

Optimisation et planification de l'approvisionnement en présence du risque de rupture des fournisseurs

Faiza Hamdi

► To cite this version:

Faiza Hamdi. Optimisation et planification de l'approvisionnement en présence du risque de rupture des fournisseurs. Gestion et management. Ecole des Mines d'Albi-Carmaux, 2017. Français. NNT : 2017EMAC0002 . tel-01561072

HAL Id: tel-01561072

<https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-01561072>

Submitted on 12 Jul 2017

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

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



THÈSE

En vue de l'obtention du

DOCTORAT DE L'UNIVERSITÉ DE TOULOUSE

Délivré par :

IMT - École Nationale Supérieure des Mines d'Albi-Carmaux

Cotutelle internationale avec la
"Faculté des sciences économiques et de gestion" de l'Université de Sfax (Tunisie)

Présentée et soutenue par :

Faiza HAMDİ

le jeudi 2 mars 2017

Titre :

Optimisation et planification de l'approvisionnement en
présence du risque de rupture des fournisseurs

École doctorale et discipline ou spécialité :

EDSYS : Génie Industriel 4200046

Unité de recherche :

Centre Génie Industriel, École des Mines d'Albi-Carmaux

Directeur/trice(s) de Thèse :

Lionel DUPONT
Faouzi MASMOUDI

Jury :

Mme Diala DHOUB, Maître de conférence, Université de Sfax, Président
M. Claude YUGMA, Professeur, École des Mines de Saint-Etienne, Rapporteur
M. Adbelaziz DAMMAK, Professeur, Université de Sfax, Rapporteur
M. François MARMIER, Maître assistant, École des Mines d'Albi-Carmaux, Examinateur
M. Faouzi MASMOUDI, Professeur, Université de Sfax, Co-directeur
M. Lionel DUPONT, Professeur, École des Mines d'Albi-Carmaux, Directeur

Dédicace

À MES CHERS PARENTS

En témoignant de ma grande affection et ma vive reconnaissance, pour tout ce que vous avez fait pour mon Bonheur et ma réussite. Que dieu vous préserve bonne santé et longue vie. Nulle dédicace ne peut exprimer ce que je vous dois pour vos encouragements et vos Sacrifices.

À MES FRERES ET MES SOEURS

En témoignage de l'attachement, de l'amour et de L'affection que je porte pour vous. Je vous dédie ce travail avec tous mes vœux de bonheur, santé et de réussite.

À TOUS MES AMIS

Pour leur soutien moral avec tous mes souhaits de bonheur et de santé.

Remerciements

En préambule à cette thèse, je souhaite adresser mes remerciements les plus sincères aux personnes qui m'ont apporté leur aide et qui ont contribué à l'élaboration de ce travail.

Je tiens tout d'abord à exprimer mes remerciements les plus vifs au Pr. Faouzi MASMOUDI et au Pr. Lionel DUPONT, mes directeurs de thèse, pour leurs conseils prodigués, leurs patiences et leurs persévérances dans le suivi.

Je remercie également Mr Ahmed GHORBEL pour ses idées et l'effort accompli tout au long de développement de ce travail de recherche. Mes remerciements s'adressent aussi aux membres de jury qui ont accepté d'évaluer ce modeste travail.

J'adresse également mes remerciements, à tous les membres de : l'unité de LOGIQ de l'ISGI Sfax, Centre GI de l'EMAC d'Albi-Carmaux, MODILS de FSEG Sfax et U2MP de l'ENI Sfax qui m'ont accueilli durant ces années, l'ambiance chaleureuse est propice au travail efficace.

Sommaire

LISTE DES TABLEAUX.....	6
LISTE DES FIGURES.....	8
INTRODUCTION GÉNÉRALE.....	9
CHAPITRE 1. CONCEPTS FONDAMENTAUX DE CHAÎNE LOGISTIQUE ET DE GESTION DU RISQUE	12
INTRODUCTION.....	13
1.1. Historique de la chaîne logistique	13
1.2. Définitions de la chaîne logistique.....	14
2. GESTION DE LA CHAÎNE LOGISTIQUE	16
3. STRUCTURE DE LA CHAÎNE LOGISTIQUE.....	17
4. FONCTIONS DE LA CHAÎNE LOGISTIQUE	18
4.1. Les flux de la chaîne logistique	18
4.2. LA PHASE D'APPROVISIONNEMENT DANS LA CHAÎNE LOGISTIQUE	20
5. GESTION DU RISQUE DE LA CHAÎNE LOGISTIQUE.....	21
5.1 . Présentation et mise en perspective des concepts utilisés.....	21
5.2. Types des risques de la chaîne logistique	23
7.1. La Méthode Delphi.....	28
7.2. Le Brainstorming.....	28
7.3. Le FMEA (Failure Mode and Effect Analysis).....	28
7.4. La cartographie de Flux.....	28
7.5. La cartographie de la Supply Chain	28
7.6. L'analyse des chemins critiques.....	28
7.7. L'identification des Contraintes.....	28
7.8. Le scénario planning.....	29
7.9. Le Diagramme de cause à effet (Diagramme Ishikawa).....	29
7.10. Check List.....	29
7.11. Business Process Reengineering.....	29
7.12. Arbre de défaillance (Arbre de Faute).....	29
7.13. HAZOP	29
7.14. Stress testing.....	30
7.15. Technique de QQOCCP (Quoi, Qui, Où, Quand, Comment, Pourquoi).....	30
CHAPITRE 2. SÉLECTION DES FOURNISSEURS DANS UN CONTEXTE DE GESTION DU RISQUE : REVUE DE LITTÉRATURE.....	32
INTRODUCTION.....	33
1. MÉTHODOLOGIE DE RECHERCHE	36
2. RISQUE DES FOURNISSEURS	38
3. CLASSIFICATION SELON LES CARACTÉRISTIQUES DU PROBLÈME DE SÉLECTION DES FOURNISSEURS DANS UN CONTEXTE DE GESTION DU RISQUE	40

