées en annexe.

2.4. Conditions expérimentales

Nous avons choisi un fournisseur unique pour un même produit et 300 clients.

Pour fixer les données initiales de simulation et les paramètres (*cf.* tableau 9), nous avons réalisé différents tests préliminaires de jeux de variables $[p_1, c_1, k_1, h, p_2, c_2, k_2]$ de manière à obtenir un nombre initial de clients coopérants $n^* \neq 0$ et $\neq N$ et un niveau de stock y^* qui soit significatif.

Remarque : Le jeu de données choisi par De Croix et Mookerjee (1997) et Zhu et Thonneman (2004) ne nous a pas permis de caler notre modèle. Nous avons dû tester d'autres données de manière à pouvoir ajuster au mieux le couple initial n_0^* et y_0^* . Le facteur de corrélation ρ et les niveaux de coopération initiaux des clients ont été choisis selon une échelle de valeurs faibles, moyennes et fortes. Différentes valeurs de dispersion σ de la demande ont été également simulées.

Tableau 9. Données de simulation et paramètres retenus

Nombre de clients N	300
Nombre initial de coopérants n	114 pour $\rho = 0.05$
Nombre de voisins par client	8 (<i>cf.</i> voisinage de Moore)
Niveau de coopération initial des clients	
Potentiel=niveau de coopération initial r_i	Valeurs constantes 0.25 ; 0.55 ; 0.75 ou bien valeurs fluctuant selon une distribution normale $\mathcal{N}(0.25, 0.1)$ ou $\mathcal{N}(0.55, 0.15)$
Paramètres de la demande	
Moyenne de la demande μ	10
Ecart type de la demande σ	2, 4 ou 6 (troncage éventuel de la distribution de manière à ce que la demande soit toujours ≥ 0).
Facteur de corrélation de la demande ρ	0.05, 0.1, 0.3, 0.7

Paramètres de la fonction coût du fournisseur

Coût unitaire de rupture p_1	0.6
Coût unitaire d'acquisition c_1	0.1
Coût unitaire de possession h	0.5
Coût de coopération k_1	0.05

Paramètres de la fonction coût du client

Coût unitaire de rupture p_2	0.6
Coût unitaire d'acquisition c_2	0.1
Coût de coopération k_2	0.05

Pour implémenter notre modèle, nous avons utilisé l'environnement *Netlogo* (Wilensky, 1999). La performance globale a été mesurée à chaque itération à travers la valeur de f_{sc} .

Les simulations sont arrêtées dès que le modèle atteignait un état stationnaire ou qu'un cycle limite était constaté.

Pour s'assurer de la validité de ce modèle, nous avons développé le plan d'expériences suivant Marques (2010):

- Pour chaque scénario, nous avons effectué 100 simulations sur une durée de 150 périodes chacune. Ce processus nous a permis de s'assurer des deux points suivants : (i) les mêmes phénomènes se reproduisent à chaque simulation, ce qui prouve qu'ils ne sont pas le résultat du hasard, (ii) de vérifier que les différences entre les résultats des différentes simulations sont suffisamment négligeables pour ne pas remettre en cause l'exemplarité du résultat.
- Pour chaque scénario de simulation, nous avons généré un fichier de type "scénario.csv" qui contient les valeurs générées par les simulations. Grâce à cette approche, nous avons vérifié que ces variables respectent les conditions visées par la simulation. Ce fichier contient également les valeurs des fonctions coûts calculées par simulation f_s , f_c et f_{sc} et la fonction stock optimal y^* . Pour chacune de ces fonctions (variables résultats), nous avons calculé la valeur moyenne et l'écart-type en fonction des valeurs obtenues sur les 150 périodes de simulation.

3. Résultats de simulation

3.1. Impact de l'aversion au risque des clients sur la valeur moyenne du niveau de coopération et le nombre moyen de clients coopérants

Rappel de l'hypothèse de simulation : La chaîne logistique est constituée de clients ayant le même comportement face au risque de rupture de stock : riskophobes, riskophiles ou modérés. Chaque client a un potentiel de coopération initial r_i et échange de l'information aussi bien avec le fournisseur qu'avec ses voisins clients.

D'après les figures 9 et 10, nous observons que le niveau de coopération moyen r et le nombre moyen de clients coopérants n^* dépendent de la nature des clients face à l'aversion au risque. Par exemple, quand la chaîne est constituée exclusivement de clients dits *riskophobes*, le niveau de coopération moyen r et le nombre de coopérants moyen n^* sont plus élevés que lorsque la chaîne est constituée exclusivement de clients de type *riskophiles*.

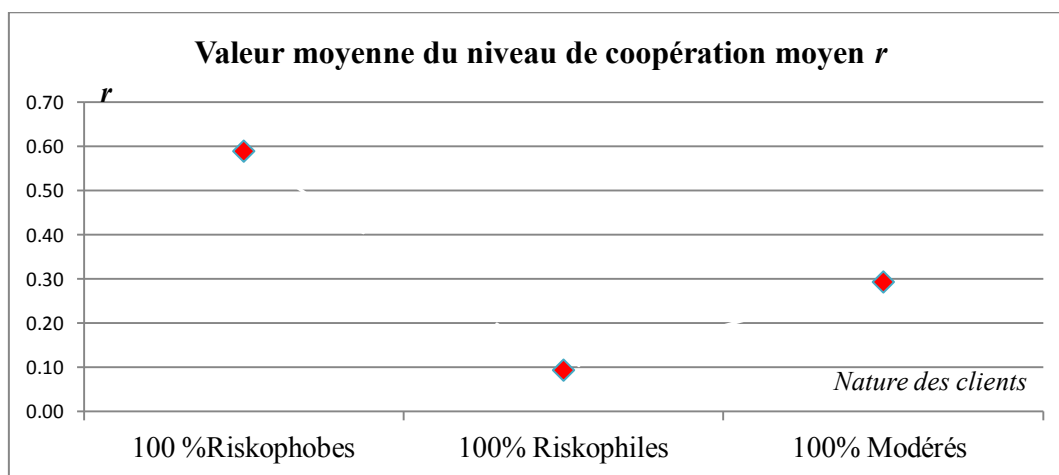


Figure 9 Evolution du niveau de coopération moyen r en fonction de la nature des clients face à l'aversion au risque ($\rho = 0.9$)

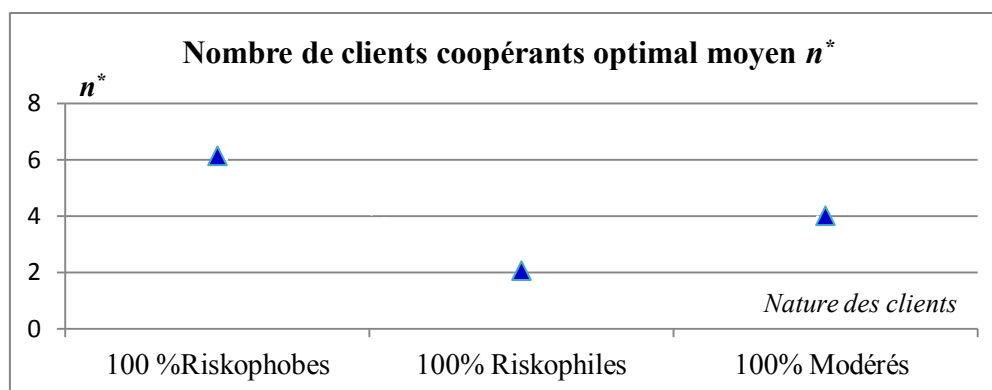


Figure 10. Evolution du nombre de clients coopérant moyen n^* en fonction de la nature des clients face à l'aversion au risque ($\rho = 0.9$)

Ce résultat se justifie par le fait que les clients de nature riskophobe ont tendance à s'aligner toujours sur leur voisin dont le niveau de coopération est le plus élevé. De période en période de simulation, les clients adoptent un niveau de coopération élevé. D'où un niveau de coopération moyen élevé.

Par contre, les clients de nature riskophile ont toujours tendance à s'aligner sur le niveau de coopération de leur voisin le moins coopérant. De période en période de simulation, les clients adoptent un niveau de coopération plus faible. D'où un niveau de coopération moyen faible.

S'appuyant sur son modèle d'optimisation des stocks, le fournisseur calcule le nombre optimal de coopérants en fonction du niveau de coopération moyen. Pour un facteur de corrélation égal à 0.9, plus est élevé le niveau de coopération, plus est élevé le nombre de clients coopérants n^* .

Un constat s'impose à ce stade :

Le niveau de coopération au sein des chaînes logistiques est influencé par la nature des clients de la chaîne en termes d'aversion au risque.

Conformément au modèle d'optimisation des stocks adopté par le fournisseur, le nombre de clients coopérants n^* qui permet d'optimiser la fonction coût du fournisseur, dépend du niveau de coopération moyen r , et par conséquent de la nature des clients de la chaîne face au risque.

3.2. Intérêt du partage d'information pour le fournisseur et pour les clients

Rappel de l'hypothèse de simulation: La chaîne logistique est constituée de clients avec des comportements face au risque différents, les riskophobes, les riskophiles et les clients « modérés ». Chaque client a un potentiel de coopération initial r_i et échange de l'information aussi bien avec le fournisseur qu'avec ses voisins clients.

De nombreuses simulations suivant les conditions expérimentales présentées au §3.4 ont été effectuées avec différents mixages des comportements des 300 clients. De nombreux constats se sont répétés comme celui donné à titre d'exemple dans le tableau 10. Celui-ci indique que l'agent client 37 ayant un degré de coopération r_i plus faible que celui des clients 2 ou 4, bénéficie au final d'un coût plus faible comparé à ces derniers clients. Ceci contredit a priori un résultat qui paraîtrait naturel à savoir que le client le plus coopérant devrait s'attendre à un coût plus bas.

Tableau 10. Illustration de la performance de trois clients ayant des niveaux de coopération différents

Numéro Agent	Attitude du client face au risque	r_i = degré de coopération avec le fournisseur	Statut	ξ_i = quantité commandée	ξ_{il} = quantité livrée	Ruptures	Coût client
37	Modéré	0.29	Coopérant	10	10	0	1.08
2	Riskophobe	0.58	Coopérant	11	11	0	1.15
4	Riskophobe	0.45	Coopérant	13	13	0	1.33

Ce résultat se justifie par le fait que les clients n'ont pas tous la même quantité livrée ξ_{il} à chaque instant t ainsi que par leur coût exprimé par la fonction f_c , qui dépend du coût de coopération et des pénalités dues aux ruptures. Nous proposons ainsi que *plus le client a des demandes importantes, plus il a intérêt à augmenter son niveau de coopération pour être servi en priorité avec la bonne quantité. Le client qui a une demande faible a un risque de rupture moindre et donc un intérêt de coopération moindre.*

Trois conclusions s'imposent à ce stade :

(i) tous les acteurs de la chaîne logistique n'ont pas le même intérêt en termes de coopération et de partage d'informations. Ceci confirme la recherche de Zhao et Xie (2002) qui ont relevé la réticence de certaines entreprises à l'égard du partage d'information.

(ii) Notre résultat confirme la recherche de Chan et Chan (2009) qui ont observé qu'un partage d'information partiel peut dans certains cas, amener une meilleure performance pour l'entreprise.

(iii) la règle d'attribution des stocks par le fournisseur où le client le plus coopérant est servi en premier, n'est pas équitable pour tous les clients qui n'ont pas le même poids du fait de l'importance des demandes des uns par rapport aux autres. Une règle d'allocation des stocks en priorité aux clients qui ont un facteur $r_i * \xi_i$ le plus élevé paraîtrait plus équitable.

3.3. Impact de la distorsion de l'information échangée entre clients

Rappel de l'hypothèse de simulation : les entreprises dites voisines s'échangent des informations dans le cadre d'une alliance (cf. Huang *et al.*, 2003). Conformément à Yan et Wang (2012) et De Croix et Mookerjee (1997), nous introduisons une distorsion de l'information échangée entre les agents clients voisins d'où les hypothèses suivantes :

(i) les valeurs des r_i initiaux sont générées selon une loi normale $N[0.5, 0.1]$,

(ii) les clients voisins s'échangent l'information sur leur niveau de coopération,

(iii) un client perçoit le r_i de ses voisins avec une distorsion aléatoire de $\pm err_{r_i} = \pm 0.15, 0.20$ et 0.25 par rapport à la valeur réelle de r_i ²⁷. Chaque agent client décide ensuite de s'aligner en choisissant une valeur de r_i perçu d'un de ses huit voisins selon son comportement face au risque (riskophobe, riskophile ou modéré).

D'après la figure 11, nous relevons que plus la distorsion de l'information échangée entre clients voisins concernant leur niveau individuel de coopération r_i est élevée, plus est bas le coût global de la chaîne logistique f_{sc} .

²⁷ Si r_i perçu est supérieur à 0.99 alors r_i perçu = 0.99 et si r_i perçu est négatif alors r_i perçu = 0.

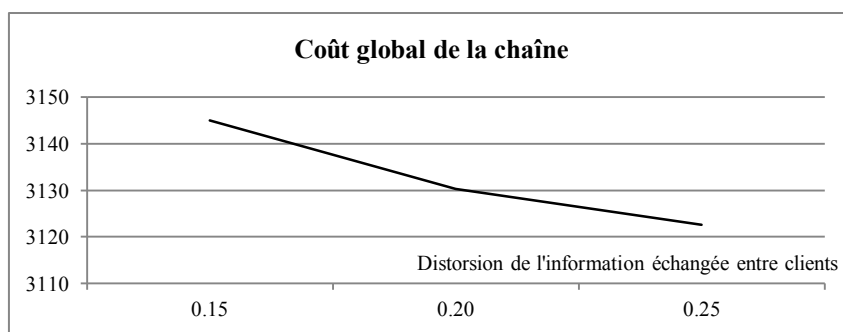


Figure 11. Evolution du coût global f_{sc} de la chaîne logistique en fonction de la distorsion dans la perception des r_i ($\rho=0.3$)

Ce résultat peut s'expliquer par la logique décrite dans la figure 12.

Quand les clients surestiment le r_i de leurs voisins à cause d'une distorsion d'information positive, ceci implique un niveau de coopération moyen r_{moyen} surestimé. D'après les fonctions coût du fournisseur f_s et des clients f_c et les valeurs choisies pour leurs différentes variables ($p_1, h_1, c_1, k_1, p_2, h_2, c_2, k_2, \dots$), plus est élevée la valeur de r , plus faible est la valeur de stock y^* , calculée par le fournisseur. Ceci implique des fonctions coût du fournisseur f_s et des clients f_c minimales et une baisse du coût global de la chaîne logistique f_{sc} .

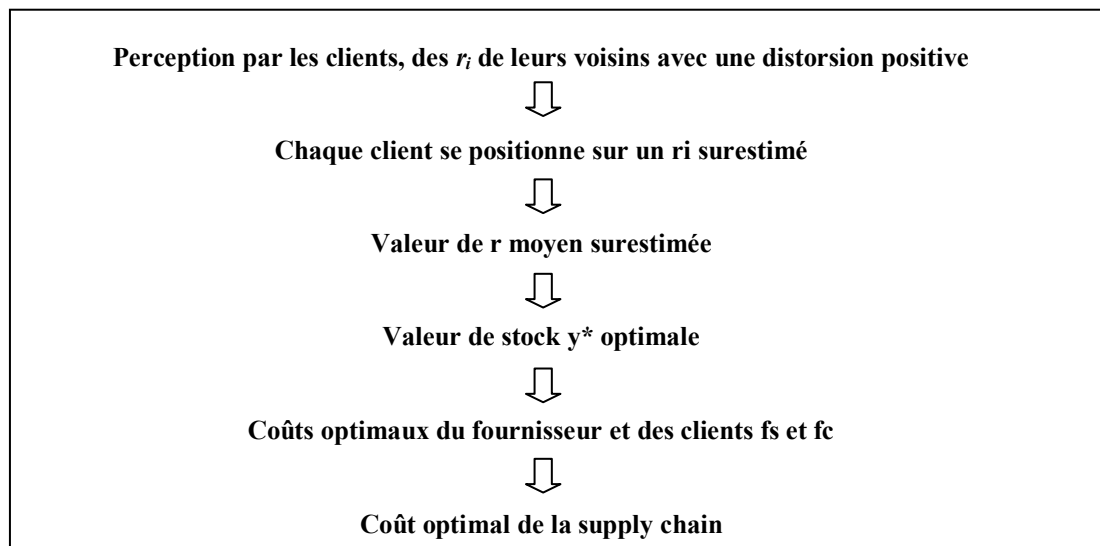


Figure 12. Impact de la distorsion de l'information échangée entre clients sur le coût global de la chaîne logistique

Remarque : Quand les clients sous-estiment le r_i de leurs voisins à cause d'une distorsion d'information négative, ceci implique un niveau de coopération moyen r_{moyen} sous-estimé. Ceci implique des fonctions coût du fournisseur f_s et des clients f_c maximales et une hausse du coût global de la chaîne logistique f_{sc} .

Nous proposons l'hypothèse suivante : «*La distorsion de l'information échangée entre les clients dans le cadre d'une relation d'alliance, peut induire une meilleure performance pour la chaîne logistique et pour ses acteurs. Elle n'a pas le même effet qu'une distorsion de l'information échangée entre les clients et le fournisseur, qui induit toujours une diminution de la performance*».

3.3. Impact du mixage des trois comportements des clients face au risque

Hypothèse de simulation : La chaîne logistique est constituée majoritairement de clients riskophiles (de 75 à 95% du total). Chaque client a un potentiel de coopération initial r_i qui suit une loi normale de moyenne 0.5 et d'écart-type 0.15.

La figure 13 permet de constater que lorsque la population des clients est majoritairement riskophiles, la relation de coopération entre le fournisseur et ses clients devient instable, instabilité exprimée à travers la variation du nombre de clients coopérants n^* évoluant dans le temps. Ceci a été observé pour différentes valeurs du coefficient de corrélation entre les demandes des clients.

Ce résultat s'explique comme suit: quand la population des clients est en majorité riskophile, elle a tendance à réduire ses coûts en baissant son niveau de coopération. Le fournisseur riposte en imposant aux clients de coopérer ce qui a pour effet d'augmenter la valeur de n . Ceci conduit à une relation de coopération moins stable.

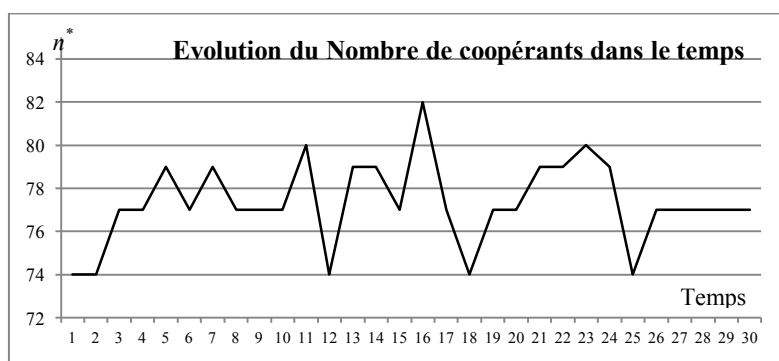


Figure 13. Evolution de n^* avec une population de clients composée de 10% de riskophobes et de 90% de riskophiles

Ce résultat complète les recherches de Li *et al.* (2010) et de Shih *et al.* (2012) qui relèvent que les interactions non-linéaires entre agents autonomes d'une *supply chain* pouvaient conduire à des situations chaotiques.

3.4. Impact du facteur de corrélation des demandes sur la performance de la chaîne logistique

Rappel de l'hypothèse de simulation : Le facteur de corrélation des demandes des clients a été choisi égal à: $\rho = 0.05, 0.3, 0.5$ et 0.9 .

D'après la figure 14 et le tableau 11, plus la valeur de ρ est grande, plus le coût fsc est important ceci quelles que soient la nature des clients constituant la chaîne, la nature du mixage des trois catégories de clients et les r_i initiaux des clients.

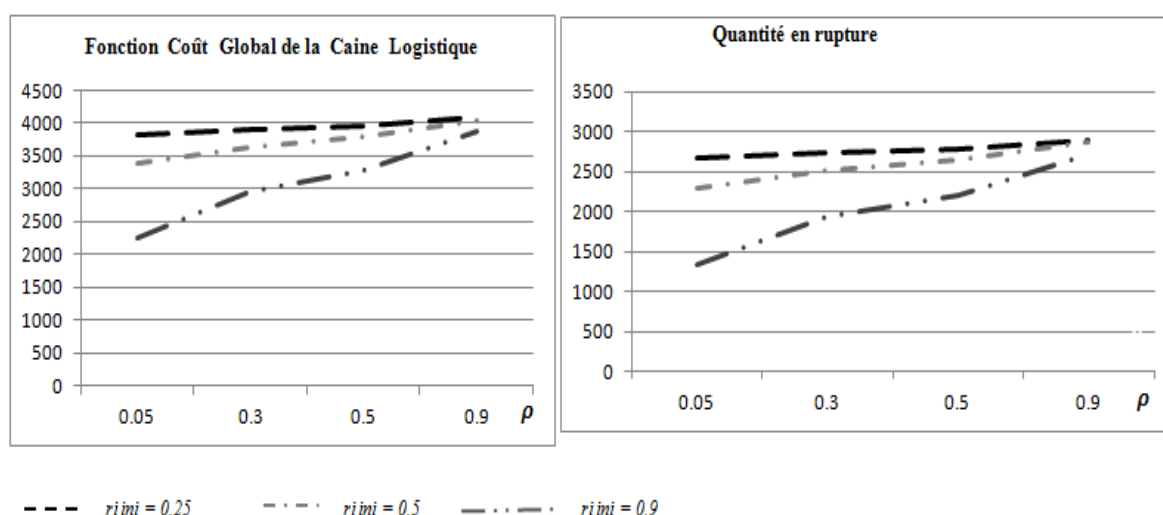


Figure 14 . Evolution du coût f_{sc} et Q_{rup} en fonction de ρ pour différentes valeurs de r_i

Ceci s'explique par le fait que plus ρ est grand, moins élevée est la quantité de stock y^* acquise par le fournisseur, et plus le volume des ruptures est grand provoquant ainsi la dégradation du taux de service.

Tableau 11. Evolution des coûts f_c , f_s , f_{sc} et Q_{rup} en fonction de ρ pour différentes valeurs de r_i

r_i initial	ρ	n^*	f_c	f_s	f_{sc}	Q_{rup} quantité en rupture
0.25	0.05	36	1905	1906	3812	2665
	0.3	27	1945	1946	3891	2736
	0.5	21	1975	1975	3950	2787
	0.9	8	2041	2042	4084	2903
0.55	0.05	72	1686	1688	3374	2293
	0.3	47	1809	1810	3620	2509
	0.5	36	1902	1903	3805	2659
	0.9	14	2022	2023	4045	2865
0.95	0.05	166	1126	1127	2253	1342
	0.3	105	1480	1480	2960	1945
	0.5	80	1635	1635	3270	2206
	0.9	32	1930	1930	3861	2706

Ce résultat permet deux constats majeurs:

Constat d'ordre théorique : notre travail contredit le résultat de Lee *et al.* (2000) et Helper *et al.* (2010) qui ont constaté que plus était élevé le facteur de corrélation, plus était performante la chaîne logistique. Cette différence de résultats s'explique comme suit :

- (i) ces auteurs considèrent que la chaîne est performante quand le stock est faible négligeant ainsi les coûts de pénurie et la dégradation du taux de service qu'engendrent les ruptures chez le fournisseur,
- (ii) leur approche méthodologique adoptée fait appel à des modèles analytiques sans analyse dynamique.