3.1.	<i>Objectifs de processus d'approvisionnement dans un univers incertain</i>	40
3.2.	<i>Typologie de sélection</i>	40
3.3.	<i>Typologie par localisation géographique</i>	42
3.4.	<i>Typologie du comportement de décideur</i>	43
3.5.	<i>Typologie des techniques de mesure du risque</i>	44
4.	CATÉGORIE DE SÉLECTION	46
5.	UN APERÇU DES TECHNIQUES UTILISÉES	52
5.1.	<i>Approches qualitatives</i>	52
5.1.1.	<i>Processus d'analyse hiérarchique : AHP</i>	52
5.1.2.	<i>L'arbre de décision</i>	53
5.1.3.	<i>La théorie de jeux</i>	53
6.	APPROCHES QUANTITATIVE	57
6.1.	<i>Programmation mathématique</i>	57
6.2.	<i>Programme stochastique</i>	57
6.3.	<i>Programme linéaire</i>	58
6.4.	<i>Programme non linéaire</i>	59
6.5.	<i>Programme non linéaire en nombre entier mixte</i>	59
6.6.	<i>Programme linéaire en nombre entier mixte</i>	60
6.7.	<i>Programme multi objectifs</i>	62
6.8.	<i>Heuristique</i>	63
6.9.	<i>Modèles analytiques</i>	65
6.10.	<i>Autres approches quantitatives</i>	65
7.	AUTRES APPROCHES	66
7.1.	<i>Les approches de simulation</i>	66
7.2.	<i>Les approches combinés</i>	66
7.3.	<i>Approche d'intelligence artificielle</i>	68
8.	CLASSIFICATION PAR ANNÉE	71
9.	ANALYSES ET RECOMMANDATIONS	72
	CHAPITRE 3. TECHNIQUES DE MESURE DU RISQUE	75
	INTRODUCTION	76
1.	HISTORIQUE DES TECHNIQUES STATISTIQUES DE MESURE DE RISQUE	76
2.	LA VALEUR EN RISQUE	77
2.1.	<i>Présentation</i>	77
2.2.	<i>Les champs d'application de la VaR</i>	78
2.3.	<i>Définition mathématique</i>	78
2.4.	<i>Les paramètres de la VaR</i>	79
2.5.	<i>Les méthodes de calcul de la VaR</i>	80
2.6.	<i>Avantages de la VaR</i>	83
2.7.	<i>Inconvénients de VaR</i>	83
	<i>Faiblesse de la VaR selon Artzener et al. (1999)</i>	84
3.	AUTRE TECHNIQUE DE MESURE DU RISQUE	84
3.1.	<i>La valeur en risque conditionnelle (CVaR)</i>	84
3.2.	<i>Avantages de CVaR</i>	85

3.3. <i>Inconvénients de CVaR</i>	85
4. COMPARAISON ENTRE LA VAR ET LA CVAR.....	86
CHAPITRE 4. SÉLECTION DES FOURNISSEURS ET ALLOCATION DES ORDRES EN PRÉSENCE DE RISQUE DE NON LIVRAISON.....	88
INTRODUCTION.....	89
1. CENTRALE D'ACHAT	90
3. HYPOTHÈSES DU MODÈLE.....	94
3.1 <i>Fournisseurs</i>	94
3.2 <i>La centrale d'achat</i>	94
3.3 <i>Client</i>	95
4. EXEMPLE ILLUSTRATIF	95
5.2 <i>Solution de l'exemple illustratif</i>	99
6. MODÈLE STOCHASTIQUE	100
6.1. <i>Modélisation des contraintes</i>	101
6.2. <i>Formulation</i>	101
6.3. <i>Maximisation de profit</i>	103
6.4. <i>Modèle de minimisation de perte</i>	104
6.5. <i>Détermination de la courbe « profit versus perte »</i>	105
6.6. <i>Résolution de l'exemple</i>	106
6.7. <i>Obtention de la solution</i>	108
7. PROFIT NET ET PROFIT BRUT	108
8. INFLUENCE DU RISQUE DE RUPTURE SUR LA COURBE.....	110
9. SUR-ACHAT ET SOLDES VERSUS ATTÉNUATION DES RISQUES.....	112
CONCLUSION.....	113
CHAPITRE 5. MODÈLES STOCHASTIQUES BASÉ SUR L'ANALYSE DES SCÉNARIOS DE RUPTURE POUR LE PROBLÈME DE SÉLECTION DES FOURNISSEURS ET ALLOCATION DES ORDRES VIA L'INTÉGRATION DES TECHNIQUES DE VAR ET CVAR	114
INTRODUCTION.....	115
1. DESCRIPTION DU PROBLÈME.....	115
2. PRÉSENTATION DU MODÈLE DÉTERMINISTE.....	117
3. PRÉSENTATION DES DONNÉES	120
4. MODÈLES STOCHASTIQUES.....	123
5. PRÉSENTATION DES DONNÉES	125
6. RISQUE DE RUPTURE LOCALE ET GLOBALE	131
CONCLUSION.....	134
CONCLUSION GÉNÉRALE	135

Liste des tableaux

<i>Tableau 1-1 : Différentes classifications des risques</i>	24
<i>Tableau 2-1 : Typologie de sélection de source d'approvisionnement</i>	41
<i>Tableau 2-2 : Classification par localisation géographique</i>	43
<i>Tableau 2-3 : Typologies de comportement de décideur</i>	44
<i>Tableau 2-4 : Classification de technique de mesure de risque</i>	45
<i>Tableau 2-5 : Classification des travaux par approche</i>	47
<i>Tableau 2-6 : Distribution des recherches suivant les approches utilisées</i>	55
<i>Tableau 2-7 : avantages et inconvénients des approches</i>	69
<i>Tableau 3-1 : Niveau de confiance et ces valeurs critiques</i>	82
<i>Tableau 3-2 : Récapitulatif des différentes méthodes de calcul de VaR</i>	82
<i>Tableau 4-1 : les paramètres des fournisseurs</i>	91
<i>Tableau 4-2 : espérance de profit pour chaque solution</i>	92
<i>Tableau 4-3 : les solutions possibles</i>	93
<i>Tableau 4-4 : les solutions dominantes</i>	93
<i>Tableau 4-5: Paramètres des fournisseurs</i>	96
<i>Tableau 4-6: Paramètres des clients</i>	96
<i>Tableau 4-7 : Coût d'acquisition</i>	96
<i>Tableau 4-8 : Les quantités commandées</i>	99
<i>Tableau 4-9 : Quantités commandées au fournisseur i pour le client j</i>	104
<i>Tableau 4-10 : Quantités commandées au fournisseur i pour le client j</i>	104
<i>Tableau 4-11 : Variation de probabilité de rupture</i>	111
<i>Tableau 5-1: Les paramètres des clients avec ces différents produits</i>	120
<i>Tableau 5-2 : Coût de transport pour chaque produit du fournisseur i au client j</i>	121
<i>Tableau 5-3. Capacité de chaque fournisseur, les coûts des transactions et le prix d'achat</i>	121
<i>Tableau 5-4. Les tranches de discount</i>	121
<i>Tableau 5-5. Le taux de discount par tranche pour chaque produit</i>	121
<i>Tableau 5-6 . La quantité commandée de chaque client pour chaque produit aux différents fournisseurs</i>	122
<i>Tableau 5-7 : Solution optimale pour le modèle 1 :</i>	125
<i>Tableau 5-8 . Solutions des valeurs de : VaR, CVaR et E(X) en fonction de niveau de confiance.</i>	127
<i>Tableau 5-9: Allocation des ordres avec le niveau de confiance $\alpha=0.5$</i>	129
<i>Tableau 5-10 : Allocation des ordres avec le niveau de confiance $\alpha=0.75$</i>	129
<i>Tableau 5-11. Allocation des ordres avec le niveau de confiance $\alpha = 0.9$</i>	129
<i>Tableau 5-12 : Allocation des ordres avec le niveau de confiance $\alpha = 0.95$</i>	130
<i>Tableau 5-13 : Allocation des ordres avec le niveau de confiance $\alpha = 0.99$</i>	130
<i>Tableau 5-14 : Allocation des ordres avec le niveau de confiance $\alpha = 0.99$</i>	130

<i>Tableau 5-15 : Allocation des ordres pour le cas de minimisation de l'espérance du coût en présence de rupture locale et globale.....</i>	<i>131</i>
<i>Tableau 5-16: Risque de rupture locale et globale.....</i>	<i>131</i>
<i>Tableau 5-17 : Allocation des ordres avec le niveau de confiance $\alpha = 0.5$</i>	<i>132</i>
<i>Tableau 5-18 : Allocation des ordres avec le niveau de confiance $\alpha = 0.75$</i>	<i>132</i>
<i>Tableau 5-19 : Allocation des ordres avec le niveau de confiance $\alpha = 0.9$</i>	<i>132</i>
<i>Tableau 5-20 : Allocation des ordres avec le niveau de confiance $\alpha = 0.95$</i>	<i>133</i>
<i>Tableau 5-21 : Allocation des ordres avec le niveau de confiance $\alpha = 0.99$</i>	<i>133</i>
<i>Tableau 5-22 : Allocation des ordres avec le niveau de confiance $\alpha = 0.995$</i>	<i>133</i>