Constat d'ordre pratique: En suivant les règles de décision et de comportement que nous avons choisies, le coût de stockage (hors coût de transport) d'une chaîne logistique de distribution de boissons gazeuses (dont les demandes sont généralement fortement corrélées) serait plus élevé que celui de la distribution de produits de type "aliments pour animaux" dont les demandes sont faiblement corrélées. Ceci peut expliquer la différence de marges, plus

confortables dans les chaînes de distribution de produits dont les demandes sont faiblement corrélées.

3.5. Effet de la dispersion de la demande sur la performance de la chaîne logistique

Rappel de l'hypothèse de simulation : Les demandes individuelles de chaque client i sont générées à partir d'une loi normale de moyenne $\mu = 10$. Nous proposons de faire varier la dispersion de chaque demande en modifiant le rapport entre l'écart-type et la moyenne de la demande σ/μ selon les ratios suivants : 20%, 40% et 60%.

D'après la figure 15 et le tableau 12, nous relevons les deux constats majeurs suivants :

(i) Plus important est le rapport σ/μ , plus faible est le coût total de la chaîne f_{sc} . Ce constat se confirme quelle que soit la nature des clients constituant la chaîne et quelque soit le mixage de comportements individuels des clients. Il s'explique par le fait que plus σ/μ est grand, plus la chaîne produit des stocks importants et plus faible est le volume des ruptures. Ce résultat présente l'intérêt de contredire les observations habituelles sur le terrain. Par exemple, les entreprises de distribution de produits comme des glaces ou des boissons durant une période de météo capricieuse, observent des coûts de stocks élevés car elles ont toujours tendance à constituer des stocks importants pour couvrir la forte fluctuation de la demande. Mais, ceci n'est vrai que lorsqu'il y a partage d'information sur la demande entre les entreprises de la chaîne logistique.

(ii) Plus la demande est fluctuante, plus les entreprises constituant une chaîne logistique ont intérêt à partager l'information sur la demande ce qui aura pour effet d'augmenter la performance globale. Ce résultat est intéressant à deux égards. Il confirme les recherches de Nyaga *et al.* (2010), Wadhwa *et al.* (2010) et Chiang et Feng (2007) et préconise aux décideurs d'amplifier leur coopération en priorité pour les produits ayant des profils de demandes très dispersées autour de leur moyenne.

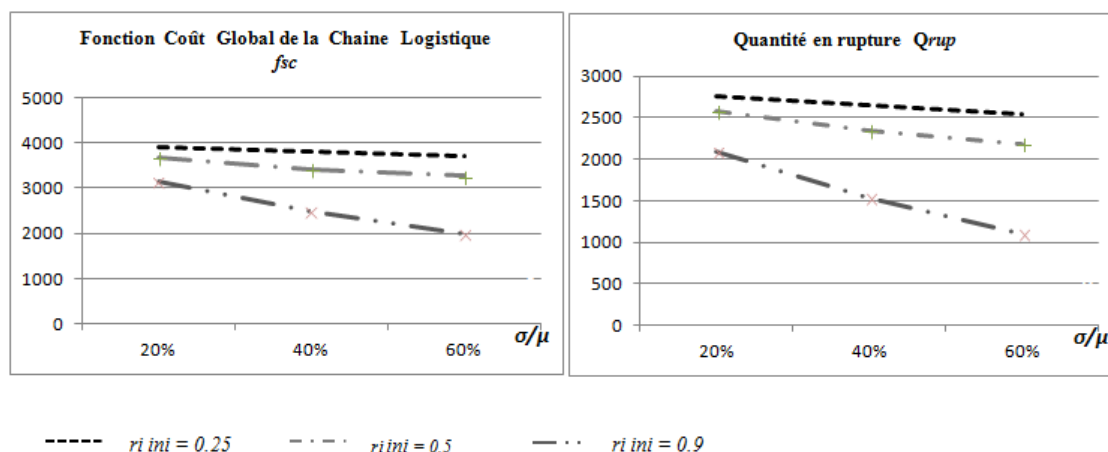


Figure 15. Evolution de la fonction coût f_{sc} et Q_{rup} en fonction de (σ/μ) pour différentes valeurs de r_i

Tableau 12. Evolution des coûts f_c , f_s , f_{sc} et Q_{rup} en fonction de (σ/μ) pour différentes valeurs de r_i

r_i initial	σ/μ	n^*	f_c	f_s	f_{sc}	Q_{rup} quantité en rupture
0.25	20%	22	1960	1961	3922	2768
	40%	35	1901	1902	3804	2659
	60%	46	1851	1853	3704	2548
0.55	20%	43	1845	1847	3692	2570
	40%	65	1712	1714	3427	2342
	60%	82	1630	1632	3263	2176
0.95	20%	92	1569	1570	3139	2095
	40%	146	1242	1243	2486	1540
	60%	189	992	993	1985	1104

Remarque: Il est utile de rappeler que ces résultats de simulation obtenus, ne se confirment que dans le cas où le coût de rupture est plus élevé que le coût de possession et le coût de coopération.

4. Discussions des résultats, conclusion

Le modèle que nous avons développé s'est intéressé au partage d'informations entre un fournisseur unique et de nombreux clients ainsi qu'aux échanges d'information entre clients. Il s'agissait d'étudier la dynamique des interactions entre les acteurs de cette chaîne à deux échelons en vue d'étudier leur performance individuelle et la performance globale de la chaîne logistique. Nous avons simulé différents scénarios de corrélation entre les demandes des clients, différentes dispersions des demandes ainsi que plusieurs comportements des clients face au risque de rupture de stock.

Tous ces travaux ont été testés sur un jeu de données dont les résultats obtenus nous permettent de poser les hypothèses suivantes :

- Une distorsion de l'information échangée horizontalement entre clients peut avoir dans certains cas, un effet favorable sur la performance de la chaîne logistique et de ses acteurs. Ce résultat contredit certaines publications postulant que plus l'information subit de distorsion, moins est performante la chaîne logistique. Ce qui est intéressant et curieux à noter, c'est que ce « désordre » créé par un comportement individuel stratégique²⁸ de chaque acteur peut être bénéfique à l'ensemble de la chaîne.
- La coopération horizontale entre les clients a une influence directe sur le choix optimal du fournisseur imposant à n^* clients à coopérer verticalement. En termes concrets, cela ne remet pas en cause la position dominante du fournisseur mais l'oblige à s'adapter aux comportements optimisateurs des clients conduisant à augmenter n^* donc à financer plus de coopération.

Par ailleurs, l'introduction du concept de comportement des clients face au risque nous a également permis d'enrichir les recherches portant sur le thème du partage d'information en montrant que dans une chaîne logistique constituée de clients hétérogènes, la coopération entre le fournisseur et les clients pouvant devenir instable.

Enfin, l'étude de l'impact du facteur de corrélation entre les demandes des clients et de la dispersion de ces demandes sur la performance de la chaîne logistique, nous ont permis d'observer que:

²⁸ Il peut s'agir d'une dissimulation ou d'une exagération dans les deux sens de l'information concernant son cout de coopération avec le fournisseur pour des raisons opportunistes par exemple.

- Plus faible est ce facteur de corrélation, meilleure est la performance globale de la chaîne. Ce constat pourrait permettre à un fournisseur en situation de monopole de modifier sa stratégie commerciale en influençant les comportements de vente des clients pour un même produit de manière à tenter de réduire la corrélation entre leurs demandes individuelles.

- Plus est large la dispersion des demandes, meilleure est la performance de la chaîne et plus le partage d'informations entre acteurs de la chaîne présente une utilité prouvée. Cette différence est d'autant plus importante quand le coût de rupture est choisi élevé par rapport au coût de possession. Cette observation permet d'améliorer la compréhension des comportements d'une chaîne de ce type. Elle ne présente cependant pas de portée managériale dans la mesure où ces dispersions ont souvent une cause exogène et ne sont donc ni provoquées ni souhaitées par les décideurs.

Ces expérimentations nous amènent à proposer de nouvelles hypothèses de recherches:

- Le fournisseur peut être amené à augmenter ou à réduire le nombre de clients coopérants, les clients pouvant quant à eux réduire ou augmenter leurs potentiels de coopérations à chaque période de simulation en tenant compte: (i) des coûts induits par l'instabilité de la relation de coopération et (ii) du montant des investissements réalisés au fil du temps qui limitent la capacité du fournisseur à changer indéfiniment son nombre de coopérants.
- Notre modèle repose sur une gestion centralisée des stocks chez le fournisseur ce qui présente un risque important pour lui comme le soulignent Schmitt *et al.* (2010). D'autres alternatives de coopération pourraient être envisagées comme par exemple le VMI *Vendor-Managed Inventory*.
- Les modèles de gestion des stocks tiennent compte de plus en plus des contraintes de développement durable. Nous proposons d'intégrer dans le modèle de coopération, de nouvelles variables comme le coût social de surstock et d'étudier leur impact sur la relation de coopération et sa stabilité, et sur la performance globale de la chaîne.
- Nous proposons également de tenir compte d'un processus de négociation préalable au partage d'information entre les acteurs d'une chaîne logistique en vue de répartir équitablement les profits engendrés par ce partage et de prendre en considération le refus d'un acteur de partager ses informations logistiques considérées stratégiques.
- L'échange d'informations horizontal entre clients pourrait selon les secteurs représenter un coût d'échange qui n'a pas été pris en compte dans nos simulations. Par exemple, une enquête

menée au sein de la filière parapharmacie nous a permis de confirmer que c'est la forme d'alliance la plus développée par ce secteur qui n'engage aucun coût de coopération.

- Enfin, le paramétrage des données de simulation accorde plus de poids au coût de pénalité et marginalise les coûts de coopération et de possession. Ceci influence la notion de performance de la chaîne logistique qui est meilleure quand le stock est important. Nous proposons un contexte de simulation où le coût de pénalité devient plus faible par rapport au coût de possession ce qui devrait conduire à des résultats différents cohérents par rapport aux approches du *Juste à Temps* où les entreprises sont performantes quand les stocks sont bas. Il sera également intéressant d'analyser l'impact des paramètres de simulation k_1 , k_2 , c_1 , c_2 , p_1 , p_2 , et h sur les résultats de la simulation.

Annexe

Diagramme des classes UML

Le diagramme des classes UML (Roques, 2006) nous permet de présenter les différents agents du modèle ainsi que les relations qui relient les différentes classes (*cf.* Figure 8).

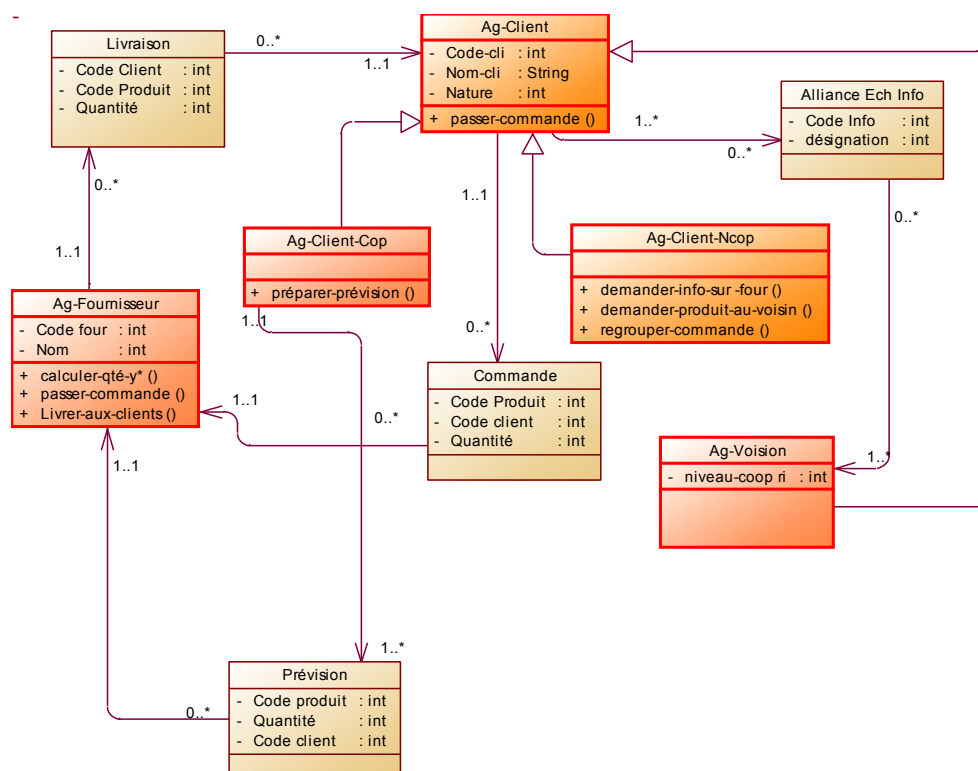


Figure 16. Diagramme des classes correspondant au modèle multi-agents

Notre modèle est constitué des classes suivantes :

(i) *Ag-Client-Cop* et *Ag-Client-NC* : ces deux classes représentent les deux sous-classes de clients *Ag-Client*: ceux qui coopèrent avec le fournisseur et ceux qui ne coopèrent pas.

(ii) *Prévision* : cette classe représente les prévisions de vente, adressées par les *AgClient-Cop* à l'agent de type *Ag-Fournisseur*. Seule la sous-classe *Ag-Client-Cop* est reliée à la classe *Prévision*.

(iii) *Ag-Fournisseur* : cette classe représente le fournisseur du modèle, chargé de livrer les produits à la classe *Ag-Client*.

(iv) *Ag-Voisin* : cette classe représente les voisins d'un client donné du modèle. Les classes *Ag-Voisin* et *Ag-Client* sont en relation grâce à la classe *Alliance*.

(v) *Commande* : cette classe correspond aux demandes réelles des clients,

(vi) *Livraison* : cette classe contient les informations liées aux livraisons qu'effectue le fournisseur à chaque client.

Les classes qui correspondent aux types d'agents contiennent les méthodes qui décrivent le comportement spécifique de chaque agent.

Méthodes de comportement des agents

Les pseudo-codes du modèle multi-agents sont les suivants :

Procédure Simuler

Début

Créer-Agents

//crée et positionne les différents agents à l'écran

Initialiser-variables de simulation

Initialiser-Attributs-Agents

//fixer les Catégories des clients Agents (% Riskophobes", %Riskophiles, %Modérés) et générer les niveaux de coopération r_i pour les clients selon une loi normale

Calculer-r-moyen-pondéré

//calculer le niveau de coopération r moyen en fonction des r_i des agents clients

Calculer- n^*

*//calculer le nombre de clients coopérants optimal n^**

Décider-Fournisseur

//choisir n^ parmi N clients pour la coopération en sélectionnant les clients ayant ri le plus élevé*

Tant que instant < nb-simulation Faire

Distribuer-par-Fournisseur

//

Calculer-fonctions coûts

//calculer les fonctions coûts du fournisseur, des clients et de la chaîne logistique et enregistrer les résultats dans un fichier Res-Simul.csv

Afficher-graphe

//afficher les graphes des courbes des fonctions coûts

Ecrire dans fichier (Rés-Simul.csv)

//enregistrer résultats de simulation dans un fichier pour traitement sous Excel

Demander-agents-clients [Décider-client]

//les clients revoient leur niveau de coopération en concertation avec leurs voisins

Calculer-r-moyen-pondéré

Calculer- n^*

Décider-fournisseur

//re-choisir n^ parmi N clients pour la coopération en sélectionnant les clients ayant ri le plus élevé*

Incrémenter instant

Fin tant que

Fin

L'agent fournisseur suit la procédure suivante :

Procédure Distribuer-par-Fournisseur

Calculer- y^*

Affecter-quantités-aux-clients

//calculer la quantité y^ à approvisionner et distribuer la quantité à chaque client selon la priorité du client le plus coopérant vers le client le moins coopérant*

Fin

Procédure Décider-Fournisseur

Début

Si ($n > n^*$) alors

Diminuer-nb-coopérant ($n - n^*$)

//changer le statut coopérant à non-coopérant des ($n - n^$) les moins coopérants*

Sinon Si ($n < n^*$)

Augmenter-nb-coopérant ($n^* - n$)

//changer le statut non-coopérant à coopérant des ($n^ - n$) les plus coopérants*

Fin si

Fin

Les agents clients suivent la procédure suivante :

Procédure générer-prévision-client

Prévision:= fonction-normale-aléatoire (μ, σ) + fonction-normale-aléatoire ($0, \sqrt{(1 - \rho^2)}$)

//fonction-normale-aléatoire : fonction qui crée un nombre qui suit une loi normale aléatoire ayant en paramètres la moyenne et l'écart-type

Fin

Procédure générer-demande-client

Si Ag-client [statut = "Coopérant"] Alors

Demande:= prévision + fonction-normale-aléatoire $(0, \sqrt{(1 - r_i^2)} \sigma)$

Sinon

Demande:= fonction-normale-aléatoire $\mathcal{N}[\frac{(1-\rho)}{1+(n-1)\rho}\mu, I - \frac{(n-\rho r)}{1+(n-1)\rho}\sigma^2]$

// équation fournie par Zhu et Thonemann (2004)

Fin Si

Fin

Procédure décider-client

Pour chaque agent

Identifier-voisins

Identifier-r-max-voisins

Identifier-r-min-voisins

Calculer-r-moyen-voisins

Si agent-actuel [catégorie = "riskophobe" et $r_i < r-max$] Alors

agent-actuel [$r_i = r-max$]

Fin Si

Si agent-actuel [catégorie = "riskophile" et $r_i > r-min$] Alors

agent-actuel [$r_i = r-min$]

Fin Si

Si agent-actuel [catégorie = "modéré"] Alors

agent-actuel [$r_i = r_{moyen}$]

Fin Si

Fin

ARTICLE 2. PARTAGE D'INFORMATION SUR LA DEMANDE ET REDUCTION DU GASPILLAGE AU SEIN DES CHAINES LOGISTIQUES : CAS DES ENTREPRISES DE DISTRIBUTION DE PRODUITS PHARMACEUTIQUES AU MAROC

INTRODUCTION

Nous nous sommes intéressés à la gestion des stocks au sein de chaînes logistiques à deux échelons constituées d'un laboratoire pharmaceutique en situation de monopole qui fournit ses produits à des clients essentiellement constitués de grossistes-répartiteurs représentant à eux-seuls 80% des volumes distribués. L'étude s'est effectuée au Maroc dans le secteur de la pharmacie et de la parapharmacie.

Du fait de la périssabilité de ces produits, ces chaînes perdent chaque année d'importantes quantités de produits qu'elles n'arrivent pas à écouler et qu'elles doivent détruire après leur date de péremption. Dans ce contexte, l'enjeu de la gestion des stocks est de taille et a pour principal objectif la diminution du gaspillage. Karaesmen *et al.* (2011) ont évalué le coût global des invendus dans la grande distribution aux Etats-Unis pour les seuls biens de consommation et les pharmacies, à 2.57 milliards de dollars dont 22% (plus de 500 millions de dollars) sont dus à la périssabilité des produits. Le responsable logistique d'un important laboratoire marocain a estimé ce gaspillage à environ 20% du volume de leur production. Ceci explique la volonté actuelle des laboratoires à réduire ces gaspillages en engageant une responsabilité sociale et environnementale (Amara et Bensebaa, 2009; Lehtonen *et al.* , 2005), visant à une logistique durable ou *Sustainable Supply Chain Management* (SSCM). Nous avons mené une enquête exploratoire selon une logique abductive sur la coopération et l'optimisation des stocks auprès des laboratoires et des grossistes-répartiteurs. Les principales observations ont été les suivantes :

(i) Les grossistes-répartiteurs consultés utilisent tous des outils informatiques pour la gestion et l'optimisation de leurs stocks mais aucun des grossistes-répartiteurs ne nous a indiqué qu'il partageait les prévisions de sa demande avec le laboratoire. Ce constat a été confirmé par le laboratoire que nous avons consulté.

(ii) Au niveau des alliances entre grossistes, 70% d'entre eux déclarent développer cette pratique en partageant leurs informations sur leurs pratiques commerciales avec les laboratoires (prix, mode de paiement, facilités de paiement, degré de disponibilité des stocks et délais). Parmi eux, 30% déclarent regrouper leurs commandes d'achat pour réduire leur coût d'acquisition et 80% échangent de façon fréquente et réciproque des produits avec leurs « voisins » leur permettant ainsi d'améliorer leur service client sans pour autant réduire ou augmenter leur coût par cette pratique (des accords tacites régissent ces transactions).

L'enquête a également permis de noter que les grossistes ne développaient pas une réelle stratégie orientée vers la responsabilité sociale et environnementale. Seuls les laboratoires s'y intéressent ce que confirme d'ailleurs un rapport sur le développement de la RSE au Maroc (Laraki, 2004).

Ceci nous amène au constat que les laboratoires et leurs clients grossistes pratiquent peu la coopération et le partage d'information. Cette situation risque cependant de changer dans les années à venir étant donné l'engagement actuel des laboratoires à gérer leurs chaînes logistiques de façon durable ou écologique.

Cette introduction nous amène à poser notre problématique de recherche de la manière suivante. Les laboratoires pharmaceutiques, acteurs clés des chaînes logistiques de par leur situation de monopole s'engageront de plus en plus dans un management durable et chercheront à réduire les surplus et gaspillages en imposant aux clients grossistes-répartiteurs à coopérer avec eux. Cette pression amènera également les grossistes-répartiteurs à coopérer entre eux. Les différents acteurs de la chaîne viseront une logistique durable en échangeant des informations comme leurs stocks actuels ainsi que leurs prévisions de ventes (Quairel et Ngha 2010, Seuring et Müller 2008, Cruz et Wakolbinger 2008²⁹).

Nos questions de recherche sont les suivantes :

(i) Quel est l'impact d'un futur partage d'information entre les laboratoires et les grossistes sur la réduction des surplus et du gaspillage ?

²⁹ Ces derniers auteurs postulent que l'adoption de la responsabilité sociale par un acteur clé de la chaîne facilite sa diffusion et son adoption par les autres acteurs de cette chaîne.

(ii) Quelle est l'influence de paramètres tels que la corrélation entre les demandes des grossistes, le coût social de surstock ainsi que la fluctuation des ventes sur la valeur ajoutée de la coopération avec le laboratoire ?

(iii) Cruz et Wakolbinger (2008) relèvent que l'adoption de la responsabilité sociale par un acteur clé de la chaîne logistique facilite sa diffusion et son adoption par les autres acteurs de cette chaîne. Partant de ce constat, nous posons la question suivante : quelle est l'influence du voisinage des grossistes sur leur décision de devenir responsable ou non ? et quel sera l'impact de leur responsabilité sur leur relation de coopération avec le laboratoire?

Cet article vise à répondre à ces questions en proposant un modèle théorique abordant la coopération et l'échange d'information dans le cadre d'une logistique durable.

Nous introduirons tout d'abord dans la section 1 le secteur de la distribution des produits pharmaceutiques au Maroc et ses enjeux sociaux-économiques.

Puis dans la section 2, nous présentons une revue de littérature sur la responsabilité environnementale et sociale ainsi que sur le management durable des chaînes logistiques.

Avant de présenter le modèle que nous avons développé, nous avons fait le choix de montrer l'intérêt de la simulation comme approche méthodologique, les limites de certaines approches et enfin les concepts clés de la simulation multi-agents et son intérêt pour mener ce travail de recherche (section 3).

Dans la section 4, nous présentons le modèle multi-agents, les hypothèses de décision des agents et les différentes fonctions de la chaîne logistique. Les résultats majeurs de simulation sont discutés en section 5 et l'article se conclut par les apports scientifiques et managériaux, les limites et les perspectives de cette recherche.