Liste des figures

<i>Figure 1-1. Exemple d'une chaîne logistique – l'agroalimentaire Lauras, (2004)</i>	16
<i>Figure 1-2 : Structure de la chaîne logistique</i>	18
<i>Figure 1-3: Flux de la chaîne logistique Dominique, (2003)</i>	19
<i>Figure 1-4 : Processus de gestion du risque</i>	26
<i>Figure 2-1 : Méthodologie de recherche pour cette revue de la littérature</i>	37
<i>Figure 2-2 : Classification par risque</i>	39
<i>Figure 2-3 : Classification des approches de sélection des fournisseurs</i>	46
<i>Figure 2-4 : Histogramme de différentes techniques</i>	70
<i>Figure 3-1 : Fonction de densité des pertes et profits d'horizon 3 mois de portefeuille</i>	79
<i>Figure 3-2 : Méthodes classiques de calcul de valeur en risque</i>	80
<i>Figure 3-3: Présentation de VaR, VaR Deviation, CVaR, CVaR Deviation, Max Loss, et Max Loss Deviation.</i>	87
<i>Figure 4-1 : Distribution des profits vs pertes moyenne</i>	107
<i>Figure 4-2 : Effet de variation de marge sur le profit et perte</i>	109
<i>Figure 4-3 : Effet de variation de risque de rupture</i>	111
<i>Figure 4-4 : Effet de variation de taux de solde</i>	113
<i>Figure 5-1 : Prix d'achat fixé par le fournisseur i et le moyen du coût de transport pour chaque produit</i>	126
<i>Figure 5-2 : Le niveau de la demande pour chaque produit du chaque client</i>	126
<i>Figure 5-3: Coût par scénario</i>	126
<i>Figure 5-4 : Distribution des valeurs de $E(X)$, VaR et CVaR</i>	128

Introduction générale

Le contexte industriel a été profondément modifié ces dernières décennies. Les entreprises se recentrent sur ce qui est leur cœur de compétences et conservent les éléments clés de leur chaîne de valeur et externalisent, sous traitent ou délocalisent les autres fonctions. Cependant, l'essor économique des pays émergents a largement favorisé ces délocalisations et le recours à des fournisseurs implantés dans les pays à faible coût de main d'œuvre. Rappelons que les « pays émergents » sont des pays avec un faible PIB par habitant mais qui connaissent une croissance économique rapide. La globalisation de la chaîne logistique est devenue un phénomène irréversible de nos jours. Elle se caractérise par une grande complexité qui mène à l'apparition de nouveaux intervenants, des chaînes logistiques plus longues, des décalages organisationnels contextuels et culturels entre les membres. La multiplicité des acteurs et des partenaires est une des facettes de l'apparition de ce phénomène.

Dans ces conditions, les chaînes logistiques sont devenues de plus en plus complexes, un tel accroissement de la complexité de la chaîne logistique rend les différents maillons plus exposés à de multiples risques. Ces risques ont pour origine, non seulement l'environnement extérieur ou l'organisation interne de chaque acteur, mais sont liés aussi aux interactions entre les divers acteurs de la chaîne logistique (Juttner et al. 2003). Ces risques peuvent être de diverses formes : rupture, retard de livraison, indisponibilité des moyens de transport, variabilité de la demande, crise économique, etc.

Nous nous intéressons ici aux risques de ruptures d'approvisionnement et plus spécifiquement à leur prise en compte lors de la sélection des fournisseurs. La phase d'approvisionnement constitue aujourd'hui un véritable enjeu stratégique pour l'entreprise, quelle que soit sa taille et son secteur de production. L'approvisionnement constitue l'un des principaux facteurs de coûts dans les chaînes logistiques. Degraeve et al. (2000) affirment que *Cockerill Sambre*, un fabricant d'acier belge, dépense environ 0,6 milliard de £ par an (plus de 70% du coût total) pour s'approvisionner. Pour l'industrie automobile, aux États-Unis, le coût des composants et des pièces provenant des fournisseurs extérieurs peut dépasser 50% du chiffre d'affaires, Wadhwa & Ravindran (2007). Cela reflète l'importance des processus d'approvisionnement au niveau de l'entreprise. Faute de matières en entrée, les productions planifiées vont devenir difficiles à être réalisées à temps, au mieux ces retards ou reports vont ternir la réputation de l'entreprise.

Au pire, ils rendront impossible de satisfaire les besoins clients, et entraîneront de lourdes pertes financières.

Le Tsunami au Japon en 2011 est un bon exemple de cette réalité. Après son passage, la production automobile de plusieurs constructeurs japonais a baissé de plus de 60%, suite aux problèmes d'approvisionnement en matières premières telles que les pièces et les composants. L'inondation de 2011 en Thaïlande qui a causé des dommages graves aux entrepôts des fournisseurs de disques durs, constitue un autre exemple. Cela montre l'effet d'une perturbation sur l'approvisionnement dans la chaîne logistique. Les fournisseurs étaient incapables de satisfaire les commandes de leurs clients et incapables même de s'approvisionner auprès d'autres fabricants de PC. Cette situation a abouti au blocage complet de la chaîne logistique globale.

Sur le plan pratique, les exemples de rupture d'approvisionnement sont multiples. Ils montrent tous des impacts graves sur la circulation des flux dans la chaîne logistique. Gérer le risque fournisseurs permet à l'entreprise de garantir aussi le niveau de qualité exigé des produits finis. L'arrivée des commandes au bon moment et au bon endroit permet une intégration directe et rapide en production, sans création de stocks pléthoriques et sans arrêt du processus de production.

La rupture d'approvisionnement fait à l'heure actuelle l'objet de fortes préoccupations, que l'on retrouve dans les travaux de recherches scientifiques et académiques. Les travaux de recherches présentés dans cette thèse abordent le problème de sélection des fournisseurs et d'allocations des commandes dans un contexte de gestion du risque de rupture. L'objectif principal de cette thèse est de quantifier l'effet de rupture des fournisseurs et de non livraison des commandes allouées sur les valeurs des profits espérées et les valeurs des coûts espérées.

Notre travail de recherche est découpé en cinq chapitres :

Le premier chapitre est dédié à la présentation des concepts fondamentaux de la chaîne logistique : historique et concepts de base. Puis une deuxième partie porte sur la gestion de la chaîne logistique et les différents flux. Dans la troisième partie, l'intérêt se porte sur la gestion du risque dans la chaîne logistique. Nous verrons la classification des risques, les processus de gestion du risque et les différentes méthodes de traitement de ce problème proposées dans la littérature. Dans la dernière partie nous présenterons les motivations.

Le chapitre 2, présente l'état de l'art détaillé sur les travaux de recherches dédiés au problème de sélection des fournisseurs dans un contexte de gestion du risque. Dans une première partie, nous traitons la méthodologie de recherche retenue pour sélectionner les travaux concernés.

Dans une deuxième partie, nous présentons les caractéristiques générales du problème traité et en troisième partie, nous classons les travaux proposés dans la littérature. Enfin nous donnerons quelques recommandations et des pistes d'analyses.

Le chapitre 3 détaille certains concepts théoriques utilisés dans le domaine de la gestion du risque et plus précisément la valeur en risque et la valeur en risque conditionnel. Dans une première partie, nous ferons une rapide évolution historique des techniques de mesure du risque au cours du temps. Une deuxième partie sera consacrée à la technique de VaR et les différentes méthodes de calcul de cette technique. Dans la troisième partie, nous traiterons la technique de CVaR. Une comparaison entre ces deux techniques sera traitée dans la dernière partie.

Dans le chapitre 4, nous développons des modèles d'aide à la décision pour aider un décideur d'une centrale d'achat à sélectionner des fournisseurs dans un contexte de gestion du risque de livraison. Ce modèle est basé sur l'analyse des scénarios de rupture des fournisseurs. Dans le premier modèle, nous traitons le cas d'un décideur à risque neutre qui vise à maximiser le profit espéré sans se préoccuper du risque de perte. Dans le deuxième modèle, nous traitons le cas d'un décideur averse au risque qui cherche avant tout à minimiser le risque de perte. Enfin nous donnons un outil visuel permettant à un décideur de maximiser le profit pour un niveau de perte connu.

Dans le chapitre 5, nous développons des modèles qui traitent le cas de sélection des fournisseurs en présence du risque de rupture. Dans la première formulation, nous traitons le cas de minimisation de l'espérance du coût tout en considérant que le décideur est risque neutre. En second lieu, nous présenterons le cas de sélection des fournisseurs dans un contexte de minimisation du risque tout en intégrant les techniques d'estimation du risque tel que la VaR et CVaR. Dans ce cas nous considérons que le décideur se trouve dans un contexte d'aversion au risque. Ce travail de recherche est clôturé par une conclusion générale et des perspectives.

CHAPITRE 1. CONCEPTS FONDAMENTAUX DE CHAÎNE LOGISTIQUE ET DE GESTION DU RISQUE

Introduction

Depuis plusieurs décennies, à cause de la mondialisation, les relations entre les donneurs d'ordre et les clients ont fortement évolué : raccourcissement de délais de livraison, exigence d'un haut niveau de qualité, diversification des sources d'approvisionnement... Ces contraintes ont forcé les entreprises à chercher de nouvelles voies pour assurer leur pérennité, améliorer leur performance et satisfaire mieux les besoins de leurs clients.

Les entreprises doivent remettre en question leurs structures organisationnelles tout en assurant un partenariat entre les différents acteurs. Dans ce contexte, la logistique constitue un levier pour améliorer la circulation des flux entre tous ces maillons depuis le fournisseur du fournisseur jusqu'au client du client. La logistique a pour mission d'assurer un dialogue entre les acteurs internes et externes afin d'assurer une bonne circulation des matières premières, des produits semi-finis, des flux d'information et des flux financiers.

Ce présent chapitre retrace en premier lieu, les généralités de la chaîne logistique (supply chain) et de la gestion de la chaîne logistique, pour ensuite exposer les concepts de base du domaine de gestion du risque dans la chaîne logistique. Nous clôturons le chapitre par la présentation des motivations de notre travail de recherche.