1. Le secteur de distribution des produits pharmaceutiques au Maroc

Ce secteur constitue depuis plus de cinquante ans l'un des piliers de l'économie marocaine. Il a connu durant ces dernières années un développement soutenu et une performance reconnue par l'Organisation Mondiale de la Santé. Grâce à la conformité de la production aux normes internationales de qualité «BPF *Bonnes Pratiques de Fabrication*», le secteur a exporté entre 8 à 10% de sa production vers des pays européens, arabes et africains.

En termes de Développement Durable, le secteur s'est engagé à faire de l'industrie pharmaceutique une industrie verte et ses entreprises affichent toutes clairement la prise en compte des contraintes de durabilité (préservation des ressources environnementales) dans le cadre de leur Responsabilité Sociale et Citoyenne³⁰. La durabilité y est non seulement une question d'éthique mais une nouvelle opportunité de croissance.

Le poids économique de ce secteur peut être illustré à travers les chiffres suivants³¹ (cf. Tableau 13) :

Tableau 13. Données sur le secteur pharmaceutique au Maroc

Indicateur	Valeur
Nombre de laboratoires du secteur	35 laboratoires pharmaceutiques nationaux et internationaux
Chiffre d'affaires des entreprises internationales	plus de 50% du chiffre d'affaires total
Demande marocaine	70% de la demande totale
Montant des investissements des laboratoires (depuis 1998)	environ 300 millions de DH par an
Exportations du secteur	241 millions de dirhams en 2005 et 426 millions de dirhams en 2009, (la France représente à elle seule 71% des exportations vers l'Europe)
Chiffre d'affaires réalisé en 2010 au	7.9 milliards de dirhams soit +1% en volume et de

³⁰ <http://www.amip.ma>

³¹ <http://www.mcinet.gov.ma/Industrie/Secteurs%20industriels/AutresSecteursIndustriels/Pages/Parachime.aspx>

niveau national	+2% en valeur par rapport à 2009
Importations en produits parapharmaceutiques et pharmaceutiques	4 milliards de dirhams en 2009 soit 1% du total des importations nationales
Nombre d'unités industrielles	40 unités
Nombre de grossistes	50 grossistes répartiteurs pharmaceutiques installés en grande majorité à Casablanca et Rabat.
Nombre d'officines	11 000 qui couvrent l'ensemble du territoire marocain.
Nombre d'emplois	40 000 emplois directs et indirects

La Figure 17 présente les principaux laboratoires pharmaceutiques et la part de marché par laboratoire.

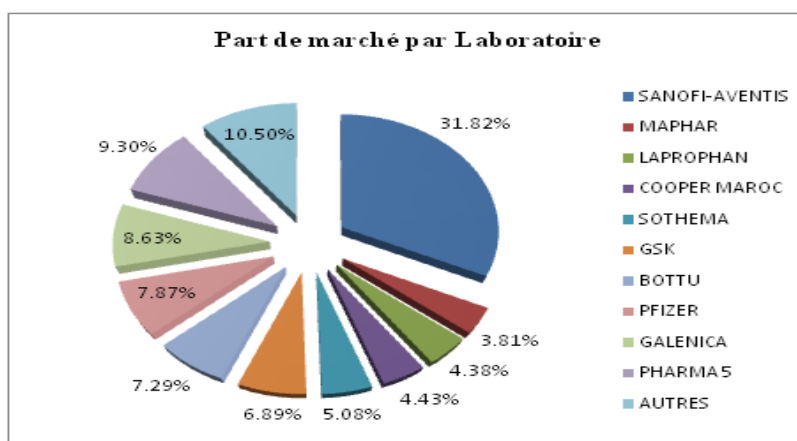


Figure 17 : Parts de marché en valeur (DHS) des industriels du secteur pharmaceutique (Source: AMIP)³²

Durant ces dix dernières années, le secteur de la distribution des produits pharmaceutiques a connu une importante dérégulation à travers l'apparition des parapharmacies. Ces dernières ont pu casser rapidement le monopôle des pharmacies qui étaient les seules à vendre les produits parapharmaceutiques (crèmes, les écrans protecteurs, les compléments alimentaires, les complexes vitaminés,...etc.). Elles ont acquis plus de 50% de part de marché dont la valeur est estimée à plus de 470 MDHS tout en permettant une diminution des prix de vente de plus de 25%³³.

³²AMIP : Association Marocaine de l'Industrie Pharmaceutique.

³³ Une étude menée par le secteur montre qu'un traitement anticellulite est à 418 DH en pharmacie contre 220 DH en parapharmacie. Un traitement antitache coûte 320 DH contre 240 DH en parapharmacie.

Les produits pharmaceutiques et parapharmaceutiques au Maroc sont distribués à travers deux circuits principaux :

Le circuit direct qui consiste en des marchés passés directement entre, d’une part, les laboratoires et d’autres parts, les pharmacies, le ministère de la santé, la santé militaire, les organismes ou les cliniques.

Le circuit indirect qui consiste à passer par des grossistes répartiteurs pour approvisionner les pharmacies et tout autre organisme. Ce dernier circuit domine le marché et représente près de 80% (nous nous sommes intéressés à ce circuit) (cf. Figure 18)

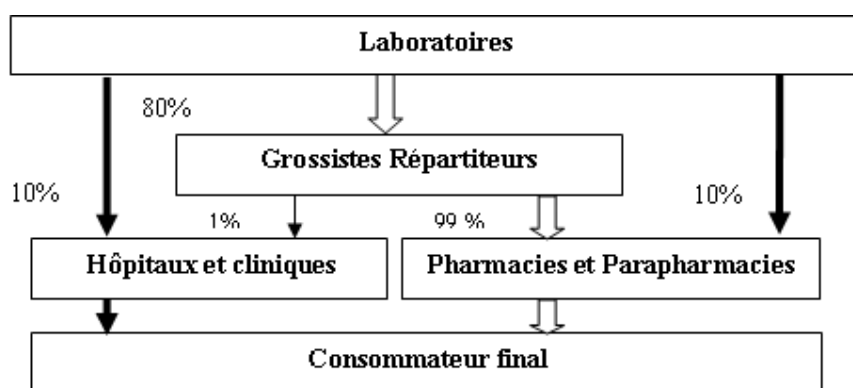


Figure 18. Circuits de distribution des produits pharmaceutiques au Maroc

Cette brève présentation permet de relever que l’industrie pharmaceutique et parapharmaceutique est un secteur socio-économique stratégique pour le Maroc, de par le nombre d’emplois directs et indirects qu’il crée, de l’importance des investissements qu’il engage chaque année et de la valeur de ses exportations. L’avènement de ces parapharmacies a donc engendré une diminution des prix de vente les rendant accessibles au citoyen marocain dont le pouvoir d’achat est relativement faible comparé à celui des pays développés (SMIC au Maroc : 12 DH/Heure en moyenne)³⁴. Les circuits de distribution Laboratoire/Grossiste Répartiteur et Grossiste Répartiteur/Officines-Parapharmacies sont les plus significatifs de par les volumes de produits qui y transitent. De par la nature périssable de leurs produits, les entreprises de ce secteur sont soumises à des règles de gestion des stocks basées d’une part, sur l’élimination du gaspillage de la production et de l’approvisionnement et d’autre part, sur le maintien d’un taux de service à un niveau élevé. Enfin, les laboratoires, acteurs clés de la chaîne logistique pharmaceutique au Maroc, sont aujourd’hui engagés dans une logistique

³⁴ Décret n°2-11-247 Bulletin Officiel n°5959 du 11/07/2011

durable et une responsabilité sociale et citoyenne, politique visant en plus de la réduction de l'impact de leurs activités sur l'environnement, l'élimination du gaspillage. Ce secteur présente un intérêt particulier que nous avons retenu pour développer notre recherche s'intéressant au processus de diffusion de la responsabilité des grossistes et de son impact sur la réduction du gaspillage des produits et sur la performance globale de la chaîne.

2. Etat de l'art sur la logistique durable et la responsabilité sociale

Dans cette section, nous nous focalisons sur les concepts majeurs spécifiques à notre présent article comme indiqué dans le Tableau 2 (cf. chapitre 2).

Dans notre introduction générale, nous avons relevé que l'enjeu *diminution du gaspillage des stocks et développement durable* a été pris en compte selon deux approches majeures : (i) l'approche des chercheurs fondée sur des modèles d'optimisation des stocks qui tiennent compte des variables de développement durable. (ii) l'approche des professionnels de la logistique fondée sur la responsabilité sociale des entreprises. Dans cette section, nous présentons une brève revue de littérature de chacune de ces deux approches.

2.1. Approche des chercheurs : modèles d'optimisation du stock dans un contexte de développement durable

Le développement durable a été officiellement défini dans le rapport Brundtland publié par la WCED (1987)³⁵ comme suit : *"Le développement durable est un mode de développement qui répond aux besoins du présent sans compromettre la capacité des générations futures de répondre aux leurs. Deux concepts sont inhérents à cette notion : (i) le concept de "besoins", et plus particulièrement des besoins essentiels des plus démunis, à qui il convient d'accorder la plus grande priorité, (ii) l'idée des limitations que l'état de nos techniques et de notre organisation sociale impose sur la capacité de l'environnement à répondre aux besoins actuels et à venir"*.

³⁵ WCED : *United Nations World Commission on Environment and Development*.

En gestion des stocks, la prise en compte du développement durable consiste à optimiser les stocks en tenant compte en plus du critère classique économique, des critères d'émission de CO₂ et de réduction de gaspillage.

Pour prendre en compte l'enjeu "réduction de gaspillage et développement durable", un nombre de plus en plus important de scientifiques proposent des modèles de gestion des stocks dits "durables". Ces modèles introduisent de nouvelles variables comme le coût social de surstock, le coût social de pénurie et le coût d'émission de CO₂. Venkat (2007) s'est intéressé à une chaîne à deux échelons et a étudié l'impact de la taille du lot sur l'émission de CO₂. L'auteur relève les deux points suivants : (i) des livraisons fréquentes avec des petites quantités désavantagent la durabilité de la chaîne, (ii) les émissions de CO₂ liées au stockage des produits (qui nécessitent une réfrigération) contrebalancent les avantages d'une livraison avec de grandes quantités. Partant de ces observations, Hua *et al.* (2011) et Bonney et Jaber (2011) ont étudié les conséquences possibles de la gestion des stocks sur l'environnement et ont suggéré différentes variables spécifiques à la durabilité à prendre en compte en gestion des stocks pour une optimisation des objectifs à la fois économique et environnemental. Wahab *et al.* (2011) se sont intéressés à la planification des ordres de production au sein des chaînes logistiques internationales à deux échelons. Ils présentent plusieurs exemples numériques qui montrent l'impact environnemental sur la planification optimale de la production. Bouchery *et al.* (2012) ont étudié l'impact des contraintes environnementales sur les politiques d'optimisation des stocks et ont proposé un modèle dit *Sustainable Order Quantity* (SOQ) en opposition au modèle *Economic Order Quantity* (EOQ). Plambeck (2012) s'est intéressé au cas Walmart qui a lancé une politique durable fondée sur l'utilisation des énergies renouvelables, l'élimination des déchets et la vente de produits qui respectent l'environnement. L'auteur a souligné qu'en plus de son respect de l'environnement, la politique de Walmart a permis la réduction des coûts logistiques. Affisco *et al.* (2013) ont intégré des coûts environnementaux à un modèle d'optimisation des stocks au sein d'une chaîne logistique à deux échelons et ont étudié l'impact de ces coûts sur la quantité économique. Chen *et al.* (2013) ont étudié l'impact de la gestion des stocks sur la durabilité en utilisant deux types de modèles. Le premier modèle est de type EOQ où le coût et les émissions sont entraînés par des facteurs fixes et par la distance.

Le deuxième modèle est de type newsvendor où les coûts et les émissions sont entraînés par les surstocks et les ruptures en stock. Les auteurs ont montré dans quelles conditions, les deux modèles de gestion des stocks permettent une réduction considérable des émissions de CO₂ sans pour autant augmenter le coût. Rosic et Jammerneegg (2013) ont étudié l'impact de la durabilité sur les politiques d'approvisionnement en utilisant un modèle de type newsvendor.

Enfin, Battini *et al.* (2013) ont exploré l'impact de différents facteurs qui influencent l'environnement en les intégrant dans un modèle classique "EOQ" traditionnel, proposant ainsi un modèle qu'ils appellent *Sustainable EOQ* (SEOQ). Les auteurs se sont différenciés des autres recherches en analysant l'impact des facteurs de durabilité sur la taille économique depuis la passation de l'ordre d'achat du produit au fournisseur, jusqu'à la fin de son cycle de vie dans l'usine du client (*cf.* Figure 19).

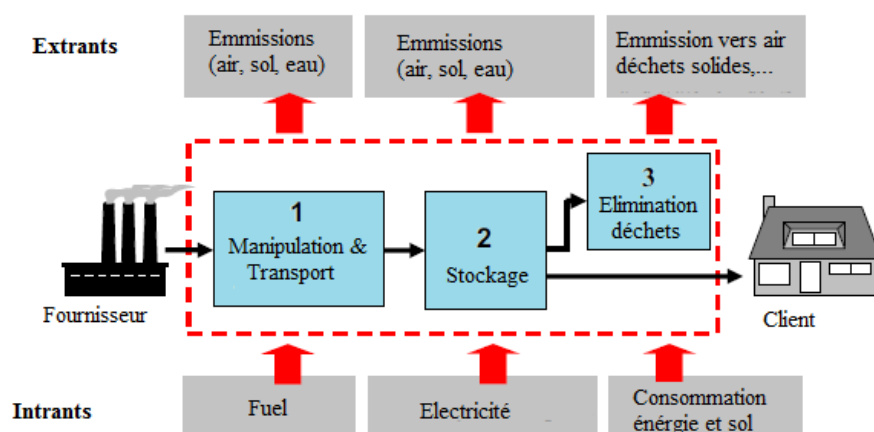


Figure 19. Facteurs logistiques qui influencent l'environnement

2.2. Approche des professionnels de la logistique du concept de Responsabilité Sociale

Boyer et Igalens (2005, page 98) soulignent : "...si l'on veut bien admettre que la responsabilité sociale n'est que l'adaptation à l'entreprise d'une exigence qui a également pour nom le développement durable".

La Commission Européenne (2001b) définit dans son livre vert la responsabilité sociale des entreprises comme "l'intégration volontaire des préoccupations sociales et écologiques des entreprises à leurs activités commerciales et leurs relations avec leurs parties prenantes", ce qui signifie que les entreprises ne doivent pas se focaliser uniquement sur la dimension économique (Aggeri *et al.*, 2005).

La responsabilité sociale (Amara et Bensebaa, 2009) consiste à concilier les volets économique, environnemental et social, en intégrant au niveau du management, des outils d'aide à la décision cohérents avec ces préoccupations, parmi lesquelles des problèmes tels que la surexploitation des ressources naturelles (gaspillage), le réchauffement planétaire ou encore la pollution de l'air.

Dans un premier temps, la responsabilité sociale des entreprises a concerné le management des entreprises (Lash et Wellington, 2007). Puis, dans un deuxième temps elle a influencé le management de toute la chaîne logistique (Ciliberti *et al.* , 2008a; Vachon et Klassen, 2008), du fait que la logistique représente la moitié de la valeur ajoutée industrielle.

Les premières applications de la RSE au champ de la logistique se sont limitées à la seule activité de transport routier des marchandises qui représente plus de 80% des émissions de CO₂ et est à l'origine d'importants coûts économiques et sociaux. Artous et Salini (1997) et Bessay (2001) se sont intéressés à l'analyse du transport routier à travers le prisme des trois facettes du développement durable, économique, sociale et environnementale. Watkiss (2005) introduit la notion de "food miles" ou "kilomètre alimentaire" qui permet de mesurer l'empreinte écologique des produits alimentaires en mesurant la distance qu'ils parcourent entre le lieu de production et le consommateur final. Riz et Keita (2005) s'inscrivant dans une logique plus globale, identifient l'impact environnemental du transport de biens de consommation en évaluant les consommations de carburant et les émissions de CO₂ liées tout au long de la chaîne logistique.

C'est au début des années 2000 que les entreprises ont étendu la problématique de responsabilité sociale à l'ensemble de la chaîne logistique. Ceci a donné naissance à un nouveau mode de management des chaînes logistiques appelé "Management Durable de la Supply Chain" (MDSC) (Srivastava, 2007) ou *Sustainable Supply Chain Management* (SSCM), que Seuring et Müller (2008) définissent comme suit :

"the management of material, information and capital flows as well as cooperation among companies along the supply chain while taking goals from all three dimensions of sustainable development, i.e., economic, environmental and social, into account which are derived from customer and stakeholder requirements. In sustainable supply chains, environmental and social criteria need to be fulfilled by the members to remain within the supply chain, while it

is expected that competitiveness would be maintained through meeting customer needs and related economic criteria".

Quant à Ahi et Searcy (2013), présentent la définition suivante :

"...chaîne logistique coordonnée avec intégration volontaire des considérations économique, environnementale et sociale avec une conception des principaux processus inter-organisationnels orientée gestion efficace des matières, de l'information et des flux de capitaux liés à la passation des commandes, à la production et à la distribution de produits et services qui répondent aux besoins des parties prenantes et qui améliorent la rentabilité, la compétitivité et la robustesse de l'organisation à court et à long termes".

Pour Chardine-Baumann (2011), le management durable de la chaîne logistique vise à réduire l'impact de toutes les activités du cycle de vie d'un produit depuis l'extraction de ses matières premières jusqu'à son traitement en fin de vie (reconditionnement, réutilisation, recyclage).

De cette présentation des concepts de développement durable et de responsabilité sociale des entreprises et de leur prise en compte en management des chaînes logistiques, deux constats majeurs s'imposent :

(i) la RSE et le développement durable favorisent la coopération interentreprises au sein de la chaîne logistique (McWilliams et Siegel, 2001; Akono et Fernandes, 2009; De Brito et al., 2008; Bowen et al., 2006; Preuss, 2001; Blanquart et Carbone, 2010; Sarkis et al. , 2011; Jouenne, 2010³⁶),

(ii) La responsabilité sociale des entreprises a fortement négligé la gestion des stocks et son impact sur la production de gaspillage en termes de stock (Hassini, 2012).

³⁶ L'auteur cite les chiffres suivants : réduction du coût de transport de plus de 30% et du coût de manutention de 20%, par palette, réduction du délai de 40% et les émissions de CO₂ de 25%.

3. Méthodologie de recherche

Se positionnant dans un contexte où le retour d'expérience des professionnels et la production scientifique portant sur la coopération et la responsabilité sociale sont encore insuffisants (M'hamdi, 2009), notre recherche se veut expérimentale. D'où, le besoin de proposer des hypothèses pour mener notre travail de recherche. Ces hypothèses se fondent sur nos observations sur le terrain et sur quelques éléments de la littérature existante :

(i) nous considérons l'hypothèse que le laboratoire pharmaceutique (entité fournisseur) utilise un modèle centralisateur et nous optons pour le modèle proposé par Zhu et Thonemann (2004) qui s'appuie sur le partage d'information sur la demande entre des clients et leur fournisseur unique,

(ii) pour les grossistes-répartiteurs (entités clientes), nous choisissons l'hypothèse qu'un grossiste situé à proximité³⁷ d'autres grossistes plutôt socialement responsables, deviendra à son tour responsable par mimétisme (Belanes et Hachana, 2010). De tels processus sont souvent utilisés pour étudier des phénomènes de diffusion de nouvelles technologies ou des pratiques. Leroux et Pupion (2011) et Pupion et Leroux (2006) ont utilisé les processus de mimétisme pour étudier la diffusion des technologies de type ERP ou de *reporting* de développement durable au sein des entreprises françaises (DiMaggio et Powell, 1983).

Par similitude avec le courant néo-institutionnaliste, nous proposons qu'un grossiste responsable dans un voisinage de grossistes non responsables, devienne non responsable. Par similitude avec le courant évolutionniste, nous proposons l'hypothèse qu'un grossiste responsable situé dans un voisinage où tous les grossistes sont responsables, devient non responsable.

Conformément aux observations de Sarkis *et al.* (2011) et De Brito *et al.* (2008) nous considérons qu'un grossiste responsable visant à réduire les gaspillages dus à un surstock, choisira un potentiel de coopération élevé avec son fournisseur unique, le laboratoire. Par opposition, un grossiste non responsable cherchera à réduire son potentiel de coopération au détriment du gaspillage que peut engendrer cette décision.

³⁷ La distance n'est pas forcément euclidienne, la proximité pouvant correspondre à une appartenance de mêmes clients à une même association professionnelle par exemple.

En nous inspirant entre autres de Dooley (2002) et Thiétart *et al.* (2007), nous avons adopté une démarche de simulation nous semblant plus adaptée pour l'étude de problématiques complexes avec un esprit d'expérimentation, ce que ne peuvent traiter des méthodes de recherches plus « classiques ». (Rodić, 2007). Ferber (1995), Tounsi (2009) et Datta et Christopher (2011) ont également souligné les limites des méthodes analytiques dès qu'il s'agit d'étudier des comportements dynamiques de chaque acteur dans un réseau social.

Comme nous l'avons justifié dans notre troisième chapitre et conformément aux recommandations d'auteurs comme Datta et Christopher (2011), Li *et al.* (2010) et Morvan *et al.* (2009), nous choisissons une approche multi-agents également appelée «modélisation micro-analytique » ou encore «simulation individu-centrée » (Ferber, 1995). Selon Cartier et Forgues (2006) et Kaddoussi (2012), cette approche présente l'avantage de pouvoir modéliser aussi bien des comportements quantitatifs (décisions basées sur l'optimisation d'une variable) que qualitatifs (décisions individuelles basées éventuellement sur des raisonnements stratégiques) d'agents autonomes qui coopèrent entre eux grâce à des processus de communication et qui se comportent parfois de façon irrationnelle ou opportuniste. Il est également possible d'intégrer des comportements individuels d'optimisateurs (Quesnel *et al.*, 2009), ce qui répond à notre souhait de vouloir intégrer un modèle d'optimisation de type newsvendor au niveau de l'agent fournisseur, le laboratoire.

4. Modélisation multi-agents

4.1. Description du modèle

Notre modèle multi-agents représente une chaîne logistique à deux échelons constituée d'un laboratoire pharmaceutique en situation de monopole, qui distribue un produit périssable à N grossistes-répartiteurs dont les demandes sont corrélées positivement avec un facteur ρ et suivent une loi normale ayant une moyenne μ et un écart-type σ pour chaque grossiste i . Les grossistes sont de deux types : (i) socialement responsables : agents qui favorisent le partage d'information sur la demande avec le fournisseur, en optant pour un potentiel de coopération r_i élevé (Zhu et Thonemann, 2004), (ii) socialement non responsables : visent à minimiser leur coût en réduisant leur potentiel de coopération et optent pour un r_i faible. Chaque agent client dispose initialement d'un niveau ou d'un potentiel de coopération r_i qui correspond au coût qu'il souhaite mobiliser en termes de coopération avec le fournisseur, et se situe dans le même

espace que les autres agents clients. Le client est autonome et dispose d'un nombre de voisins Nb_v avec lesquels il s'échange l'information sur leurs niveaux de coopération et leurs statuts en termes de responsabilité sociale. Aucun des agents n'a de vision globale ni de rôle de coordination de l'ensemble de la chaîne et leurs décisions ne dépendent que de leurs objectifs individuels visant à minimiser leurs propres coûts et gaspillage.

Pour implémenter notre modèle multi-agents, nous avons utilisé l'environnement Netlogo (Wilensky, 1999). Pour choisir les conditions initiales, nous avons réalisé différents tests préliminaires pour fixer les valeurs des variables p_1 , c_1 , k_1 , s , p_2 , c_2 et k_2 (cf. Tableau 14) de manière à obtenir un nombre initial de clients coopérants $n^* \neq 0$ et $\neq N$ et un niveau de stock y^* significatif (cf. Tableau 15).

4.2. Décisions des agents

A l'état initial, la chaîne est constituée d'un nombre de clients socialement responsables Nb_{RSE} et d'un nombre de clients coopérants initial n_0^* qui ont des niveaux de coopération initiaux r_i distribués selon une loi normale de moyenne 0.5 et d'écart type 0.15 ($0 \leq r_i \leq 0.99$). Le niveau de coopération moyen initial est r_0 .

Le processus de décision peut se décrire en les quatre étapes suivantes :

Etape 0: Etat initial

Les Conditions Initiales de simulation sont présentées dans le Tableau 14

Tableau 14. Conditions Initiales de simulation

Nombre de clients N : 300 Nombre initial de coopérants n : 114 pour $\rho = 0.9$ Nombre initial d'entreprises «RSE» : 0 à 100% Nombre de voisins par client : 8 (cf. voisinage de <i>Moore</i>) Niveau de coopération initial des clients Potentiel ou niveau de coopération initial r_i : distribué selon la loi

$N(0.99, 0.25)$ avec $0 \leq r_i \leq 0.99$

Paramètres de la demande

moyenne de la demande μ : **10**

Ecart type de la demande σ : **2**

Corrélation de la demande ρ : **0.05, 0.3 et 0.9**

Paramètres de coût du fournisseur

Coût unitaire en cas de rupture pour le fournisseur p_1 : **0.4**

Coût unitaire d'acquisition du fournisseur c_1 : **0.1**

Coût unitaire de gaspillage du fournisseur s : **0.3**

Coût unitaire de coopération du fournisseur k_1 : **0.05**

Paramètres de coût du client

Coût unitaire en cas de rupture pour le client p_2 : **0.4**

Coût unitaire d'acquisition du client c_2 : **0.1**

Coût unitaire de coopération du client k_2 : **0.05**

Paramètres de coût de la chaîne logistique

Coût unitaire de destruction d : **0.1**

- *Etape 1* : Décision de constitution du stock par le fournisseur en début de période

A chaque cycle, le fournisseur calcule la quantité optimale du stock y^* (cf. Tableau 15) à acquérir et à distribuer. Pour cela, il calcule le niveau de coopération moyen r en fonction des r_i des différents clients, puis calcule n^* , nombre optimal d'entreprises avec lesquelles il doit coopérer en vue d'optimiser sa fonction coût $g(n)$ (cf. Tableau 15). Le stock y^* est calculé dans le seul objectif de réduire le gaspillage du fournisseur et sans considérer l'ensemble de la chaîne logistique (Voir Zhu et Thonemann (2004) pour plus de détail sur ces fonctions). Le fournisseur choisit en priorité, ses coopérants parmi les entreprises socialement responsables. Si leur nombre est inférieur à n^* , le fournisseur fait appel aux entreprises socialement non responsables.

• *Etape 2* : Règle de distribution des produits aux grossistes, par le Laboratoire

A la réception des demandes réelles des clients ξ_i , le fournisseur affecte les stocks en priorité aux entreprises de type *rse*, puis aux entreprises *non-rse*. Les entreprises sont servies en fonction de leurs niveaux de coopération (du plus fort au moins fort) (*cf.* Raghunathan (1999)). Le fournisseur détruit les produits non vendus.

Tableau 15. Fonctions Coûts des agents

Fonction	Signification	Formule de Calcul
$y^*(\theta_1, \dots, \theta_n)$	Stock optimal à acquérir par le fournisseur	$N\mu + \frac{1+(N-1)\rho}{1+(n-1)\rho} (\sum_{i=1}^n \theta_i - n\mu) + z \tau \sqrt{\frac{(1-\rho)(N-n)+n[1+(N-1)\rho(1-r)]}{N+N(n-1)\rho}} \quad (8)$
$g(n)$	Fonction coût (permet au fournisseur de calculer le nombre optimal de coopérants.	$k_l n + c_1 N\mu + (p_1 + s) \Phi(z) \tau \sqrt{\frac{(1-\rho)(N-n)+n[1+(N-1)\rho(1-r)]}{N+N(n-1)\rho}} \quad (9)$
f_f	Fonction coût du fournisseur	$f_f = k_l n + c_1 y^* + s (y^* - \sum_{i=1}^N \xi_i)^+ + p_1 (\sum_{i=1}^N \xi_i - y^*)^+ \quad (10)$
f_g	Gaspillage produit par la chaîne	$f_g = (y^* - (\sum \xi_i))^+ \quad (11)$
f_d	Coût de destruction du gaspillage	$f_d = f_g * d \quad (12)$
f_c	Coût des clients	$f_c = k_2 \sum_{i=1}^N r_i + c_2 y^* + p_2 (\sum_{i=1}^N \xi_i - y^*)^+ \quad (13)$
f_{sc}	Coût de la chaîne	$f_{sc} = f_f + f_c + f_d \quad (14)$

• *Etape 3* : Décision de chaque grossiste après réception des produits

A chaque cycle, les clients décident de leur statut *rse/non-rse* et de leurs niveaux de coopération, r_i en consultant leurs voisins, selon les règles suivantes :

(i) un agent client passe d'un état *rse* vers *non-rse* quand son ratio $\%Nb_{RSE}$ ($\%Nb_{RSE}$ est égal au nombre de voisins *rse* / nombre total de voisins) est inférieur à une valeur seuil *Lim1* ou

supérieur à une valeur seuil Lim2. Ces règles découlent du courant néo-institutionnaliste qui considère qu'une entreprise sans voisins peut mourir de solitude et du courant évolutionniste qui considère que les entreprises peuvent disparaître lorsqu'un nombre trop important d'entre elles occupe une même niche (Cartier et Forgues, 2006),

(ii) un agent client passe d'un état *non-rse* vers un état *rse* quand $\%Nb_{RSE}$ est supérieur à la valeur seuil *Lim1*, conformément à Quairel et Ngaha (2010) qui observent que l'adoption de la RSE par un acteur facilite sa diffusion tout le long de la chaîne.

(iii) Les clients de type *non-rse* s'alignent sur leur voisin dont le *ri* est le moins élevé et les autres clients s'alignent sur leur voisin dont le *ri* est le plus élevé.

- *Etape 4* : Calcul par les agents, de leurs fonctions coût

A la fin de chaque cycle, on calcule les fonctions coût du laboratoire f_f , coût du grossiste f_c , coût de la chaîne logistique f_{sc} et le gaspillage produit par la chaîne f_g (cf. Eq.10, 13, 14 et 11 Tableau 15).

Le modèle a été simulé 500 fois et les valeurs des fonctions f_s , f_c et f_{sc} une fois stabilisées ont été estimées selon leur moyenne.

5. Discussion des Résultats

5.1. Diffusion de la responsabilité sociale au sein de la chaîne logistique

Nous fixons le paramètre de diffusion de la RSE Lim_2 à 75% et nous faisons varier Lim_1 en lui donnant les valeurs 10%, 20% et 30%, pour des valeurs du facteur de corrélation : 0.3 et 0.9.

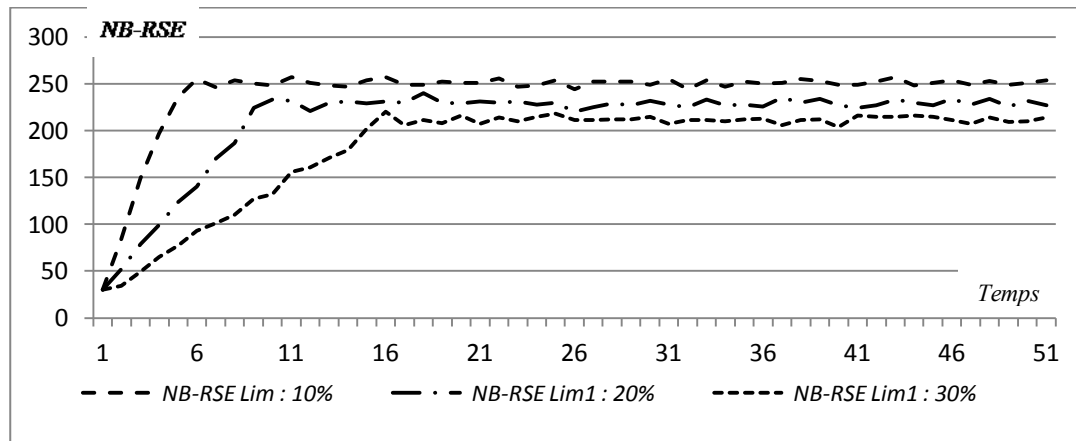


Figure 20. Evolution du nombre de grossistes-répartiteurs de type RSE dans la chaîne logistique en fonction de la valeur de Lim_1

Selon la Figure 20, nous relevons que la diffusion de la RSE dans la chaîne ne touche pas toutes les entreprises clientes. Le nombre d'entreprises de type RSE Nb_{rse} ne dépend que des variables Lim_1 et Lim_2 (pour $Lim_1 = 10\%$, le nombre d'entreprises RSE est de 250 sur 300 entreprises). Notons également que les deux variables Lim_1 et Lim_2 impactent directement la vitesse de diffusion de la RSE, nombre de périodes avant d'atteindre une stabilité de la variable Nb_{rse} . La simulation permet de révéler que le facteur de corrélation entre les demandes ainsi que leur variance n'ont aucun impact sur la diffusion de la RSE.

Discussion : Notre simulation confirme le concept de diffusion de la RSE au sein des chaînes logistiques annoncé par Quairel et Ngaha (2010), Seuring et Müller (2008) et Cruz et Wakolbinger (2008). Mais, elle permet de faire les deux observations suivantes : (i) la diffusion ne se généralise pas à la totalité des entreprises de la chaîne et se stabilise à un nombre Nb_{RSE} donné, (ii) la diffusion de la RSE a lieu avec une vitesse donnée qui dépend des règles de transition d'un agent client d'un état RSE vers un état Non-RSE et inversement.

5.2. Impact de la variable du coût social de surstock sur la diffusion de la responsabilité sociale au sein de la chaîne logistique et sur la relation de coopération

Rappel du scénario de simulation : En nous basant sur les recherches de Bonney et Jaber (2011), de Wahab *et al.* (2011), de Bouchery *et al.* (2012), d’Affisco *et al.* (2013) et de Rosic et Jammerneegg (2013), nous n’avons choisi de retenir uniquement la variable *coût social de surstock ou de gaspillage* dans notre recherche. Pour prendre compte ce coût social de surstock, nous proposons l’hypothèse suivante :

Dans le modèle d’optimisation des stocks utilisé par le laboratoire (modèle de Zhu et Thonemann (2004)), nous définissons la variable *coût de possession durable* h_d qui est définie en fonction du coût de possession et du coût social de surstock conformément à l’équation 15.

$$h_d = h + c_{ss} \quad (15)$$

Nous fixons les paramètres de diffusion de la RSE Lim_1 à 25% et Lim_2 à 75% et nous faisons varier la variable c_{ss} pour différents valeurs du facteur de corrélation ρ (0.01 et 0.9). Puis, nous étudions l’impact d’une augmentation du c_{ss} sur la vitesse de diffusion de la responsabilité sociale parmi les grossistes répartiteurs, sur le nombre de clients coopérants et sur la fonction coût global de la chaîne logistique.

Selon les figures 21 et 22, nous relevons que pour un facteur de corrélation est élevé ($\rho = 0.9$), l’augmentation du coût social du surstock c_{ss} accélère la diffusion de la responsabilité sociale parmi les grossistes-répartiteurs. Par exemple, pour c_{ss} égal à 0.4, le nombre de grossistes-répartiteurs « rse » se stabilise à l’instant 30 alors que pour c_{ss} nul, ce nombre se stabilise à l’instant 80.

Nous relevons également que pour un facteur de corrélation faible ($\rho = 0.01$), l’impact du coût social de surstock sur la vitesse de diffusion de la responsabilité sociale parmi les grossistes-répartiteurs, devient moins significative.

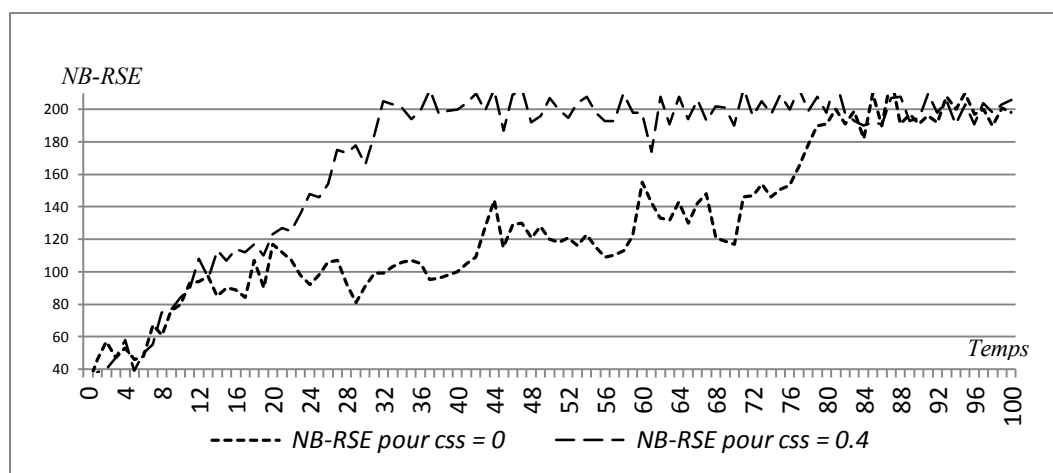


Figure 21. Vitesse de diffusion de la responsabilité sociale parmi les grossistes-répartiteurs en fonction du coût social du surstock c_{ss} pour $\rho = 0.9$

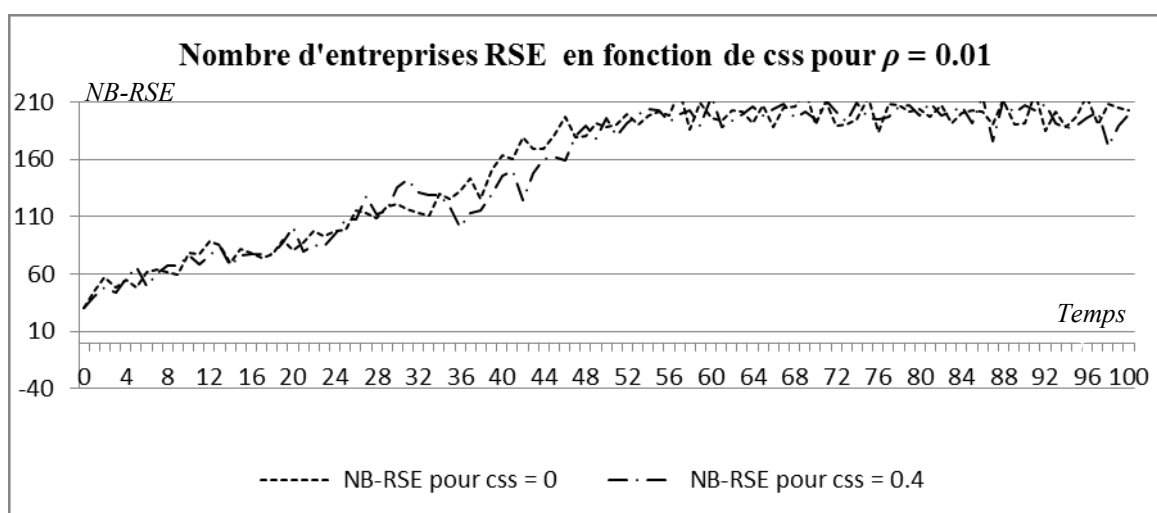


Figure 22. Vitesse de diffusion de la responsabilité sociale parmi les grossistes-répartiteurs en fonction du coût social du surstock c_{ss} pour $\rho = 0.01$

Selon la figure 23, nous observons que l'augmentation du coût social de surstock c_{ss} induit une augmentation du nombre optimal des grossistes-répartiteurs qui coopèrent avec le laboratoire. Ceci s'explique par le fait que le fournisseur utilise le modèle d'optimisation de stock proposé par Zhu et Thonemann (2004). Selon ce modèle, plus le coût de possession du fournisseur augmente (par augmentation du coût social de surstock), plus le fournisseur choisit un nombre optimal de clients coopérants élevé.

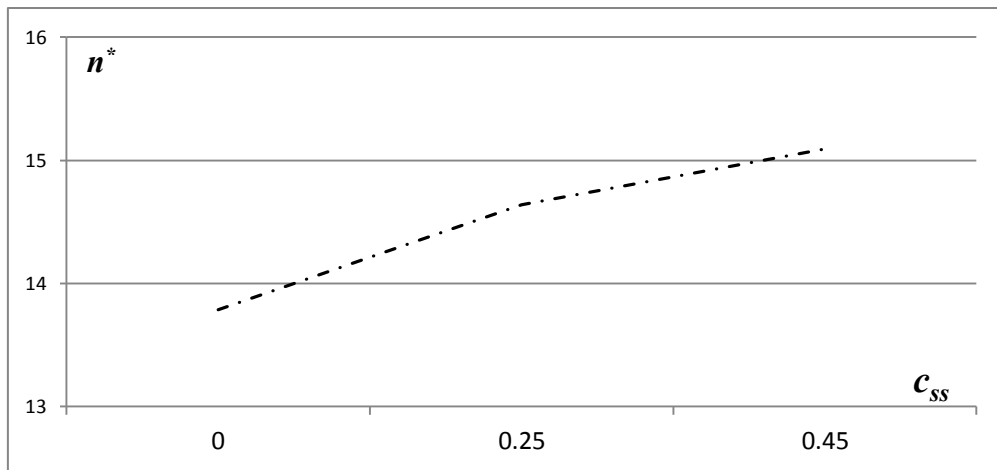


Figure 23. Nombre de grossistes-répartiteurs qui coopèrent en fonction du coût social de surstock c_{ss} pour $\rho = 0.9$

Selon la figure 24, nous observons que l'augmentation du coût social de surstock c_{ss} induit une augmentation de la fonction coût global de la chaîne logistique f_{sc} . Ceci s'explique par le fait que l'augmentation du coût social de surstock c_{ss} induit l'augmentation du coût de possession du fournisseur. Ceci implique l'augmentation de la fonction coût du fournisseur et par conséquent l'augmentation de la fonction coût global de la chaîne logistique. La fonction coût de la chaîne logistique est d'autant plus élevée lorsque le facteur de corrélation de la demande ρ est faible.

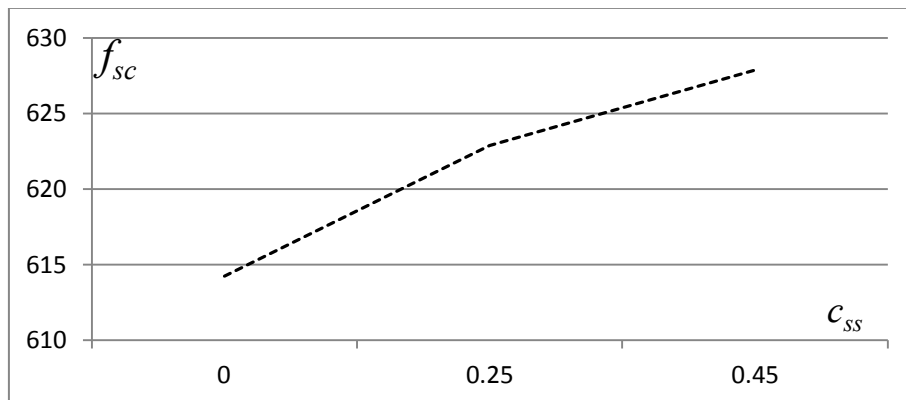


Figure 24. Fonction coût global en fonction du coût social de surstock c_{ss} pour $\rho = 0.01$

Discussion : Notre simulation permet de faire les trois observations suivantes :

(i) L'augmentation du coût social de surstock accélère la diffusion de la responsabilité sociale parmi les entreprises clientes de la chaîne, mais cette diffusion ne se généralise pas à la totalité de ces entreprises et se stabilise à un nombre Nb_{RSE} donné.

(ii) Plus est élevé le coût social de surstock, plus est élevé le nombre de grossistes-répartiteurs coopérants,

(iii) Plus le coût social de surstock est élevé, plus est importante la fonction coût de la chaîne logistique f_{sc} .

De ces observations, nous élaborons la proposition d'ordre managérial suivante : « *Dans un contexte de développement durable qui favorise l'augmentation du coût de possession du stock par la prise en compte du coût social de surstock, les laboratoires pharmaceutiques doivent favoriser la coopération de type partage d'information avec leurs grossistes-répartiteurs pour réduire leur coût logistique et leur gaspillage en stock.* »

5.3 Impact des facteurs de corrélation ρ et de la RSE sur la performance

Rappel du scénario de simulation : On fixe les valeurs des variables seuil Lim_1 à 25% et Lim_2 à 75% et on fait varier le facteur de corrélation qui prend les valeurs : 0.3 (corrélation moyenne) et 0.9 (corrélation forte), puis on mesure les fonctions coût et gaspillage de la chaîne logistique en fonction du nombre d'entreprises de type RSE.

Selon les Figures 25 et 26, nous relevons que plus est élevé le facteur de corrélation, plus la RSE a un impact favorable sur la réduction de la fonction coût de la chaîne logistique f_{sc} , et sur la durabilité de la chaîne par la diminution du gaspillage en stock.