1. Chaîne logistique et gestion de la chaîne logistique

Une chaîne logistique représente un ensemble d'acteurs, où chacun est à la fois le client de l'acteur amont et le fournisseur de l'acteur aval, qui interagissent et enchaînent un certain nombre de processus de façon cohérente Dupont, (2003). La chaîne logistique est un ensemble d'acteurs où chacun est à la fois fournisseur de l'aval et client de l'acteur de la phase amont qui le précède.

1.1. Historique de la chaîne logistique

Le but de cette section est de donner une brève présentation de l'historique du concept logistique et de son évolution au fil du temps. Cette évolution lui permet de prendre une place de premier plan dans la gestion des entreprises.

L'origine du terme "logistique" vient d'un mot grec *logistikos* qui signifie l'art du raisonnement et du calcul. La logistique est apparue la première fois dans le contexte militaire, elle représente tout ce qui est nécessaire (physiquement) pour permettre l'application sur le terrain des décisions

stratégiques et tactiques (transports, stocks, fabrication, achats, manutention). Aujourd'hui, le terme logistique recouvre diverses interprétations.

Les années 1970-1980 ont marqué que la logistique s'élargit et prend comme mission la coordination entre les différentes fonctions de l'entreprise et assure la bonne circulation des flux au sein de l'organisation.

Les années 1980-1990 y compris les années 90 : la logistique est devenue un véritable levier concurrentiel qui gère les flux trans-fonctionnel et trans-organisationnel physique, informationnel et financier tout en tenant compte de l'aspect du coût et de qualité.

Les années 2000 : la logistique acquiert une dimension stratégique sans perdre son volet opérationnel et elle est au cœur des décisions stratégiques de l'entreprise.

De nos jours, la logistique ne cesse de s'accroître et subit divers bouleversements suite à l'intégration des nouveaux aspects tel que le développement durable, la logistique verte (green logistic), la globalisation des acteurs, la mondialisation des activités...

Avec cette globalisation, les chaînes logistiques peuvent traverser des mers et des continents depuis les lieux d'extractions des matières premières jusqu'au consommateur final et retour des produits à recycler. En contrepartie de cette globalisation, l'instabilité d'approvisionnement et la multiplicité des types de ruptures tout au long de la chaîne logistique s'est accru. Ce qui requiert des mesures spécifiques pour estimer, résoudre et faire face à ces différents défis.

1.2. Définitions de la chaîne logistique

Plusieurs définitions de la chaîne logistique et de gestion de la chaîne logistique sont passées en revue de la littérature, classées et synthétisées. Le but de cette section est de présenter une brève des définitions de la chaîne logistique et de gestion de la chaîne logistique. En effet, Il semble qu'il existe un certain consensus entre les auteurs sur la définition de "chaîne logistique", ce qui n'est pas le cas pour « management de la chaîne logistique » Cooper et al. (1993). Dans ce contexte, Lee et Billington, (1993), ont défini la chaîne logistique comme « un réseau d'installation qui assure les fonctions d'approvisionnement en matières premières, de transformation de ces matières premières en composantes puis en produits finis, et de distribution des produits finis vers le client ».

Une autre définition est fournie par La Londe et Masters, (1994), qui ont considéré qu'une chaîne logistique est un ensemble d'entreprises qui se transmettent des matières. En règle générale,

plusieurs acteurs indépendants participent à la fabrication d'un produit et à son acheminement jusqu'à l'utilisateur final. En effet, les acteurs de la chaîne logistique peuvent être : Producteurs de matières premières et des composantes, assembleurs, grossistes, distributeurs et transporteurs.

Cheyroux (2003), La chaîne logistique est un réseau des sites, indépendants ou pas, participant aux activités, d'approvisionnement, de fabrication, de stockage et de distribution, liées à la commercialisation d'un produit ou d'un service.

Pour Génin (2003), Une chaîne logistique est un réseau d'organisations ou des fonctions géographiquement dispersées sur plusieurs sites qui coopèrent, pour réduire les coûts et augmenter la vitesse des processus et activités entre les fournisseurs et les clients. Si l'objectif de satisfaction du client est le même, la complexité varie d'une chaîne logistique à l'autre.

Suivant Lummus et Vokurka, (2004), La chaîne logistique est l'ensemble de toutes les activités impliquées dans la livraison d'un produit depuis le stade de matière première jusqu'au client. Ces activités comprennent : l'approvisionnement des matières premières et des produits semi-finis, la fabrication et l'assemblage, l'entreposage et le suivi des stocks, la saisie et la gestion des ordres de fabrication, la distribution sur tous les canaux, la livraison au client.

Pour Bowersox et al. (2008), la logistique constitue le travail requis pour déplacer et positionner les produits au sein de la chaîne d'approvisionnement. Elle soutient un ensemble d'activités, soit l'approvisionnement, la production et la vente. Ces sont des activités qui assurent la relation marchande entre les fournisseurs et les clients par le transit des flux d'informations et de produits.