Discussion. Notre simulation permet de relever que la responsabilité sociale a un impact d'autant plus important sur la performance de la chaîne lorsque le facteur de corrélation de la demande est élevé, d'où, notre recommandation à caractère managérial suivante : « *Dans le cadre de leur politique de responsabilité sociale, les laboratoires doivent favoriser le*

développement de la coopération avec leurs grossistes, en priorité pour les produits à forte corrélation de la demande. Ceci permettra à chacun des acteurs, d'éviter des situations de rupture ou de production de gaspillage qui coûte du fait de la nécessité de le détruire. »

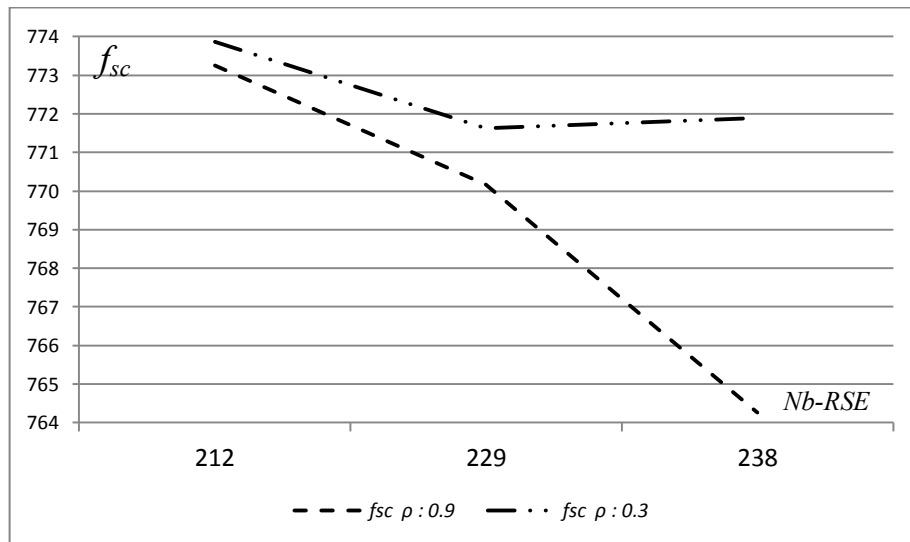


Figure 25. Evolution de la fonction coût de la chaîne logistique f_{sc} en fonction du nombre initial d'entreprises de type RSE pour différentes valeurs de ρ

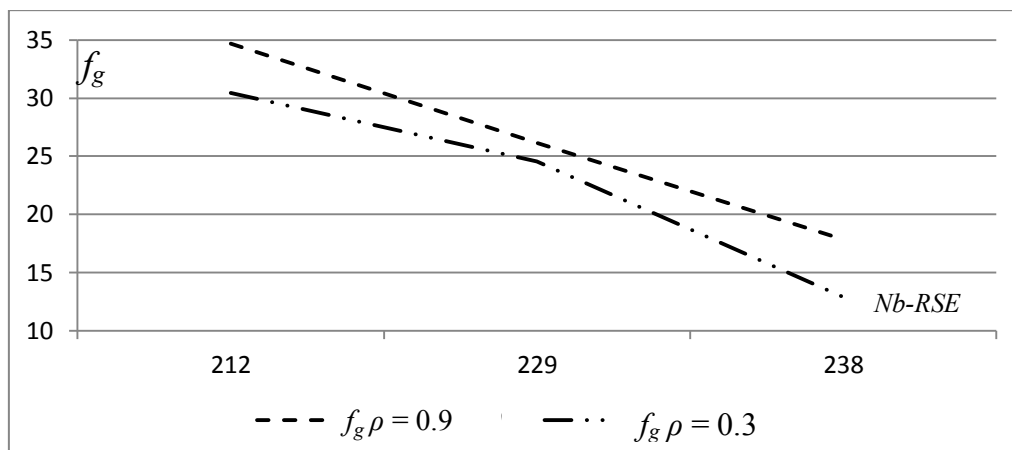


Figure 26 : Evolution de la fonction gaspillage f_g en fonction du nombre initial d'entreprises de type RSE pour différentes valeurs de ρ

5.4. Impacts de la variance de la demande et de la RSE sur la performance et les gaspillages

On fixe les valeurs des variables seuil $Lim1$ à 25% et $Lim2$ à 75% et on fait varier l'écart-type de la demande qui prend les valeurs : 2 et 4, puis on mesure les fonctions f_{sc} et f_g de la chaîne logistique en fonction de la variable Nb_{RSE} nombre d'entreprises de type RSE. D'après les Figure 27 et 28, nous relevons que plus est élevé le coefficient (σ/μ) , plus la responsabilité sociale a un impact favorable sur la réduction du gaspillage f_g et la réduction de la fonction coût de la chaîne logistique f_{sc} , ce qui permet l'amélioration de la performance globale de la chaîne.

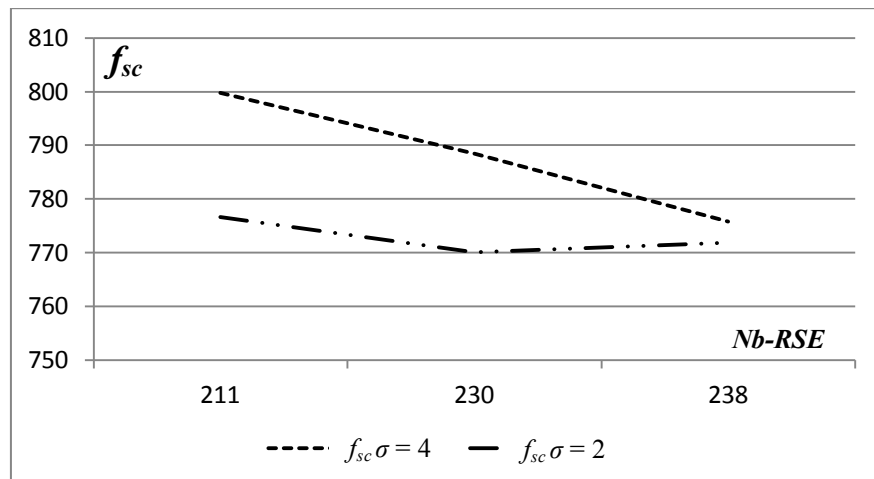


Figure 27. Evolution de la fonction coût de la chaîne logistique f_{sc} en fonction du nombre initial d'entreprises de type "rse" pour différentes valeurs de σ

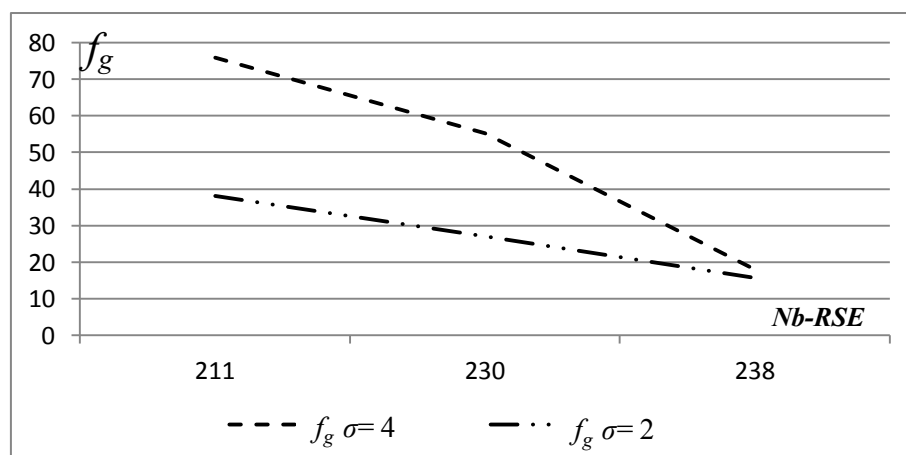


Figure 28. Evolution de la fonction gaspillage f_g en fonction du nombre initial d'entreprises de type rse pour différentes valeurs de σ

Discussion.

Notre simulation permet de relever que la responsabilité sociale a un impact d'autant plus important sur la performance de la chaîne lorsque la variance de la demande est élevée. Une recommandation à caractère managérial peut être proposée aux entreprises du secteur de distribution de produits pharmaceutiques : « *Les laboratoires doivent favoriser le développement de la coopération avec leurs grossistes, en priorité pour les produits dont la demande est la plus fluctuante. Ceci permettra à chaque acteur de la chaîne d'éviter des situations de rupture ou de production de surstock, et donc d'optimiser leurs coûts.* »

CONCLUSION

Notre travail de recherche s'est intéressé à l'analyse de la diffusion de la responsabilité sociale sous l'angle de la coopération entre acteurs de chaînes logistiques pharmaceutiques à deux échelons avec un fournisseur monopolistique et des clients grossistes distributeurs. Nous avons montré dans quelles conditions le partage d'information entre le laboratoire fournisseur et ses clients, permettait la réduction des coûts et des gaspillages. Ce travail s'est appuyé sur une approche comportementale des acteurs qui est à la base de la non performance d'une telle chaîne intégrée (Marques, 2010). Nous nous sommes appuyés sur certaines recherches pour développer un modèle multi-agents qui par induction, nous a permis de proposer des hypothèses innovantes concernant le partage d'information sur la demande et la coopération verticale et une coopération horizontale entre clients dans un même objectif de réduction des pertes en stock et des coûts.

Dans un premier temps, nous avons étudié la diffusion de la responsabilité sociale au sein de cette chaîne logistique et nous avons prouvé qu'elle se faisait à certaine vitesse et touchait ainsi un nombre défini Nb_{rse} d'entreprises selon les paramètres choisis dans notre modèle théorique. Ces observations ne dépendaient que des seules variables seuils Lim_1 et Lim_2 sur la base desquelles, un agent décide de transiter d'un état responsable «RSE» à un état non responsable «Non-RSE» ou inversement. Tout en confirmant les travaux de Quairel et Ngaha (2010), Seuring et Müller (2008) et Cruz et Wakolbinger (2008) sur la diffusion de la

responsabilité sociale dans les chaînes logistiques, ce résultat permet de relever que cette diffusion subit une saturation et toutes les entreprises ne deviennent pas obligatoirement socialement responsables.

Dans un deuxième temps, nous avons étudié l'impact de la responsabilité sociale sur la réduction du gaspillage et la réduction des coûts de la chaîne logistique selon le degré de corrélation entre les demandes des clients pour un même produit. Nous avons montré que si une forte corrélation de la demande favorisait la réduction du coût logistique, elle favorise également la diminution de gaspillage et par conséquent, la durabilité de la chaîne. Ce résultat confirme les observations de différents auteurs qui considèrent que la composante économique et la composante environnementale de la performance globale ne sont pas toujours en contradiction.

Dans un troisième temps, nous avons étudié l'impact de la responsabilité sociale sur la réduction du gaspillage et la réduction des coûts logistiques par rapport au niveau de fluctuation de la demande. Nous avons confirmé que plus la demande était fluctuante (dispersion élevée autour d'une moyenne), plus la responsabilité sociale permettait une réduction significative à la fois des coûts logistiques de l'ensemble de la chaîne et des gaspillages en stock.

Notre recherche présente deux intérêts majeurs :

Intérêts d'ordre managérial : nous avons traité une problématique concrète qui découle d'observations de terrain et qui concerne les entreprises de distribution des produits pharmaceutiques. Grâce à des résultats obtenus par simulation selon une démarche expérimentale qui s'appuie sur des hypothèses empiriques, notre recherche peut aider les laboratoires à mieux saisir l'intérêt de la coopération avec les grossistes et son impact sur la réduction du gaspillage, la performance et la durabilité de la chaîne.

Notre recherche s'intéresse à un thème d'actualité au Maroc, dont le retour d'expérience est encore faible, à savoir le management durable des chaînes logistiques. Grâce à ces résultats,

notre travail constitue une réelle aide pour les décideurs marocains dans leurs réflexions sur l'adoption ou pas de ce mode de management selon l'apport et les gains qu'il peut leur offrir.

Enfin, nous proposons une nouvelle vision de la gestion des stocks durable, souvent négligée par les recherches menées sur le management durable des chaînes logistiques (Hassani *et al.*, 2012) et différente des approches de Bouchery *et al.* (2012) et de Bonney et Jaber (2011). Nous recommandons aux laboratoires pharmaceutiques développant de plus en plus la responsabilité sociale (comme nous l'avons indiqué dans la section 2), à encourager les grossistes répartiteurs à partager leurs prévisions de vente dans le cadre d'une coopération verticale. Ceci permettra au laboratoire de réduire son gaspillage au niveau de la production et de l'approvisionnement et de réduire son coût logistique par la réduction des pertes de produits périmés. Les laboratoires peuvent également motiver leurs grossistes-répartiteurs en concédant des remises de prix pour ceux qui coopéreront et en les livrant en priorité. Notre recommandation reste valable également pour les grossistes-répartiteurs face à leurs clients constitués essentiellement de parapharmacies et d'officines (détaillants).

Notre apport essentiel est d'avoir proposé d'intégrer au modèle centralisé et piloté par le laboratoire la coopération horizontale entre les agents clients et des concepts comme la mutualisation des approvisionnements, du transport et/ou du stockage.

Intérêt académique : Notre travail enrichit la recherche sur la modélisation des chaînes logistiques et montre les atouts de l'approche multi-agents pour la simulation de processus complexes où des acteurs autonomes, rationnels ou pas doivent interagir et communiquer pour accomplir des objectifs communs.

Grâce à cette approche, nous avons pu modéliser les comportements des grossistes-répartiteurs qui impactent directement la performance de la chaîne que le laboratoire cherche à optimiser selon son propre intérêt.

CHAPITRE 5. CONCLUSION GENERALE

Il est difficile de synthétiser les résultats des deux articles présentés dans cette thèse. Ces différents travaux ont cependant un point commun, celui de modéliser simultanément les coopérations verticale et horizontale dans des chaînes logistiques à deux échelons avec un fournisseur en situation de monopole et N clients.

La prise en considération des comportements individuels des différents agents nous a amené dans l'**article 1** à proposer un modèle multi-agents de cette chaîne logistique particulière. L'originalité de cet article réside dans l'approche connexionniste proposée et dans le couplage entre un modèle d'optimisation centré sur la décision du fournisseur et des règles individuelles de comportement des agents clients. Les résultats de simulation ont permis d'étudier certaines conditions d'équilibre de telles chaînes dépendant des décisions individuelles de chaque acteur et de leurs règles d'interactions.

Dans un objectif d'une chaîne durable, l'**article 2** s'intéresse à la réduction des surstocks et du gaspillage dans une chaîne distribuant des produits pharmaceutiques périssables

5.1. Apports scientifique de la thèse

En réponse aux différents enjeux de cette recherche qui ont été présentés en introduction, chaque article nous a permis d'établir les propositions suivantes.

5.1.1. Propositions émanant de l'article 1

- *Eléments de réponses aux enjeux économiques*

P1a. Le fournisseur a intérêt à ce que la chaîne logistique soit constituée uniquement de clients de type riskophobes.

P1b. L'intérêt d'un client en termes de coopération avec le fournisseur est d'autant plus intéressant pour lui quand il passe des grosses commandes auprès de son fournisseur.

- *Eléments de réponses aux enjeux de réduction de l'incertitude sur la demande*

P1c. Le partage d'information sur la demande présente un plus grand intérêt quand le coefficient de corrélation entre les demandes des différents clients est faible.

P1d. Le partage d'information présente un plus grand intérêt pour le fournisseur et pour l'ensemble de la chaîne quand les clients partagent leurs prévisions avec un niveau de fiabilité élevé (*cf.* niveau de coopération élevé). Cependant, pour le client, un niveau de coopération élevé ne signifie pas un coût plus faible.

P1e. Une distorsion de l'information échangée entre les clients sur leur niveau de coopération respectif, peut influencer positivement la performance globale de la chaîne logistique.

P1f. Une diversité dans les attitudes des clients face au risque influence la stabilité à long terme de la relation de coopération entre le fournisseur et ses clients.

5.1.2. Propositions émanant de l'article 2

- *Eléments de réponses aux enjeux économiques*

P2a. Une augmentation du coût social des surstocks accélère la diffusion de la responsabilité sociale parmi les grossistes-répartiteurs.

P2b. La responsabilité sociale en termes de coopération a un impact d'autant favorable sur la réduction du coût de la chaîne en cas de fortes fluctuations de la demande des clients.

- ***Éléments de réponses aux enjeux de réduction du gaspillage et de développement durable***

P2c. La diffusion de la responsabilité en termes de coopération subit une saturation et tous les grossistes-répartiteurs de la chaîne ne deviennent pas obligatoirement socialement responsables. Ceci modère les résultats de différentes recherches comme celles de Quairel et Ngaha (2010), de Seuring et Müller(2008) et de Cruz et Wakolbinger (2008) sur la diffusion de la responsabilité sociale au sein des chaînes logistiques.

P2d. La responsabilité sociale en termes de coopération a un impact fort sur la réduction du gaspillage en stock en cas de fortes fluctuations de la demande des clients.

5.2. Apports managériaux de la thèse

Le second article a consisté à exploiter le modèle théorique exposé dans l'article 1 et à appliquer ses principes à un secteur économique particulier.

Ses intérêts d'ordre managérial sont les suivants :

Il s'est intéressé à un secteur économique majeur au Maroc, à savoir le secteur pharmaceutique. La problématique traitée est d'actualité. Selon le responsable logistique de Maphar-Sanofi, le gaspillage en stock présente un enjeu majeur pour les laboratoires qui subissent d'importantes pertes du fait de la périssabilité de leurs produits. Aussi, les laboratoires (acteurs dominants de la chaîne pharmaceutique) adoptent de plus en plus des stratégies orientées vers la responsabilité sociale des entreprises "RSE" et contraindront sans doute leurs grossistes-répartiteurs à adopter cette même stratégie. Cependant, faute d'un retour d'expériences suffisant, il est difficile de mesurer selon des approches classiques l'impact de la "RSE" des acteurs de la chaîne sur la réduction du gaspillage en stock chez le laboratoire.

Notre modèle multi-agents représentant le laboratoire (fournisseur) qui utilise un modèle d'optimisation de ses stocks et des grossistes-répartiteurs (clients) qui décident de devenir socialement responsables ou pas selon les choix de leur voisinage. Il a été observé qu'un client socialement responsable favorisait un niveau de coopération élevé pour réduire le gaspillage des stocks sur l'ensemble de la chaîne. Dans le cas d'un client socialement non responsable, il choisira un niveau de coopération faible avec son fournisseur pour réduire son

coût logistique au détriment de l'augmentation du gaspillage en stock produit par le laboratoire.

5.3. Limites et perspectives de recherche

L'article 2 appliqué au secteur pharmaceutique s'est appuyé sur une approche exploratoire pour l'étude de l'impact de la diffusion de la responsabilité sociale de grossistes-répartiteurs sur la réduction des gaspillages. Les limites d'une telle approche qualitative sont connues comme l'indique, parmi d'autres, Thiétart *et al.* (2007). Nous proposons comme perspective de mener une recherche sur la diffusion de la responsabilité sociale parmi les grossistes-répartiteurs et son impact sur la réduction du gaspillage en stock en s'intéressant à des cas multiples de laboratoires en relation avec leur grossistes-répartiteurs.

Le but d'une telle recherche est de traiter ces nouvelles questions de recherche:

- Quels sont les paramètres qui peuvent encourager un grossiste-répartiteur à adopter la responsabilité en termes de coopération et d'accepter de partager ses prévisions avec le laboratoire ?
- Quels sont les moyens dont disposent les laboratoires pour inciter leurs grossistes-répartiteurs à coopérer ?
- Quel est l'impact réel du voisinage d'un grossiste-répartiteur sur sa décision de devenir responsable ?

Par ailleurs, au niveau expérimental, nous proposons de réaliser des simulations en s'appuyant sur des données de vente réelles d'un laboratoire par grossiste-répartiteur.

5.4. Conclusion générale

En modélisant une chaîne logistique à deux échelons selon une posture épistémologique *connexionniste*, nous nous sommes familiarisés avec les *systèmes adaptatifs complexes* et les *systèmes multi-agents*. La rencontre avec ces deux paradigmes nous a conduit à adopter une vision de la complexité centrée sur des interactions multiples entre acteurs de natures diverses ayant des comportements individuels suivant des logiques différentes d'opportunisme, de mimétisme et des postures différentes par rapport au risque.

En terme de recommandation pour de futurs travaux, de par le fait que la plupart des modèles multi-agents actuels appliqués au pilotage de chaîne logistique se limitent à des outils de simulation « classiques », il nous semble intéressant de suggérer aux lecteurs de cette thèse une exploitation plus riche de tels modèles en étudiant notamment les propriété d'auto-organisation et d'équilibre général des systèmes logistiques complexes.

BIBLIOGRAPHIE GÉNÉRALE

A

- Abdul-Jalbar, B., Gutiérrez, J., Puerto, J., Sicilia, J. (2003), "Policies for inventory/distribution systems: the effect of centralization vs decentralization", *International Journal of Production Economics*, 81-8(11), 281–293
- Abecassis-Moedas, C. et Grenier, G. (2007), "Un modèle étendu de la structuration entre TIC organisation au sein des districts industriels", *Revue Française de Gestion*, 3(172), p 131-143
- Aelker, J., Bauernhans, T. et Ehm, H. (2013), "Managing complexity in supply chains: A discussion of current approaches on the example of the semiconductor industry", *Procedia CIRP*, 7, 79-84
- Affisco, J.F., Paknejad, J. et Nasri, F. (2013), "A joint Economic lot size model with sustainability considerations", *Proceedings for the Northeast Region, Decision Sciences Institute*, 1-16
- Aggeri, P, Abrassart, C. et Acquier, A. (2005), *Organiser le Développement Durable*, Vuibert, Paris.
- Agrawal, S., Sengupta, R.N. et Shanker, K. (2009), "Impact of information sharing and lead time on bullwhip effect and on-hand inventory", *European Journal of Operational Research*, 192, 576–593
- Agrawal, V. et Seshadri, S. (2000), "Impact of uncertainty and risk aversion on price and order quantity in the newsvendor problem", *Manufacturing & Service Operations Management*, 2(4), 410-423
- Agrawal, V. et Seshadri, S. (2000), "Risk intermediation in supply chains", *IIE Transactions*, 32, 819-831.
- Ahi, P. et Searcy, C. (2013), "A comparative literature analysis of definitions for green and sustainable supply chain management", *Journal of Cleaner Production*, 52, 329-341
- Akono, D., Fernandes, V. (2009), "L'organisation revisitée au travers du développement durable : une approche multidisciplinaire : Impacts du développement durable sur les organisations logistiques", *Management et Avenir*, 6(26), 241-255
- Akyuz, G A et Erkan, T E. (2010), "Supply chain performance measurement: a literature review", *International Journal of Production Research*, 48(17), 5137–5155
- Ali, M.M., Boylan, J E et Aris, A. (2012), "Forecast errors and inventory performance under forecast information sharing", *International Journal of Forecasting*, 28, 830–841
- Amabile, S. et Gadille, M. (2006), "Coopération inter-entreprise, système d'information attention organisationnelle", *Revue Française de Gestion*, 5 (164), 97-118
- Amara, A. et Bensebaa, F. (2009), "La mise en œuvre des pratiques socialement responsables : entre déterminisme comportements proactifs", *Management & Avenir*, 5(25), 15-35
- Andersen, P. (1999), "Complexity Theory and Organization Science", *Organization Science*, 10(3), 216-232

- Andler, D. (1990), "Connexionnisme et cognition: à la recherche des bonnes questions", *Revue de Synthèse, série générale CXI*, n° 1-2, 85-127
- Angerhofer, B. J., Marios, C. et Angelides, T. (2006), "A model and a performance measurement system for collaborative supply chains", *Decision Support Systems*, 42, 283-301.
- Anvari, M. (1987), "Optimality criteria and risk in inventory models: The case of the newsboy problem", *Journal of the Operational Research Society*, 38, 625-632
- Arda, Y. (2008), *Politiques d'approvisionnement dans les systèmes à plusieurs fournisseurs et Optimisation des décisions dans les chaînes logistiques décentralisées*, Thèse de doctorat, Université de Toulouse, France.
- Arnaud, N. et El Amrani, R. (2010), "Collaboration électronique investissement relationnel, Étude de cas exploratoire d'un SIIO dans le secteur du meuble", *Revue Française de Gestion*, 8(207), 29-46
- Artous, A., Salini, P. (1997), Comprendre l'industrialisation du transport routier, *Reuil-Malmaison, Editions Liaisons*, 1-196
- Arzu Akyuz, G.A. et Turan Erman Erkan, T.E. (2010), "Supply chain performance measurement: a literature review", *International Journal of Production Research*, 48 (17), 5137-5155
- Ashby, W. R. (1947), "Principles of the self-organizing dynamic system", *Journal of General Psychology*, 37, 125-128
- Assens, C. (1995), "Connexionnisme : théorie des organisations", *Colloque sur la Recherche Neuronale en Sciences Economiques de Gestion*, 2, 193-206, Poitiers, 1995
- Atasoy, B., Güllü, R. et Tan, T. (2012), "Optimal inventory policies with non-stationary supply disruptions and advance supply information", *Decision Support Systems*, 53, 269-281
- Axelrod, R. (1997), *The Complexity of Cooperation: Agent-Based Models of Competition and Collaboration*, Princeton University Press, Princeton, NJ
- Axsäter, S. (2003), "Approximate optimization of a two-level distribution inventory system", *International Journal of Production Economics*, 81-82, 545-553
- Axsäter, S. (2005), "A simple decision rule for decentralized two echelon inventory control", *International Journal of Production Economics*, 93-94(8), 53-59
- Axtell, R. (2000), *Why Agents? On the Varied Motivations for Agent Computing in the Social Sciences*, Working Paper 17, Centre on Social and Economic Dynamics, Brookings Institution, Washington, D. C.