Une définition référentielle est fournie par AFNOR (norme X 50-600), « La logistique est une fonction dont la finalité est la satisfaction des besoins exprimés ou latents, aux meilleures conditions économiques pour l'entreprise et pour un niveau de service déterminé. Les besoins sont de nature interne (approvisionnement des biens et des services pour assurer le fonctionnement de l'entreprise) ou externe (satisfaction des clients). La logistique fait appel à plusieurs métiers et savoir-faire qui concourent à la gestion et à la maîtrise des flux physiques et d'informations ainsi que des moyens ».

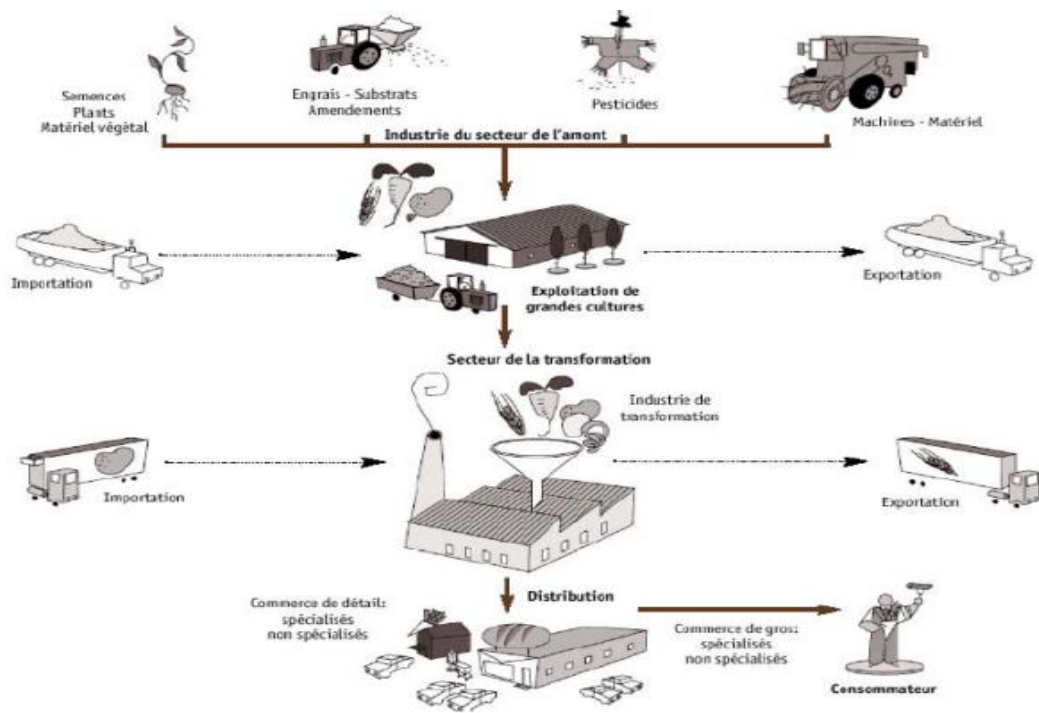


Figure 1-1. Exemple d'une chaîne logistique – l'agroalimentaire Lauras, (2004)

La figure 1-1 présente un exemple d'une chaîne logistique composée de n étages et plusieurs acteurs partant des fournisseurs (engrais, plantes, matériels), passant par les exploitants des cultures, les usines des transformations et de production, les dépôts de distributions et se terminant par le maillon final tel que le consommateur. Le passage d'un acteur à l'autre est assuré par divers flux tel que le flux d'information, flux de matériel et flux financier.

Chaque maillon de la chaîne logistique est porteur de risques de rupture et des fluctuations qui peuvent affecter et menacer le fonctionnement normal de l'entreprise, sa rentabilité et sa pérennité. Devant cette présence continue de la rupture, l'enjeu pour le décideur est de livrer un produit au bon moment et au bon endroit.

2. Gestion de la chaîne logistique

Comme la notion de la logistique à son début, le concept de SCM (supply chain management) a suscité des nombreuses définitions depuis son apparition dans la littérature. Le but de cette section, est d'aborder quelques définitions dédiées à la gestion de la chaîne logistique.

Mentzer (2001) a défini la gestion de la chaîne logistique comme la coordination systémique, stratégique des fonctions opérationnelles classiques et de leurs tactiques respectives à l'intérieur d'une même entreprise et entre partenaires au sein de la chaîne logistique, dans le but d'améliorer la performance à long terme de chaque entreprise membre et de l'ensemble de la chaîne.

Une autre définition est fournie par Stadtler, (2002), La tâche d'intégration des différentes organisations qui composent la chaîne logistique, et de la coordination des flux de matières, d'informations et financiers afin de satisfaire la demande des clients finaux et d'améliorer la compétitivité de la chaîne logistique globale. Semchi-Levi et al (2003) ont défini la gestion de la chaîne logistique comme « Un ensemble d'approches utilisés pour intégrer efficacement les fournisseurs, les producteurs, les distributeurs et les détaillants de façon à garantir la production et la distribution des produits finis au bon moment, au bon endroit, en bonne quantité tout en respectant les exigences des clients finaux et ce au moindre coût ».

Dominguez et Lashkari (2004), ont considéré que l'intérêt de la gestion de la chaîne logistique est de faciliter les ventes en positionnant correctement les produits en bonne quantité, au bon endroit, et au bon moment et au minimum du coût. L'objectif principal du SCM est donc d'allouer efficacement les ressources des productions, des distributions, des transports et des informations, en présence des objectifs conflictuels.