B

- Babai, M.Z. (2005), *Politiques de pilotage de flux dans les chaînes logistiques : impact de l'utilisation des prévisions sur la gestion des stocks*, Thèse de doctorat, Ecole Centrale de Paris

- Baboli, A., Fondrevelle, J., Tavakkoli- Moghaddam, R., Mehrabi, A. (2011), "A replenishment policy based on joint optimization in a downstream pharmaceutical supply chain: centralized vs decentralized replenishment", Springer-Verlag, *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 57, 367-378
- Baboli, A., Pirayesh, N.M. et Haji, R. (2008), "An algorithm for the determination of the economic order quantity in a two-level supply chain with transportation costs: comparison of decentralized with centralized decision", *Journal of Systems Science and Systems Engineering*, 17(3), 353–366.
- Badoc, I. (2012), Poolé, c'est gagné, *Points de Vente*, 32-39
- BaileY., K. et Francis, M. (2008), "Managing information flows for improved value chain performance", *International Journal of Production Economics*, 111, 2-12
- Baills, G. et Vessilier, J-C. (1991), " Les applications industrielles de la dynamique des systèmes chez Renault", *Revue Internationale de Systémique*, 5, 119-125
- Balan, S., Vratb, P. et Kumarc, P. (2009), "Information distortion in a supply chain and its mitigation using soft computing approach", *The International Journal of Management Science*, 37, 282–299
- Banks, J. Carson, J. S et Nelson, B. L. (1996), *Discrete Event System Simulation*, Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey, 2nd Edition
- Bardin, L. (2001), *L'analyse de contenu*, Presses Universitaires de France, Paris
- Bartholdi III, J.J, Eisenstein, D.D. et LiM., Y.F. (2010), "Self-organizing logistics systems", *Annual Reviews in Control*, 34, 111–117
- Bartholdi III, J.J., Eisenstein, D.D. et Lim., Y.F. (2009), "Deterministic chaos in a model of discrete manufacturing", *Naval Research Logistics*, 56(4), 293–299
- Battini, D., Persona, A. et Sgarbossa, F. (2013), "A sustainable EOQ model: Theoretical formulation and applications", *International Journal of Production Economics*, 149, 145-153
- Bayraktar, E , Koh, L. S. C., Gunasekaran, A. (2008), "The role of forecasting on bullwhip effect for E-SCM applications", *International Journal of Production Economics*, 113, 193–204
- Beamon, et Benita, M. (1998), "Supply chain design and analysis : Models and methods", *International Journal of Production Economics*, 55(3), 281-294
- Belanes, A. et Hachana, R. (2010), "Biais Cognitifs et Prise de Risque Managériale : Validation Empirique dans le Contexte Tunisien", *Management international*, 14 (2), 105-119
- Beaudoin, D., Frayr, J.M. et LeBel, L. (2010), "Negotiation-based distributed wood procurement planning within a multi-firm environment", *Forest Policy and Economics*, 12(2), 79-93
- Ben-Tal, A. , Golany, B. et Shtern, S. (2009), "Robust multi-echelon multi-period inventory control", *European Journal of Operational Research*, 199, 922-935
- Bessay, G. (2001), "Transport et pollution", *Les Cahiers de l'Observatoire*, 177, 19-21
- Bessler, A. et Veinott, A. F. (1966), "Optimal policy for a multi-echelon inventory model", *Naval Research Logistics Quarterly*, 13(4), 355-389

- Beurier, G. (2007), *Codage indirect de la forme dans les systèmes multi-agents : émergence multi-niveaux, morphogénèse et évolution*, Thèse de doctorat, Université de Montpellier II, France
- Bhagwat, R. et Sharma, M. K. (2007), "Performance measurement of supply chain management : A balanced scorecard approach", *Computers & Industrial Engineering*, 53, 43-62
- Bikram, K., Bahinipati, A. K., Deshmukh, S.G. (2009), "Horizontal collaboration in semiconductor manufacturing industry supply chain: An evaluation of collaboration intensity index", *Computers & Industrial Engineering*, 57, 880–895
- Blanquart, C., Carbone, V. (2010), "*Pratiques collaboratives et démarche environnementale dans la supply chain: mythe ou réalité?*", In : Rencontres Internationales de Recherche en Logistique, Bordeaux 2010
- Boccaro, N. (2004), *Modeling Complex Systems*, Springer, Berlin
- Bolarín, F. C., Frutos, A. G. et McDonnell, L. (2009), "The Influence of Lead Time Variability on Supply Chain Costs : Analysis of Its Impact on the Bullwhip Effect", *The IUP Journal of Supply Chain Management*, 6(3), 16-26
- Bonnefoy, J-L, Bousqu, F. et Rouchier, J. (2001), "Modélisation d'une interaction individus, espace société par les systèmes multi-agents : pâture en forêt virtuelle", *L'espace géographique*, 1, 13-25
- Bonney, M. et Jaber, M.Y. (2011), "Environmentally responsible inventory models: Non-classical models for a non-classical era", *International Journal of Production Economics*, 133(1), 43-53
- Botta-Guenoulaz, V., Campagne, J P., Llerena, D. (2010), *Supply chain performance, collaboration, alignment and coordination*, Wiley, Hoboken
- Bottani, E. et Montanari, R. (2010), "Supply chain design and cost analysis through simulation", *International Journal of Production Research*, 48(10), 2859-2886
- Bouchery, Y., Ghaffari, A., Jemai, Z. et Dallery, Y. (2012), "Including sustainability criteria into inventory models", *European Journal of Operational Research*, 222(2), 229-240
- Boujut, J., Cavaillé, J. et Jeantet, A. (2002), "*Instrumentation de la coopération : coopération et connaissance dans les systèmes industriels*", In : Soënen et Perrin, Lavoisier, Hermes Science, 91-109
- Bouquin, H. (2001), *Le contrôle de gestion*, Presses Universitaires de France, Paris, 5e édition
- Bouraoui, A. (2009), "Hayek, l'ordre spontané la complexité", *Revue économique*, 6(60), 1335-1358
- Bourland, K. E., Powell, S. G. et Pyke, D. (1996), "Exploiting timely demand information to reduce inventories", *European Journal of Operational Research*, 92, 239-253
- Bowen, F.E., Cousins, P.D., Lamming, R.C. et Faruk, A. C. (2006), "*Horses for courses: explaining the gap between the theory and practice of green supply*", In Sarkis, J. *Greening the Supply Chain*, Springer-Verlag, London
- Boyer, L. et Igalens, J. (2005), "La responsabilité sociale de l'entreprise", *Management et Avenir*, 1(3), 98-99

C

- Cachon, G. P. et Zipkin, P. H. (1999). "Competitive and cooperative inventory policies in a two-stage supply chain", *Management Science*, 45(7), 936-953
- Cachon, G.P., (2001a). "Exact evaluation of batch-ordering inventory policies in two-echelon supply chains with periodic review", *Operations Research*, 49(1), 79-98
- Cachon, G.P. (2001b). "Stock wars: inventory competition in a two-echelon supply chain with multiple retailers", *Operations Research*, 49 (5), 658-674
- Cachon, G.P. (2003), "Supply Chain Coordination with Contracts", *Operations Research and Management Science*, 11, 227-339
- Cachon, G.P. , Randall, T. et Schmidt, G.M. (2007), "In Search of the Bullwhip Effect", *Manufacturing & Service Operations Management*, 9(4), 457-479
- Cachon, G. P. et Lariviere, M. A. (2001), "Contracting to assure supply: how to share demand forecasts in a supply chain", *Management Science*, 47 (5), 629-646
- Cachon, G.P. et Fisher, M.L. (2000), "Supply Chain Inventory Management and the Value of Shared Information" , *Management Science*, 46 (8), 1032-1048
- Campagne, J. et Sénéchal O. (2002). *Les nouvelles exigences de la coopération*. Dans : Coopération et connaissance dans les systèmes industriels In Soënen, R. et Perrin, J. Lavoisier, Hermes Science, Paris, 51-67
- Canan, U., Fikri, K. et Selcuk, S. (2008), "Investment in improved inventory accuracy in a decentralized supply chain", *International Journal of Production Economics*, 113 (2), 546-566
- Cao, M., Vonderembse, M. A., Zhang, Q. (2010), "Supply chain collaboration : conceptualisation and instrument development", *International Journal of Production Research*, 48(22), 6613–6635
- Carbone, V. (2005), "L'ampleur de la relation client-fournisseur : le cas des alliances logistiques", *Logistique & Management*, 13(1), 89-98
- Carbone, V. et Stone, M.A. (2005), "Growth and relational strategies used by the European logistics service providers: Rationale and outcomes", *Logistics and Transportation Review*, 41(6), 495-510
- Carley, K. M. (1999). On generating hypotheses using computer simulations. *Systems Engineering*, 2, 69-77
- Carter, C. et Rogers, D. S. (2008), "A framework of sustainable supply chain management: moving toward new theory", *International Journal of Physical Distribution and Logistics Management*, 38 (5), 360–387
- Cartier, M. et Forgues, B. (2006), "Intérêt de la simulation pour les sciences de gestion", *Revue Française de Gestion*, 6 (165), 125-137
- Chaib-draa, B. (1995), "Industrial applications of distributed AI", *Communications of the ACM*, New York, 38(11), 49-53

- Chan, F T S., Chung, S H. et Wadhwa, S. (2004), “A heuristic methodology for order distribution in a demand driven collaborative supply chain”, *International Journal of Production Research*, 42 (1), 1-19
- Chan, H. K., et Chan, F. T. S. (2009), “Effect of information sharing in supply chains with flexibility”, *International Journal of Production Research*, 47(1), 213–232
- Chapurlat, V., (2007), *Vérification et validation de modèles de systèmes complexes: application à la Modélisation d'Entreprise*, Thèse de doctorat, Université Montpellier II, France
- Chardine-Baumann, E (2011), *Modèles d'évaluation des performances économique, environnementale et sociale dans les chaînes logistiques*, Thèse de doctorat, Institut national des sciences appliquées de Lyon, France
- Charmot, C .(1997), *L'échange de données informatisé (EDI), l'échange de données du commerce électronique*, Editions “Que sais-je ?”, Presses Universitaires de France, Paris
- Charreire, S. et Huault, I. (2001), “Cohérence épistémologique et recherche en management stratégique”, *Xième Conférence de l'Association Internationale de Management Stratégique*, Québec, juin
- Charrier, R., Bourjot, C., Charpillat, F. (2007), “*Un modèle connexionniste pour l'intelligence en essaim : Le système multi-agent logistique*”, *Cognition, Complexité, Collectif Acta-Cognitica*, 19-31
- Chase, C. J., Serrano, J. et Ramadge, P.J. (1993), “Periodicity and chaos from switched flow systems: contrasting examples of discretely controlled continuous systems”, *IEEE Transactions on Automatic Control*, 38(1), 70–83
- Chatfield, D.C., KiM., J.G. et Harris, T.P. (2004), “ The Bullwhip Effect-Impact of Stochastic Lead Time, Information Quality, and Information Sharing: A Simulation Study”, *Production and Operations Management*, 13(4), 340-353
- Chen, E., Federgruen, A. (2000), “*Mean-variance analysis of basic inventory models*”, Working paper, Columbia University, New York
- Chen, F. (1999), “Decentralized supply chains subject to information delay”, *Management Science*, 45(8), 1076-1090
- Chen, F. et Yu, B. (2005), “Quantifying the value of lead time information in a single-location inventory system”, *Manufacturing and Service Operations Management*, 7(2), 144-151
- Chen, J.M. et Cheng, H.L. (2012), “Effect of the price-dependent revenue-sharing mechanism in a decentralized supply chain”, *Central European Journal of Operations Research Springer-Verlag*, 20(2), 299–317
- Chen, L. et Lee, H.L. (2009), “Information Sharing and Order Variability Control Under a Generalized Demand Model”, *Management Science*, 55 (5), 781–797
- Chen, X., Benjaafar, S. et Elomri, A. (2013), “The carbon-constrained EOQ”, *Operations Research Letters*, 41, 172–179
- Chen, X., Sim., M., Simchi-Levi, D. et Sun, P. (2007), “Risk-Aversion in Inventory Management”, *Operations Research*, 55 (5), 828-842
- Cheng, C-Y., Chen, T-L. et Chen, Y-Y. (2014), “An Analysis of the Structural Complexity of Supply Chain Networks”, *Applied Mathematical Modelling*, 38(9-10), 2328-2344

- Cheng, L. C. (2009), "Impact of inventory policy consistency on the three stage supply chain performance", *Journal of Academy of Business and Economics*, 9(4), 33-53
- Cheung, C F, Cheung, C M et Kwok, S K. (2012), "A knowledge-based customization system for supply chain integration", *Expert Systems with Applications*, 39(4), 3906–3924
- Cheung, R. K. , Tong, J. H. et Slack, B. (2003), "The transition from freight consolidation to logistics : the case of Hong Kong", *Journal of Transport Geography*, 11(4), 245-253
- Chiang, W K et Feng, Y. (2007), "The value of information sharing in the presence of supply uncertainty and demand volatility", *International Journal of Production Research*, 45(6), 1429-1447
- Choi, T Y., Dooley, K J. et Rungtusanatha, M. (2001), "Conceptual note Supply networks and complex adaptive systems: control versus emergence", *Journal of Operations Management*, 19, 351-366
- Choi, T.M., Li, J. et Ying Wei, Y. (2013), "Will a supplier benefit from sharing good information with a retailer? ", *Decision Support Systems*, 56, 131-139
- Chopra, S. et Meindl, P. (2007), *Supply Chain Management: Strategy, Planning, and Operation*. Prentice-Hall. New Jersey
- Christopher, M. (1992), *Logistics : The strategic issues*, Chapman & Hall, London,
- Christopher, M. (2005), *Supply Chain Management, Créer des réseaux à forte valeur ajoutée*, Editeur Pearson-Village Mondial, Paris.
- Cigolini, R., Pero, M., Rossi, T., et Siane, A. (2014), "Linking supply chain configuration to supply chain performance: A discrete event simulation model", *Simulation Modelling Practice and Theory*, 40, 1-11
- Ciliberti, F., Pontrandolfo, P. et Scozzi, B. (2008a), "Logistics social responsibility : standard adoption and practices in Italian Companies", *International Journal of Production Economics*, 113, 88-106
- Clark, A. et Scarf, H. (1960), "Optimal policies for a multi-echelon inventory problem ", *Management Science*, 6 (4), 475-490
- Confessore, G, Giordani, S. et Rismondo, S. (2007), "A mark -based multi-agent system model for decentralized multi-project scheduling ", *Annals of Operations Research*, 150, 115-135
- Conseil de la concurrence et SIS Consulting (2013), "Etude sur la concurrence du secteur de l'industrie pharmaceutique", Rapport de synthèse
- Costanza, R. (1987), "Simulation modeling on the macintosh using stella", *BioScience*, 37, 129-132
- Costanza, R. et Voinov, A. (2004), *Landscape Simulation Modeling : A spatially explicit, dynamic approach*", Springer-Verlag New York
- Cruijssen, F., Cools, M. et Dullaert, W. (2007), "Horizontal cooperation in logistics: Opportunities and impediments", *Transportation Research Part F: Logistics and Transportation Review*, 43(2), 129-142
- Cruz, J. M. et Wakolbinger, T. (2008), "Multi-period effects of corporate social responsibility on supply chain networks, transaction costs, emissions, and risk", *International Journal of Production Economics*, 116(1), 61-74

D

- Damsgaard, J., Lyytinen, K. (2001), "The role of intermediating institutions in the diffusion of Electronic Data Interchange (EDI): How industry associations intervened in Denmark, Finland and Hong Kong", *The Information Society*, 17, 195-210
- Das, C. et Tyagi, R. (1997)., "Role of inventory and transportation costs in determining the optimal degree of centralization", *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 33(3), 171-179
- Datta, P. P. et Christopher, M. G. (2011), "Information sharing and coordination mechanisms for managing uncertainty in supply chains : a simulation study", *International Journal of Production Research*, 49(3), 765-803
- Daugherty, P. J., Richey, R. G., Roath, A. S., Min, S., Chen, H., Arndt, A. D. et Genchev, S. E. (2006), "Is collaboration paying off for firms?", *Business Horizons*, 49, 61-70.
- Dauphiné, A. (2003), "Les réseaux urbains: un exemple d'application de la théorie des systèmes auto-organisés critiques. Urban networks: a case study of the critical self-organized system theory", In : *Annales de Géographie*, 112 (631), 227-242
- De Brito, M., Carbone, V. et Meunier, C. (2008), "Towards a sustainable fashion retail supply chain in Europe: organization and performance", *International Journal of Production Economics*, 114, 534-553
- De Croix, G A. et Mookerjee, V S. (1997), "Purchasing demand information in a stochastic demand inventory system", *European Journal of Operational Research*, 102(1), 36-57
- Degenne, P. (2012), *Une approche générique de la modélisation spatiale et temporelle : application à la modélisation des paysages*, Thèse de doctorat, Université Paris-Est. France
- Dégrés, L., Pierreval, H. et Caux, C.(2004a), "Simulation of Steel Industry using System Dynamics", *11th IFAC Symposium on Information Control Problems in Manufacturing (INCOM'04)*, Salvador de Bahia, Brasil)
- Dégrés, L., Pierreval, H. et Caux, C.(2005), "Analysis of the effects of the variation in the demand of products in a Steel Industry: a System Dynamics approach", *International Conference on Industrial Engineering and Systems Management IESM 2005*, 16-19, Marrakech-Maroc, 894-903, 2005
- Dejonckheere, J. ,Disney, S. M. , Lambrecht, M. (2004), "The impact of information enrichment on the Bullwhip effect in supply chains : A control engineering perspective", *European Journal of Operational Research*, 153, 727-750
- Delerue, H., Bérard, C. (2007), "Les dynamiques de la confiance dans les relations inter-organisationnelles", *Revue Française de Gestion*, 6(175), 125-138
- Demazeau, Y. (1995). "From cognitive interactions to collective behaviour in agent-based systems", *First European Conference on Cognitive Science*. Saint-Malo, Avril
- DiMaggio, P.J. et Powell, W. W. (1983). "The Iron Cage Revisited: Institutional Isomorphism and Collective Rationality in Irganizational Fields", *American Sociological Review*, 48(2), 147-160.

- Ding, H., Guo, B. et Liu, Z. (2011), "Information sharing and profit allotment based on supply chain cooperation", *International Journal of Production Economics*, 133(1), 70-79
- Disney, S. M. et Towill, D. R. (2003), "Vendor-managed inventory and bullwhip reduction in a twolevel supply chain", *International Journal of Operations and Production Management*, 23, 625-651
- Disney, S. M. et Towill, D. R. (2003), "On the bullwhip and inventory variance produced by an ordering policy", *The International Journal of Management Science*, 31, 157-167
- Dong, L. et Lee, H. L. (2003), "Optimal policies and approximations for a serial multi-echelon inventory system with time-correlated demand", *Operations Research*, 51(6), 969-980
- Dong, Y., Xu, K. et Dresner, M. (2007), "Environmental determinants of VMI adoption: An exploratory analysis", *Transportation Research, Part E* 43, 355-369
- Doniec, A. (2006), *Prise en compte des comportements anticipatifs dans la coordination multi-agent : application à la simulation de trafic en carrefour*, Thèse de doctorat, Université de Valenciennes et du Hainaut Cambrésis
- Dornier, P.P et Fender, M. (2007), *La logistique globale et le supply chain management: Enjeux-principes- exemples*, Eyrolles, Paris
- Duan, Q. et Warren Liao, T. W. (2013), "Optimization of replenishment policies for decentralized and centralized capacitated supply chains under various demands", *International Journal of Production Economics*, 142 (1), 194-204
- Dubos-Paillard, E. (2000), *La mutation spatiale de l'industrie dans l'espace urbain (l'agglomération de Rouen)*, Thèse de doctorat, Université de Rouen, France
- Dudley, L. et Lasserre, P. (1989), "Information as a substitute for inventories", *European Economic Review*, 33(1), 67-88

E

- Edgeworth, F. Y.(1888), "The Mathematical Theory of Banking", *Journal of the Royal Statistical Society*, 51 (1), 113-127
- Edghill, J. et Towill, D. (1989), "The use of system dynamics in manufacturing system engineering", *Transactions of the Institute of Measurement and Control*, 11 (4), 208-216
- Eeckhoudt, L., C. Gollier, et H. Schlesinger, (1995), "The risk-averse (and prudent) newsboy", *Management Science*, 41(5), 786-794
- Egri, P. (2012), "A centralized/decentralized design of a full return contract for a risk-free manufacturer and a risk-neutral retailer", *International Journal of Production Economics*, 136(1), 110-115
- Ehlen, M. A., Amy, C., Sun, M. A., Pepple, (2014), "Chemical supply chain modeling for analysis of homeland security events", *Computers and Chemical Engineering*, 60, 102- 111
- El Omari, A., (2009), *Cooperation in Supply Chains: Alliance Formation and Profit Allocation among Independent Firms*, Thèse de Doctorat, Ecole Centrale de Paris, France

- Eppen, G. D. et Schrage, L. (1981), "Centralized ordering policies in a multi-warehouse system with lead time and random demand Multi-level Production/Inventory Systems: Theory and Practice", In Schwarz, L.B. (Ed), *TIMS Studies in the Management Sciences*, 16: *Multi-Level Production/Inventory Control Systems, Theory and Practice*. North-Holland, Amsterdam and New York, 51-67
- Ergun, O., Kuyzu, G. et Savelsbergh, M. (2007), "Reducing The shipper collaboration problem", *Computers & Operations Research*, 34(6), 1551-1560
- Erkip, N., Hausman, W. H. et Nahmias, S. (1990), "Optimal Centralized Ordering Policies in Multi-Echelon Inventory Systems with Correlated Demands", *Management Science*, 36(3), 381-392
- Erschler, J. (1996), "Approche par contraintes pour l'aide à la décision à la coopération : une nouvelle logique d'utilisation des modèles formels Coopération Conception", In Terssac, G. et Friedberg, E., *Coopération et Conception*, Octares Editions, 137-147
- Ertunga, O. C. et Min, C. (2009), "Reverse bullwhip effect in pricing", *European Journal of Operational Research*, 192, 302-312

F

- Ferber, J. (1995), *Les systèmes Multi-Agents vers une intelligence collective*, Inter-Editions, Paris
- Filser, M, des Garets, V, Paché, G. (2001), *La distribution: organisation et stratégie*, éditions EMS, Paris
- Forrester, J.W. (1958), "Industrial dynamics: A major breakthrough for decision makers", *Harvard Business Review*, 36, 37-66
- Forrester, J.W. (1961), *Industrial Dynamics*, Productivity Press, Cambridge, Massachusetts
- Forrester, J.W. (1968), *Principles of Systems*, Wright-Allen Press Cambridge, Massachusetts
- Forrester, J.W. (1969), *Urban dynamics*, M.I.T. Press Cambridge, Massachusetts
- Forrester, J.W. (1971), *World dynamics*, Wright-Allen Press Cambridge, Massachusetts
- Forsberg, R. (1995), "Optimization of order-up-to-S policies for two-level inventory systems with compound Poisson demand", *European Journal of Operational Research*, 81, 143-153
- Forsberg, R. (1996). "Exact evaluation of (R,Q) policies for two-level inventory systems with Poisson demand", *European Journal of Operational Research*, 96, 130-138
- Francois, J. (2007), *Planification des chaînes logistiques : Modélisation du système décisionnel et performance*, Thèse de doctorat, Université de Bordeaux 1, France
- Frantz, F. K. (1995), "A taxonomy of model abstraction techniques", *Proceedings of the 27th conference on Winter simulation*, IEEE Computer Society, Arlington, Virginia, 1413-1420,

G

- Gabrié, H. (1997), *Analyse de systèmes et gestion de l'entreprise, encyclopédie de gestion*, Tome 1, Economica, Paris, 123-141
- Galasso, F. (2007), *Aide à la planification dans les chaînes logistiques en présence de demande flexible*, Thèse de Doctorat, Institut National Polytechnique de Toulouse, France
- Ganesh, M., Raghunathan, S. et Rajendran, C. (2007), "The value of information sharing in a multi-product supply chain with product substitution", *IIE Transaction*, 40 (12), 1124–1140
- Ganesh, M., Raghunathan, S. et Rajendran, C. (2014), "The value of information sharing in a multi-product, multi-level supply chain: Impact of product substitution, demand correlation, and partial information sharing", *Decision Support Systems*, 58, 79–94
- Gao, Y., Niu, Z. et Wang, X. (2011), "Analysis on the effects of stock sharing on supply chain", *Computers and Industrial Engineering*, 60, 433-437
- Gardner, M. (1970), "The fantastic combinations of John Conway's new solitaire game "life", *Scientific American*, 223, 120-123
- Genin, P., Thomas, A. et Lamouri, S. (2007), "How to manage robust tactical planning with an APS (Advanced Planning Systems)", *Journal of Intelligent Manufacturing*, 18(2), 209-221
- Gerchak, Y. et Gupta, D. (1991), "On apportioning costs to customers in centralized continuous review inventory systems", *Journal of Operations Management*, 10(4), 546-551
- Giard, V. (2003), *Gestion de la production et des flux*, Economica, Paris
- Giard, V. et Sali, M. (2012) "L'effet coup de fouet et la partage d'information en chaîne logistique : une littérature contingente", *Revue Française de Gestion Industrielle*, 31 (2), 23-44
- Graves, S. C. (1999), "A Single-Item Inventory Model for a Nonstationary Demand Process", *Manufacturing & Service Operations Management*, 1, 50-61
- Graves, S.C. (1986), "A Tactical Planning Model for a Job Shop", *Operations Research*, 34 (4), 522-533
- Groenevelt, H. (1993), "The Just in Time System", in *Handbooks in OR and MS*, Elsevier Science, 4, 387-408
- Guan, R. et Zhao, X. (2010), "Production, Manufacturing and Logistics, On contracts for VMI program with continuous review (r, Q) policy", *European Journal of Operational Research*, 207, 656–667
- Guardiola, L., Meca, A. et Justo, P. (2009), "Production-inventory games: a new class of totally balanced combinatorial optimization games", *Games and Economic Behavior*, 65, 205-219
- Gunasekaran, A. et Kobu, B. (2007), "Performance measures and metrics in logistics and supply chain management: a review of recent literature (1995–2004) for research and applications", *International Journal of Production Research*, 45 (12), 2819–2840
- Guo, C. et Li, X. (2014), "A multi-echelon inventory system with supplier selection and order allocation under stochastic demand", *International Journal of Production Economics*, 151, 37-47

H

- Habib, J., (2008), *La dynamique de création de connaissances dans les processus d'innovation, Etudes de cas et simulation multi-agents*, Thèse de Doctorat, Université Paul-Cezanne- Aix Marseille III
- Hadley, G. et Whitin, T.M. (1963), *Analysis of Inventory Systems*, Prentice-Hall Inc, New Jersey
- Hahn, G. J. et Kuhn, H. (2012), "Value-based performance and risk management in supply chains : A robust optimization approach", *International Journal of Production Economics*, 139, 135-144
- Håkansson, H. et Persson, G. (2004), "Supply Chain Management: The Logic of Supply Chains and Networks", *International Journal of Logistics Management*, 15(1), 11 - 26
- Harris, F. W. (1913), "How many parts to make at once factory", *The Magazine of Management*, 10, 135-136
- Harrison, J. R., Lin, Z., Glenne, R., Carrol, G.R. (2007), "Simulation modeling in organizational and management research", *Academy of Management Review*, 32 (4), 1229-1245
- Hassini, E., Surti, C. et Searcy, C. (2012), "A literature review and a case study of sustainable supply chain management with a focus on metrics", *International Journal of Production Economics*, 140 (1), 69-82
- He, Z., Wang, S. et Cheng, T C E. (2013), "Competition and evolution in multi-product supply chains: An agent-based retailer model", *International Journal of Production Research*, 146, 325-336
- Heath, D.C. et Jackson, P.L. (1994), "Modeling the evolution of demand forecasts with application to safety-stock analysis in Production/Distribution systems", *IIE Transactions*, 26, 17-30
- Helper, C. M., Davis, L. B. et Wei, W. (2010), "Impact of demand correlation and information sharing in a capacity constrained supply chain with multiple-retailers", *Computers and Industrial Engineering*, 59 (4), 552-560
- Hill, R M. (1997), "The single-vendor single-buyer integrated production-inventory model with a generalized policy", *European Journal of Operational Research*, 97, 493-499
- Ho, C. (2007), "Measuring system performance of an ERP-based supply chain", *International Journal of Production Research*, 45 (6), 1255-1277
- Hon, K. (2005), "Performance and Evaluation of Manufacturing Systems", *CIRP Annals - Manufacturing Technology*, 54(2), 139-154
- Hoque, M A. et Goyal, SK. (2000), "An optimal policy for a single vendor single-buyer integrated production-inventory system with capacity constraint of the transport equipment", *International Journal of Production Economics*, 65, 305-315
- Hua, G., Cheng, T.C.E et Wang, S. (2011), "Managing carbon footprints in inventory management", *International Journal of Production Economics*, 132 (2), 178-185

Hua, H. (2012), "Planning meets self-organization: Integrating interactive evolutionary computation with cellular automata for urban planning", *Frontiers of Architectural Research*, 1, 400-404

Huang, G.Q., Lau, S.K., et Mak, K.L. (2003), "The impacts of sharing production information on supply chain dynamics : a review of the literature", *International Journal of Production Research*, 41(7), 1483-1517

Huang, H. C., Chew, E. P. et Goh, K. H. (2005), "A two-echelon inventory system with transportation capacity constraint", *European Journal of Operational Research*, 167, 129-143

Iglehart, D. (1963), "Optimality of (s, S) policies in the infinite horizon dynamic inventory problem", *Management Science*, 9, 259-67

J

Jawab, J., Bouami, D. et Talbi, A. (2006), "Le réapprovisionnement continu dans les réseaux industriels, vers une meilleure gestion des interfaces de la supply chain", *Revue des Sciences de Gestion*, 2(218), 123-137

Jemai, Z. (2003), *Modèles stochastiques pour l'aide au pilotage des chaînes logistiques : L'impact de la décentralisation*, Thèse de Doctorat, Laboratoire Génie Industriel, École Centrale Paris

Jemai, Z. et F. Karaesmen, F. (2007). "Decentralized inventory control in a two-stage capacitated supply chain", *IIE Transactions*, 39, 501-512

Jennings, N.R., Sycara, K. et Wooldridge, M. (1998), *Autonomous Agents and Multi-Agent Systems*, Kluwer Academic Publishers, Boston

Jia, Z. (2012), *Planification décentralisée des activités de production et de transport: coordination par négociation*, Thèse de Doctorat, Université de Bordeaux 1, France

Johnson, J L, Sohi, R S. et Grewal, R. (2004), "The role of relational knowledge stores in inter-firm partnering", *Journal of Marketing*, 68(3), 21-36

Jouenne, T. (2010), "Les quatre leviers de la logistique durable", *Revue Française de Gestion Industrielle*, 29(1), 1-24

Journé, B, Grimand, A. et Garreau, L. (2012), "Face à la complexité : illusions, audaces, humilités ", *Revue Française de Gestion*, 4 (223), 15-25

K

Kadim, O S. (2009). *Le stockage des produits végétaux au Maroc : choix technique et pertes post-récolte*, Thèse de Doctorat, Université Franche-Comté, France

Kaddoussi, A. (2012), *Optimisation des flux logistiques: vers une gestion avancée de la situation de crise*, Thèse de Doctorat, Ecole Centrale de Lille, France.

- Kaihara, T. et Fujii, N. (2013), “A proposal of economic negotiation mechanism with a complex network for supply chain management”, *Procedia CIRP Conference on Intelligent Computation in Manufacturing Engineering*, 12, 318 – 323
- Kaneko, K. et Tsuda, I. (2001b.), *Complex systems: chaos and beyond*, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg New York
- Kang, J. H. et Kim, Y. D. (2009), “Inventory replenishment and delivery planning in a two-level supply chain with compound poisson demands”, *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 49(9-12), 1107–1118
- Kaplan, R. et Norton, D. (1996), *The balanced scorecard: translating strategy into action*, Harvard Business School Press, Boston, Massachusetts
- Karaesmen, I. Z., Alan Scheller-Wolf, A. et Deniz, Bo. (2011), “Planning Production and Inventories in the Extended Enterprise”, *International Series in Operations Research & Management Science*, 151, 393-436
- Kärkkäinen, M. et Holmström, J. (2002), “Wireless product identification : enabler for handling efficiency, customisation and information sharing”, *Supply Chain Management : An International Journal*, 7(4), 242-252
- Karlin, S. (1958), “Optimal inventory policy for the arrow-harris-marschak dynamic model“, In: Arrow, K, Karlin, S, Scarf et H. (Eds), *Mathematical Methods in the Social Sciences*, Stanford University Press, Stanford, CA., 135–154
- Kelepouris, T., Miliotis, P. et Pramataris, K. (2007), “The impact of replenishment parameters and information sharing on the bullwhip effect: A computational study”, *Computers & Operations Research*, 35, 3657–3670
- Kelle, P. et Akbulut, A. (2005b), “The role of ERP tools in the supply chain information sharing, cooperation, and cost optimization”, *International Journal of Production Economics*, 93-94, 41-52
- Ketchen, D. J. et Hult, G. T.M (2007), “Bridging organization theory and supply chain management: The case of best value supply chains”, *Journal of Operations Management*, 25, 573–580
- Kerbache, L. et Smith, J.M. (2004), “Queueing networks and the topological design of supply chain systems”, *International Journal of Production Economics*, 91 (3), 251-272
- Kimura, O. et Terada, H. (1981), “Design and analysis of pull system, a method of multistage production control”, *International Journal of Production Research*, 19, 241-253
- Koenig, G. (1993), “Production de la connaissance constitution des pratiques organisationnelles”, *Revue de Gestion des Ressources Humaines*, 9, 4-17
- Kulp, S. C., Lee, H. L. et Ofek, E. (2004), “Manufacturer benefits from information integration with retail customers”, *Management Science*, 50(4), 431-444

L

- Labarthe, O. (2006), *Modélisation et simulation orientées agents de chaînes logistiques dans un contexte de personnalisation de masse : modèles et cadre méthodologique*, Thèse de Doctorat, Université Paul Cézanne et Université Laval Canada
- Lanham, H. J., Leykum, L. K. et Barbara, S. T. (2013), "How complexity science can inform scale-up and spread in health care : Understanding the role of self-organization in variation across local contexts", *Social Science and Medicine*, 93, 194-202
- Laraki, K. (2004), *Evaluation stratégique environnementale des PME du secteur Textile Habillement au Maroc*, Rapport pour le Plan bleu pour l'Environnement et le Développement de la Méditerranée, mars
- Lash, J. et Wellington, F. (2007), "Competitive advantage on a warming planet", *Harvard Business Review*, 95, 2-10
- Lau, H. S. (1980), "The newsboy problem under alternative optimization objectives", *Journal of the Operational Research Society*, 31(6), 525-535
- Lau, J. S. K., Huang, G. Q. et Mak, K. L. (2004), "Impact of information sharing on inventory replenishment in divergent supply chains", *International Journal of Production Research*, 42(5), 919-941
- Le Moigne, J. L. (1977), *Théorie du système général, théorie de la modélisation*, Presses Universitaires de France, Paris
- Le Moigne, J. L. (1990), *La modélisation des systèmes complexes*, Dunod, Paris
- Lecas, G. (2006), "La modélisation systémique : outils méthodologiques pour économistes", *Innovations*, 2 (24), 199-230
- Lee, H L., So, K C., et Tang, C S. (2000), "The Value of Information Sharing in a Two-Level Supply Chain", *Management Science*, 46(5), 626-643
- Lee, H. L., Padmanabhan, V. et Whang, S. (1997), "The bullwhip effect in supply chains", *Sloan Management Review*, 38(3), 93-102
- Lee, HL. et Billington, C. (1993), "Material Management in Decentralized Supply Chains", *Operations Research*, 41, 835-847
- Lehtonen, J-M., Småros, J. et Holmström, J. (2005), "The effect of demand visibility in product introductions", *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 35(2), 101-115
- Leroux, E. et Pupion, P-C. (2011), "Adoption des systèmes de reporting pour le développement durable : une innovation organisationnelle", *Systèmes d'Information Management*, 16 (2), 112-126
- Li, G., Yang, H., Sun, L., Ji, P., Feng, L. (2010), "The evolutionary complexity of complex adaptive supply n works: A simulation and case study ", *International Journal of Production Economics*, 124, 310-330

- Li, G., Sun, L., Ji, P. et Li, H. (2005), "Self-organization Evolution of Supply Networks: System Modeling and Simulation Based on Multi-agent", In Hao, Y., Liu, J., Wang, Y., Cheung, Y.-m., Yin, H., Jiao, L., Ma, J., Jiao, Y.-C. (Eds.), International Conference, CIS 2005, Xi'an, China, December 15-19, 2005, Proceedings, Part I, Series: Lecture Notes in Computer Science, 3801, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg
- Liston, P., Byrne, J., Byrne, P. J. et Heav, (2007), "Contract costing in outsourcing enterprises : Exploring the benefits of discrete-event simulation", *International Journal of Production Economics*, 110, 97-114
- Liu, R. et Kumar, A. (2009), "Leveraging information sharing to configure supply chains", *Information Systems Frontiers*, 13(1), 139-151
- Long, Q. et Zhang, W. (2014), "An integrated framework for agent based inventory–production–transportation modeling and distributed simulation of supply chains", *Information Sciences*, 277, 567-581
- Longo, F. et Mirabelli, G. (2008), "An advanced supply chain management tool based on modeling and simulation", *Computers & Industrial Engineering*, 54 (3), 570–588
- Lorby, J.R. (1991), *"Ré-évaluation du modèle de croissance de Monod. Effets des antibiotiques sur l'énergie de maintenance"*, Thèse de Doctorat, Université de Lyon 1. France
- Lorenz, E.N. (1963), "Deterministic Nonperiodic Flow", *Journal of the Atmospheric Sciences*, 20, 130-141
- Lorino, P. (2003), *Le pilotage par les processus et les compétences*, Les Editions d'Organisation, Paris
- Lohtia, R., Xiea, F.T. et Subram, R. (2004), "Efficient consumer response in Japan Industry concerns, current status, benefits, and barriers to implementation", *Journal of Business Research*, 57 306- 311
- Low, C. et Chen, Y H. (2013), "A model measurement system for collaborative supply chain partners", *Journal of Manufacturing Systems*, 32, 180-188
- Lozano, S., Moreno, P., Adenso-Díaz, B. et Algaba, E. (2013) "Cooperative game theory approach to allocating benefits of horizontal cooperation", *European Journal of Operational Research*, 229, 444-452

M

- Malhotra, A. , Gosain, S. et ElSawy, O. A. (2005), "Absorptive capacity configurations in supply chains : gearing for partner-enabled mark knowledge creation", *MIS Quarterly*, 29(1), 145-187
- Marklund, J. (2002). "Centralized inventory control in a two-level distribution system with Poisson demand", *Naval Research Logistics*, 49 (2): 798-822
- Marques, G. (2010). *Management des risques pour l'aide à la gestion de la collaboration au sein d'une chaîne logistique: une approche par simulation*, Thèse de Doctorat, Université de Toulouse, France

- Martinez-de-Albeniz, Y. et Simchi-Levi, D. (2003), "Mean-variance trade-offs", in supply contracts, *Naval Research Logistics*, 53(7), 603--616
- Martin, A. (1990), *DRP: the Gateway to True Quick Response and Continuous Replenishment*, Oliver Wight Publications, Lyon
- Martin, A. J. et Landvater, D. V. (1998), "Principes et perspectives du réapprovisionnement continu au cœur de la supply chain", Eyrolles, Paris
- Martinez-Olvera, C. (2008), "Entropy as an assessment tool of supply chain information sharing", *European Journal of Operational Research*, 185, 405-417
- Mas, J-F., Kolb, M., Houet, T., Paegelow, M. et Olmedo, M.T.C. (2011), "Eclairer le choix des outils de simulation des changements des modes d'occupation d'usages des sols Une approche comparative", *Revue Internationale de Géomatique*, 21, 405-430
- Masclef, O. (2012), "Altruisme dons gratuits dans une dynamique d'émergence d'alliance Le cas Renault-Nissan", *Revue Française de Gestion*, 4(223), 123-135
- McWilliams, A. et Siegel, D. (2001), "Corporate social responsibility: A theory of the firm perspective", *Academy of Management Review*, 26 (1), 117-127
- Meca, A., Timmer, J, Garcia., I et Borm., P. (2004), "Inventory games", *European Journal of Operational Research*, 156, 127-139
- Meca, A., Guardiola, L. A. et Andres, T. (2005). *P-additive games. Trabajos de I+D*, ISSN 1576-7264, CIO Universidad Miguel Hernandez, Elche. Spain.
- Médan, P et Gratacap, A. (2008), *Logistique et Supply Chain Management : intégration, collaboration, et risques dans la chaîne logistique globale*, Dunod. Paris
- Mehrabikoushki, A. (2008), *Partage d'information dans la chaîne logistique : Evaluation des impacts sur la performance d'une chaîne logistique des modes de collaboration mis en œuvre entre les partenaires et des informations échangées*, Thèse de doctorat, Institut National des Sciences Appliquées de Lyon, France
- Meixell, M. J. et Gargeya, V. B. (2005), "Global supply chain design: a literature review and critique", *Transportation Research Part E*, 41 (6), 531--550
- Mentzer, J.T., Dewitt, W., Keebler, J.S., Min, S., Nix, N.W., Smith, C.D. et Zacharia, Z.G. (2001), "Defining the supply chain Management", *Journal of Business Logistics*, 22 (2), 1-25
- Meschi, P-X. (2006), "Réseaux inter-organisationnels survie des alliances", *Revue Française de Gestion*, 5(164), 33-53
- Meschi, P-X. (2005), "Environmental Uncertainty and Survival of International Joint Ventures: The Case of Political and Economic Risk in Emerging Countries", *European Management Review*, 2(2), 143-152
- Milgrom, P. et Roberts, J. (1988), "Communication and Inventory as Substitutes in Organizing Production", *Scandinavian Journal of Economics*, 90 (3), 275-289
- Min, H. et Zhou, G. (2002), "Supply chain modeling: past, present and future", *Computers Industrial Engineering*, 43, 231--249
- Minegishi, S. et Thiel, D. (2000), "System dynamics modeling and simulation of a particular food supply chain", *Simulation Practice and Theory*, 8 (5), 321--339
- Moghadam, H S. et Helbich, M(2013). "Spatiotemporal urbanization processes in the megacity of Mumbai, India: A Markov chains-cellular automata urban growth model", *Applied Geography*, 40, 140-149

- Mohebbi, S. et Shafaei, R. (2012), “e-Supply network coordination: the design of intelligent agents for buyer-supplier dynamic negotiations”, *Journal of Intelligent Manufacturing*, 23(3), 375-391
- Morana, J. et Paché, G. (2003), “Quels indicateurs de gestion pour le projet logistique ? ”, *Revue Française de Gestion*, 6 (147), 185-198
- Morana, J. et Pinardi, G. (2003), “Elaboration d’un tableau de bord des coûts logistiques de distribution”, *Revue Française de Gestion Industrielle*, 22(4), 77-95
- Morin, E. (2014), *Introduction à la Pensée Complexe*, dernière édition, Editions du Seuil, Paris
- Movahedkhah, M. (2002), *Proposition d’un modèle générique de dynamique des systèmes pour la simulation de l’évolution des indicateurs de performance des industries alimentaires*, Thèse de doctorat, Ecole Centrale de Paris
- Moyaux, T., Chaib-Draa, B. et D’Amours, S. (2006), “Supply Chain Management and Multi-Agent Systems: An Overview”, *Studies in Computational Intelligence*, Springer-Verlag, 28, 1-27
- Mucchielli, R. (2006), *L’analyse de contenu des documents et des communications*, Edition Sociale Française, Paris
- Muzy, A. (2004). “*Elaboration de modèles déterministes pour la simulation de systèmes spatiaux complexes : application à la propagation des feux de forêt*”, Thèse de doctorat, Université de Corse-Pasquale Paoli, France

N

- Naslund, D. et Williamson, S. (2010) “What is Management in Supply Chain Management? - A Critical Review of Definitions, Frameworks and Terminology”, *Journal of Management Policy and Practice*, 11, 4, 11-28
- Neely, A., Gregory, M. et Platts, K. (2005), “Performance measurement system design: A literature review and research agenda”, *International Journal of Operations & Production Management*, 25(12), 1228-1263
- Neubert, G., Ouzrout, Y. et Bouras, A. (2004), “Collaboration and integration through information technologies in supply chains”, *International Journal of Technology Management*, 28(2), 259-273
- Neumann, J. V. (1966), *Theory of Self-Reproducing Automata*, University of Illinois Press, Champaign, Illinois, USA
- Nivoix, S. (2008), “L’aversion au risque : pourquoi est-ce si difficile à mesurer?”, *Management et Avenir*, 1(15), 65-78
- Nonaka, I. (1988), “Creating Organizational Order Out of Chaos : Self-Renewal in Japanese Firms”, *California Management Review*, 30(3), 57-73
- Nordin, F. (2006), “Identifying intra-organisational and inter-organisational alliance conflicts A longitudinal study of an alliance pilot project in the high technology industry”, *Industrial Marketing Management*, 35, 116-127

Nyaga, G. N., Whipple, J. M. et Lynch, D. F. (2010), "Examining supply chain relationships: Do buyer and supplier perspectives on collaborative relationships differ?", *Journal of Operations Management*, 28, 101-114

O-P

Ohno, T. (1988), *Toyota Production System: beyond large-scale production*, Productivity Press, New York.

Orlicky, J. (1975), *Material Requirements Planning: The New Way of Life in Production and Inventory Management*, McGraw-Hill, New York.

Pan, S. (2010), *Contribution à la définition et à l'évaluation de la mutualisation de chaînes logistiques pour réduire les émissions de CO₂ du transport : application au cas de la grande distribution*, Thèse de doctorat, Ecole des Mines de Paris, France

Park, S.H. et Ungson, G. R. (2001), "Interfirm rivalry and managerial complexity : A conceptual Framework off alliance failure", *Organisation Science*, 12(1), 37-53

Paulré, B. (2005), "Vers une théorie connexionniste de la firme La connaissance en analyse économique", *European Journal of Economic and Social Systems*, 18(1), 13-27

Pereira, J., Takahashi, K. et Ahumada, L. (2009), "Flexibility dimensions to control the bullwhip effect in a supply chain", *International Journal of Production Research*, 47(22), 6357-6374

Persson, F. et Araldi, M. (2007), "The development of a dynamic supply chain analysis tool Integration of SCOR and discrete event simulation", *International Journal of Production Economics*, 121, 574-583

Pesqueux Yvon, et Tyberghein Jean-Pierre, (2010), "L'école japonaise d'organisation", *Innovations*, 1(31), 11-31

Pierreval, H., Bruniaux, R. et Caux, C. (2007), "A continuous simulation approach for supply chains in the automotive industry", *Simulation Modeling Practice and Theory*, 15, 185-198

Etude PIPAME et CNAM (2009) *Logistique mutualisée : la filière "fruits et légumes" du Marché d'Intérêt National de Rungis*, Étude prospective (Pôle interministériel de prospective et d'anticipation des mutations économiques - PIPAME), Paris.

Plambeck, E. L. (2012), "Reducing greenhouse gas emissions through operations and supply chain management", *Energy Economics*, 34, 564-574

Prajogo, D. et Olhager, J. (2012), "Supply chain integration and performance: The effects of long-term relationships, information technology and sharing, and logistics integration", *International Journal of Production Economics*, 135, 514-522

Preuss, L. (2001), "In dirty chains? Purchasing and greener manufacturing", *Journal of Business Ethics*, 34(3-4), 345-359

Prosser, A. et Nickl, A. (1997), "The impact of EDI on interorganizational integration", *International Journal of Production Economics*, 52, 269-281

Proulx, S. (2002), "Trajectoires d'usages des technologies de communication : les formes d'appropriation d'une culture numérique comme enjeu d'une société du savoir", *Annales des télécommunications*, 57, 3-4, 180-189

Pupion, P. C. et E. Leroux, (2006), "Le mimétisme rationnel comme facteur d'adoption d'un ERP", *Systèmes d'Information Management*, 11(3), 37-66

Q- R

Quairel, F. et Ngaha, A. (2010), "Politiques achats durables de grandes entreprises : les déterminants, leur diffusion au sein du réseau des fournisseurs et sous traitants", *Rencontres Internationales de la Recherche en Logistique et Supply Chain Management*, Bordeaux, 2010

Queré, M. (2002), "Coopération ou coopérations : quels enjeux économiques ?", , In Soënen, R. et Perrin, J., *Coopération connaissance dans les systèmes industriels*, Lavoisier, Hermes Science, 33-50

Raghunathan, S. (1999), "Inter-organizational collaborative forecasting and replenishment systems and supply chain implications", *Decision science*, 30(4), 1053-1071

Ramanathan, U. (2013), "Performance of supply chain collaboration -A simulation study" *Expert Systems with Applications*, 41(1), 210-220

Ramanathan, U. et Muyldermans, L. (2010), "Identifying demand factors for promotional planning and forecasting : A case of a soft drink company in the UK", *International Journal of Production Economics*, 128(2), 538-545

Ramanathan, U., Gunasekaran, A. et Subramania, N. (2011), "Performance metrics for collaborative supply chain : A conceptual framework from case studies", *Benchmarking: An International Journal*, 18(6), 856-872

Riz, C. et B. Keita, (2005), *Chaîne logistiques consommation d'énergie*, rapport contrat INRETS/ADEME 0203034, juin

Roboam, M. (1993), *La méthode GRAI: principes, outils, démarche et pratique*, Teknéa, Toulouse

Rohde, J., Meyr, H. et Wagner, M. (2000), "Die Supply Chain Planning Matrix", *PPS Management*, 5 (1), 10-15

Roques P. (2006), *UML 2 par la pratique, Etudes de cas et exercices corrigés*, Eyrolles, Paris,

Rosic, H. et Jammerneegg, W. (2013), "The economic and environmental performance of dual sourcing : A newsvendor approach", *International Journal of Production Economics*, 143, 109-119

Rouibi, S. (2012), *Impact du partage d'informations et du vendor managed inventory sur la performance des chaînes logistiques*, Thèse de doctorat, Ecole Nationale Supérieure des Mines de Saint-Étienne, France

Roux-Rouquié, M. et Le Moigne, J L. (2002), "The systemic paradigm and its relevance to the modeling of biological functions", *Comptes Rendus Biologies*, 325 (4), Académies des sciences / Éditions scientifiques et médicales Elsevier, 419-430

Ryu, S-J., Tsukishima., T. et Onari, H. (2009), “A study on evaluation of demand information-sharing methods”, *International Journal of Production Economics*, 120, 182-189

S

Sahin, E., Buzacott, J. et Dallery, Y. (2008), “Analysis of a newsvendor which has errors in inventory data records”, *European Journal of Operational Research*, 188(2), 370-389

Sahin, E. et Dallery, Y. (2009), “Assessing the impact of inventory inaccuracies within a Newsvendor framework”, *European Journal of Operational Research*, Volume 197(3), 1108-1118

Salmon, K. (2011), “Pratiques de logistique collaborative : quelles opportunités pour les PME/ETI ?”, Rapport Pipame.

Sari, K. (2008), “On the benefits of CPFR and VMI : a comparative simulation study”, *International Journal of Production Economics*, 113 (2), 575–586

Sarkis, J., Zhu, Q. et Lai, K H. (2011), “An organizational theoretic review of green supply chain management literature”, *International Journal of Production Economics*, 130 (1), 42005

Scarf, H. (1959), “The optimality of (S,s) policies in the Dynamic Inventory Problem“, *Mathematical Methods in the Social Sciences*, Stanford University Press, Stanford, California,.

Schelling, T.C. (1971), “Dynamic models of segregation”, *The Journal of Mathematical Sociology*, 1(2), 143-186

Schmitt, A. J. , Snyder, L. V. et Shen, Z. J. M. (2010), “Inventory systems with stochastic demand and supply : Properties and approximations”, *European Journal of Operational Research*, 206(2), 313-328

Schmitt, A.J., Sun, S.A., Snyder, L.V., Shen, Z-J. M. (2014), “Centralization versus Decentralization: Risk Pooling, Risk Diversification, and Supply Chain Disruptions”, (June 17). Available at SSRN: <http://ssrn.com/abstract=1115392> or <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.1115392>

Schmitz, J. P. M., van Beek, D. A. et Rooda, (2002), “Chaos in discrete production systems?”, *Journal of Manufacturing Systems*, 21(3), 236–246

Seifbarghy, M. et Jokar, M. R. A. (2006), “Cost evaluation of a two-echelon inventory system with lost sales and approximately Poisson demand”, *International Journal of Production Economics*, 102, 244-54

Sekine, K. (1983), *Kanban: gestion de la production à stock zéro*, Editions Hommes et Techniques, Suresnes, France

Serdarasan, S. (2013). “A review of supply chain complexity drivers”, *Computers & Industrial Engineering*, 66(3), 533-540.

Seuring, S. (2011), “Supply chain management for sustainable products – insights from research applying mixed methodologies”, *Business Strategy and the Environment*, 20(7), 471-484

- Seuring, S. (2012), "A review of modeling approaches for sustainable supply chain management", *Decision Support System*, 54 (4), 1513-1520
- Seuring, S. et Müller, M. (2008), "From a literature review to a conceptual framework for sustainable supply chain management", *Journal of Cleaner Production*, 16, 1699-1710
- Shannon, C. E. (1948), "A mathematical theory of communication", *The Bell System Technical Journal*, 27, 379-423
- Shepherd, C. et Günter, H. (2006), "Measuring supply chain performance : current research and future directions", *International Journal of Productivity and Performance Management*, 55(3/4), 242-258
- Sherbrooke, CC. (1968), "M RIC : A multi-echelon technique for recoverable item control", *Operations Research*, 16, 122-141
- Shih, S C., Hsu, S H Y., Zhu, Z., Balasubram, S K. (2012), "Knowledge sharing A key role in the downstream supply chain", *Information & Management*, 49, 70-80
- Shingo, S. (1983), *Maîtrise de la production - Méthode Kanban - Le cas Toyota*, Les Editions Organisations, Paris.
- Shingo, S. (1989), *A Study of the Toyota Production System from an Industrial Engineering Viewpoint*, Productivity Press, New York.
- Simon, H. A. (1955), "A behavioral model of rational choice", *The Quarterly Journal of Economics*, 69(1), 99-118.
- Simon, H.A. (1974), "*Sciences des systèmes, sciences de l'artificiel*", EPI éditeurs, Paris.
- Smuts, J. C. (1973), *Holism and Evolution*, MacMillan. Compass/Viking Press, Greenwood Press, Westport, Connecticut.
- Sorenson, O. (2005), "Interorganizational Complexity and Computation", In Baum J A C (Ed), *The Blackwell Companion to Organizations*, Blackwell, Oxford, 664-685
- Sovorons, A. et P. Zipkin (1988). "Estimating the performance of multi-level inventory systems", *Operations Research*, 36 (1), 57-72.
- Srivastava, S. K. (2007), "Green supply-chain management: a state-of the art literature review", *International Journal of Management Reviews*, 9 (1), 53–80
- Stadtler, H. et Kilger, C. (2005), *Supply Chain Management and Advanced Planning*, Springer, Berlin.
- Strogatz, S. H. (2001), *Nonlinear Dynamics and Chaos*, Westview Press, Colorado
- Subramanya, K. N. et Sharma, S. C. (2008), "Simulation Modeling of Information Flow in a 3-stage efficient Supply Chain Network", *International Journal of Computer Science*, 8(11), 335-342
- Sugimori, Y., Kusunoki, F. et Cho, F. (1977), "Toyota production system and kanban system : Materialization of just-in-time and respect-for-human system" *International Journal of Production Research*, 15, 553-564
- Swaminathan, J. M., Smith, S.F., Sadeh N.M. (1997), "Modeling supply chain dynamics : A multi-agent approach", *Decision Sciences*, 29(3), 607–632

T

Takahashi, K., Nakamura, N. et Izumi, M. (1997), "Concurrent Ordering in JIT Production System", *International Journal of Operations Production Management*, 17(3), 267-290

Tako, A. A. et Robinson, S. (2012), "The application of discrete event simulation and system dynamics in the logistics and supply chain context", *Decision Support Systems*, 52, 802-815

Tan, T., Gullu, R. et Erkip, N. (2007), "Modeling imperfect advance demand information and analysis of optimal inventory policies", *European Journal of Operational Research*, 177(2), 897-923

Tapiero, C.S. (2005e). "Value at risk and inventory control", *European Journal of Operational Research*, 163, 769-775

Tapiero, C.S. et Grando, A. (2006), "Supplies Risk and Inventory Outsourcing", *Production Planning and Control*, 17, 534-539.

Taratynava, N. (2009) *Modélisation par la théorie des jeux des échanges de prévisions dans un réseau d'entreprises*, Thèse de Doctorat, École Nationale Supérieure des Mines de Saint-Étienne

Taskin Gumus, A. (2007), *Analysis of demand and lead time sensitive multi-echelon inventory decisions and an industrial application*, Dissertation, Yildiz Technical University Department of Industrial Engineering, Turkey

Taskin Gumus, A. et Guneri, A.F. (2009), "A multi-echelon inventory management framework for stochastic and fuzzy supply chains", *Expert Systems with Applications*, 36, 5565-5575

Taskin Gumus, A. et Guneri, A. F. (2007), "Multi-echelon inventory management in supply chains with uncertain demand and lead times : Literature review from an operational research perspective", *Journal of Engineering Manufacturing*, 221(10), 1553-1570

Taskin Gumus, A., Guneri, A. F. et Ulengin, F. (2010), "A new methodology for multi-echelon inventory management in stochastic and neuro-fuzzy environments", *International Journal of Production Economics*, 128, 248-260

Terssac, G D. et Maggi, B. (1996), "Autonomie conception", In Terssac, G. et E Friedberg, E. *Coopération Conception*, Octares Editions, 243-266

Thiel, D. (1996), "Analysis of the behaviour of production systems using continuous simulation", *International Journal of Production Research*, 34 (11), 3227-3251

Thierry C., Thomas A. et Bel, G. (2008a), *Simulation pour la gestion des chaînes logistiques*, Hermès Science, Londres.

Thierry, C., Thomas, A., et Bel, G. (2008), *Simulation for Supply Chain Management*, ISTE Ltd and John Wiley & Sons, New York.

Thiétart, R A. (2000), "Management complexité : Concepts théories", *Cahier du Centre de Recherche DSMP*, Université de Dauphine Paris, 282, 1-23

Thiétart, R A. et al. (2007), *Méthodes de Recherche en Management*, Dunod, Paris

- Thiétart, R. A. et Forgues, B. (2006), “La dialectique de l’ordre du chaos dans les organisations”, *Revue Française de Gestion*, 1(160), 47-66
- Thonemann, U. W. (2002), “Improving supply-chain performance by sharing advance demand information”, *European Journal of Operational Research*, 142, 81-107
- Tijds, S., Meca, A. et Lopez, A. (2005), “Benefit sharing in holding situations”, *European Journal of Operational Research*, 162, 251-269
- Tounsi, J. (2009), *Modélisation pour la simulation de la chaîne logistique globale dans un environnement de production PME mécatroniques*, Thèse de doctorat, Université de Savoie, France.
- Tseng, T. L. et Huang, C. C. (2007), “Rough set-based approach to feature selection in customer relationship management”, *Omega*, 35, 365-383
- Tyan, W. et Du, H. (2003), “An evaluation of freight consolidation policies in global third party logistics”, *Omega*, 31(1), 55-62

U-V

- Ulam, S. (1962), *On some Mathematical Properties Connected with Patterns of Growth of Figures*, In : Society, American Mathematical, Symposia on Applied Mathematics, MIT Press, Massachusetts
- Vachon, S. et Klassen, R. D. (2008), “Environmental management and manufacturing performance: The role of collaboration in the supply chain”, *International Journal of Production Economics*, 111, 299-315,
- Vallet-Bellmunt, T., Martínez-Fernández, M.T. et Capó-Vicedo, J. (2011), “Supply chain management: A multidisciplinary content analysis of vertical relations between companies”, 1997–2006, *Industrial Marketing Management*, 40, 1347–1367
- Van Gigch, J. P. (1974), *Applied general systems theory*, Edition Harper & Row, New York
- Van Gigch, J.P. (1979), “A methodological comparison of the science, systems and metasystem paradigm”, *International Journal Man-Machines Studies*, 11, 651-663
- Venkat, K. (2007), *Analyzing and optimizing the environmental performance of supply chains*, In: *ACCÉE Summer Study on Energy Efficiency in Industry White Plains*, New York.
- VICS (2004), “Collaborative planning, forecasting and replenishment (CPFR)”, Available from: http://www.vics.org/standards/CPFR_Overview_US-A4.pdf
- Vollmann, T., Berry, W. et Whybark, D. (1992), *Manufacturing Planning and Control Systems*, Irwin, USA
- Von Bertalanffy, L. (1968), “General System Theory : Foundations, Development, Applications”, In : Braziller, G. , New York
- Von Bertalanffy, L. (1991), “Théorie générale des systèmes“, Dunod, Paris
- Von Foerster, H. (1958), *Basic Concepts of Homeostasis*. In : Upton, Homeostatic Mechanisms

Von Foerster, H. (1960), *On Self-Organizing Systems and their Environment*, In Yovits, MC., Cameron, S., *Self Organizing Systems*, Pergamon Press, London, 31–50

Von Foerster, H. (1974), “*Cybernetics of cybernetics*“, Urbana Illinois: University of Illinois.

Von Neumann, J. (1966), *The Theory of Self-Reproducing Automata*. Urbana: University of Illinois Press

W

Wadhwa, S., Mishra., M. et Felix, T. (2010), “Effects of information transparency and cooperation on supply chain performance: a simulation study”, *International Journal of Production Research*, 48(1), 145–166

Wagner, S. M. et Essig, M. (2006), “Electronic procurement applications and their impact on supplier relationship management”, *International Journal of Services Technology and Management*, 7(5/6), 439-462.

Wahab, M. I. M. Mamun, S. M. H. et Ongkunaruk, P. (2011), “EOQ models for a coordinated two-level international supply chain considering imperfect items and environmental impact”, *International Journal of Production Economics*, 134, 151-158

Walliser, B. (1977), *Systèmes et modèles, introduction à l'analyse de systèmes*, Editions du Seuil, Paris.

Watkiss, P. (2005), “The Validity of Food Miles as an Indicator of Sustainable Development”, Department for Environment, Food and Rural Affairs DEFRA, Angleterre.

Watzlawick, P. (1988), *L'invention de la réalité*, Seuil, Paris, 19-43.

Weiss, P. A. (1971), *Hierarchically organized systems in theory and practice*, Haffner Pub. Cy, New York.

Welker, G. A., Vaart, T. V. D., et van Donk, (2008), “The influence of business conditions on supply chain information sharing mechanisms : A study among supply chain links of SMEs”, *International Journal of Production Economics*, 113(2), 706-720

Wiener, N. (1948), *Cybernetics, or Control and Communication in the Animal and the Machine*, MIT Press, Boston.

Wight, O. (1974), *Production and Inventory Management in the computer age*, Van Nostrand Reinhold company, New York

Wight, O. (1984), *Réussir sa gestion industrielle par la méthode MRP 2*, Editions de L'Usine Nouvelle, Paris.

Wilensky, U., (1999), *NetLogo*, <http://ccl.northwestern.edu/netlogo/>Center for Connected Learning and Computer-Based Modeling, Northwestern University, Evanston, IL.

Williams, T. (2002), *Modelling Complex Projects*, John Wiley & Sons, Manhattan

Williamson, O E. (1981b), “The economics of organization: The transaction cost approach “, *American Journal of Sociology*, 87, 548-77

- Williamson, O. E. (1979), "Transaction-Cost Economics : The Governance of Contractual Relations", *Journal of Law and Economics*, 22, 233-261
- Wilson, R. (1934), "A scientific routine for stock control", *Harvard Business Review*, 13, 116-128
- Wooldridge, M. et Jennings, N. R. (1995), "Intelligent agents: Theory and practice", *The Knowledge Engineering Review*, 10(2), 115–152
- Wright, D. et Yuan, X. (2008) "Mitigating the bullwhip effect by ordering policies and forecasting methods", *International Journal of Production Economics*, 113, 587–597
- Wu, Y. et Zhang, D. Z. (2006), "Demand fluctuation and chaotic behaviour by interaction between customers and suppliers", *International Journal of Production Economics*, 107, 250–259
- Wu, Y.N. et Cheng, E.T.C. (2008), "The impact of information sharing in a multiple-echelon", *International Journal of Production Economics*, 115, 1-11

X-Y

- Xiao, T. et Xu, T. (2013), "Coordinating price and service level decisions for a supply chain with deteriorating item under vendor managed inventory", *International Journal of Production Economics*, 145(2), 743-752
- Xiao, T. et Yang, D. (2009), "Risk sharing and information revelation mechanism of a one-manufacturer and one-retailer supply chain facing an integrated competitor", *European Journal of Operational Research*, 196, 1076–1085
- Yan, R. et Wang, K. Y. (2012), "Franchisor–franchisee supply chain cooperation : Sharing of demand forecast information in high-tech industries", *Industrial Marketing Management*, 41 (7), 1164-1173
- Yanfeng, O. (2007), "Production, Manufacturing and Logistics: The effect of information sharing on supply chain stability and the bullwhip effect", *European Journal of Operational Research*, 182, 1107–1121
- Yang, H., Sun, L., Ji, P., Feng, L. (2010), "The evolutionary complexity of complex adaptive supply networks: A simulation and case study", *International Journal of Production Economics*, 124, 310-330
- Yang, J. (2009), "The determinants of supply chain alliance performance: an empirical study", *International Journal of Production Research*, 47(4), 1055-1069
- Yang, J., Wang, J., Wong, C W Y. et Lai, K. (2008), "Relational stability and alliance performance in supply chain", *Omega*, 36, 600 -608
- Yao, K, Liu, C. (2006), " An integrated approach for measuring supply chain performance", *Journal of Modern Accounting and Auditing*, 2 (10), 17-22
- Ye, F. et Wang, Z. (2013), "Effects of information technology alignment and information sharing on supply chain operational performance", *Computers & Industrial Engineering*, 65, 370–377

Yoo, T., Cho, H. et Yücesan, E. (2010), “Hybrid algorithm for discrete event simulation based supply chain optimization”, *Expert Systems with Applications*, 37, 2354–2361

Z

Zeigler, B. P., Praehofer, H. et Kim, T. G. (2000), *Theory of modeling and simulation: Integrating discrete event and continuous complex dynamic systems*, Academic Press

Zhang, Y. et Huang, J. H. (2014), “Cost-based pricing model with value-added tax and corporate income tax for a supply chain network”, *Applied Mathematical Modeling*, 38, 168-180

Zhao, L. et Peng, Z-R. (2012), “LandSys: an agent-based Cellular Automata model of land use change developed for transportation analysis”, *Journal of Transport Geography*, 25, 35-49

Zhao, Q., Chen, S., Leung, SCH. et Lai, KK. (2010), “Integration of inventory and transportation decisions in a logistics system”, *Transport Research E Logistic Transport Review*, 46(6), 913–925

Zhao, QH., Wang, SY., Lai, KK. et Xia, GP. (2004), “Model and algorithm of an inventory problem with the consideration of transportation cost”, *Computers Industrial Engineering*, 46, 389-397

Zhao, X. et Xie, J. (2002), “Forecasting errors and the value of information sharing in a supply chain”, *International Journal of Production Research*, 40(2), 311-335

Zhao, Y. (2002), *The Impact of Information Sharing on Supply Chain Performance*, Northwestern University, Evanston, Illinois

Zhu, K. et Thonemann, U W. (2004), “Modeling the Benefits of Sharing Future Demand Information”, *Operations Research*, 52(1), 136-147

TITRE EN FRANCAIS: Modélisation multi-agents de la coopération au sein des chaînes logistiques à deux échelons : application à la distribution de produits pharmaceutiques au Maroc.

RESUME. Cette thèse sur travaux composée de deux articles, s'intéresse aux chaînes logistiques à deux échelons comportant un fournisseur en situation de monopole et de N clients dont les demandes pour un même produit sont corrélées. Le premier article à portée théorique, étudie l'impact simultané des coopérations verticale et horizontale sur la performance globale et la stabilité de la chaîne. Il propose une modélisation multi-agents individu-centrée afin d'étudier l'impact sur la performance de la diversité des comportements des clients face au risque et de leurs règles d'interaction dans le cadre d'une possible distorsion de l'information échangée. Le second article s'intéresse plus particulièrement à la distribution pharmaceutique et étudie l'influence de la coopération entre grossistes-répartiteurs socialement responsables et leur laboratoire fournisseur pour réduire les surstocks et les gaspillages. Plus généralement, cette thèse a permis de montrer l'intérêt d'une approche connexionniste de chaînes logistiques complexes avec agents hétérogènes s'échangeant de l'information.

TITRE EN ANGLAIS: Multi-agents modeling of Cooperation in Two- Level Supply Chain: Application to Pharmaceutical Distribution in Morocco

SUMMARY:

This thesis is composed by two papers focusing on two-level supply chains with a monopoly supplier and N clients whose demands for the same products are correlated. The first paper studies the simultaneous impact of vertical and horizontal cooperation on the overall performance and the stability of the chain. It proposes an individual-centered multi-agents approach for studying the impact on performance of different kinds of customer behaviors associated with overstock risk and their interaction rules under possible distortion of the exchanged information. The second paper deals with pharmaceutical distribution and studies the influence of the cooperation between wholesale distributors and a unique supplier to reduce overstocks and wastes. More generally, this thesis has shown the relevance of a connectionist approach of complex supply chains with heterogeneous agents exchanging information.

DISCIPLINE : Sciences de Gestion

MOTS CLES : Systèmes multiagents, management des chaînes logistiques à deux échelons, partage d'information sur la demande, alliance, centralisation vs décentralisation de la décision, distribution de produits pharmaceutiques, Maroc.

INTITULE ET ADRESSE DE L'UFR OU DU LABORATOIRE: : Université de Paris 13, CEPN
UMR CNRS 7234, UFR Sciences Economiques et de Gestion, 99 Av. Jean Baptiste Clément.
94230 Villetaneuse