3. Structure de la chaîne logistique

La structure d'une chaîne logistique dépend évidemment de sa nature et des objectifs souhaités. Lors de sa conception, plusieurs architectures ont été développées, du point de vue flux physique, elles peuvent être classées de la forme suivante :

- Chaîne logistique divergente : une chaîne est dite divergente si un fournisseur alimente plusieurs clients ou un réseau des magasins.
- Chaîne logistique convergente : Une chaîne est dite convergente si un client est alimenté par plusieurs fournisseurs des différents réseaux de distribution, cette structure est également présentée dans les réseaux d'assemblage.
- Chaîne logistique réseau : C'est la combinaison des deux structures précédentes : elle peut être assimilée au réseau informatique (centralisation et distribution).
- Chaîne logistique séquentielle (ou linéaire): Chaque entité de la chaîne alimente une seule autre entité en aval.

Afin d'améliorer la performance globale d'une chaîne logistique, il est nécessaire qu'un certain nombre des décisions soient prises. Le but est d'avoir une meilleure fluidité de circulation des trois flux en réduisant les coûts de tout le système.

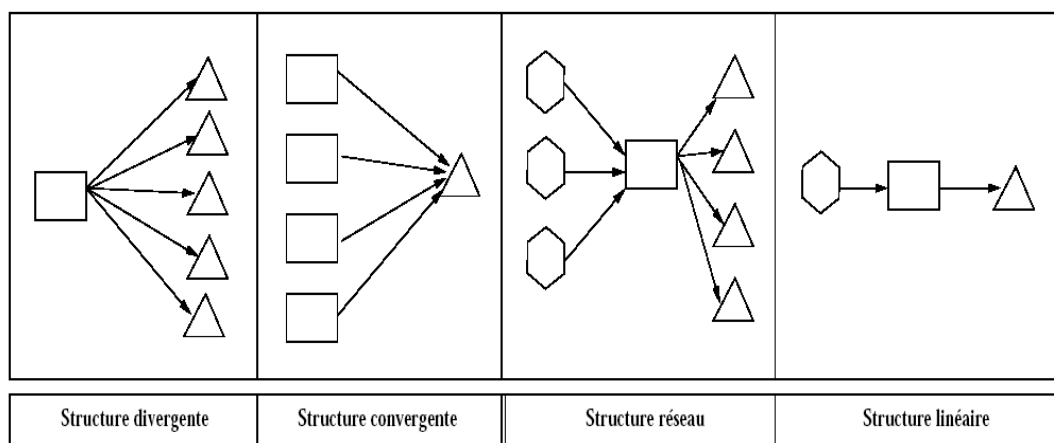


Figure 1-2 : Structure de la chaîne logistique

4. Fonctions de la chaîne logistique

Les chaînes logistiques sont constituées d'une mosaïque d'activités et des fonctions. Ces différentes fonctions sont fractionnées en trois phases : phase amont, phase de production et phase aval. La phase amont se concentre sur la gestion de l'approvisionnement. A ce niveau, l'approvisionnement peut être de diverses formes tel que : des matières premières, des composantes, des produits semi-finis, des produits finis....La phase aval se préoccupe de distribution des produits finis aux yeux du consommateur final et les dépôts des stockages alors que la phase de production se base sur la transformation des inputs vers l'outputs à l'aide des ressources matériels et immatériels. Une gestion efficace des ces différentes fonctions ne se réalise qu'avec une bonne circulation des flux. La partie suivante traitera les flux de la chaîne logistique.

4.1. Les flux de la chaîne logistique

Une chaîne logistique efficace repose sur trois types des flux : flux physique, flux d'information, flux financiers.

a) Flux physiques

Appelés également flux des produits, les flux physiques décrivent la circulation des matières entre les différents maillons de la chaîne. Ces matières peuvent être des composantes, des produits semi finis ou des pièces des rechanges. Ces flux constituent le cœur d'une chaîne logistique, sans lesquels les autres flux n'existeraient pas. Ces flux peuvent circuler dans le sens des fournisseurs vers les clients et dans le sens inverse c'est-à-dire dans le sens de logistique inverse y compris le retour des produits non conformes à réparer où des produits à recycler...

b) Flux financiers

Les flux financiers constituent les échanges des valeurs monétaires. C'est la contrepartie des flux physique tels que la production, le transport, le stockage, le recyclage, etc. Ils sont également utilisés comme un indicateur de performance et du bon fonctionnement de ces activités.

c) Flux d'information

Le flux d'information est l'ensemble des transactions d'échanges et du transfert des informations et des données entre les différents acteurs et partenaires de la chaîne logistique. Le but ici est d'assurer le bon fonctionnement des différents maillons de la chaîne logistique. Le flux d'information est bidirectionnel. Ce flux permet de faire le lien entre le flux physique et financier. Des systèmes d'information tels que les ERP (Entreprise Resources Planing) et les EDI (Electronic Data Interchange) ont été développés comme support technique qui permet d'assurer les échanges d'informations entre les entreprises.

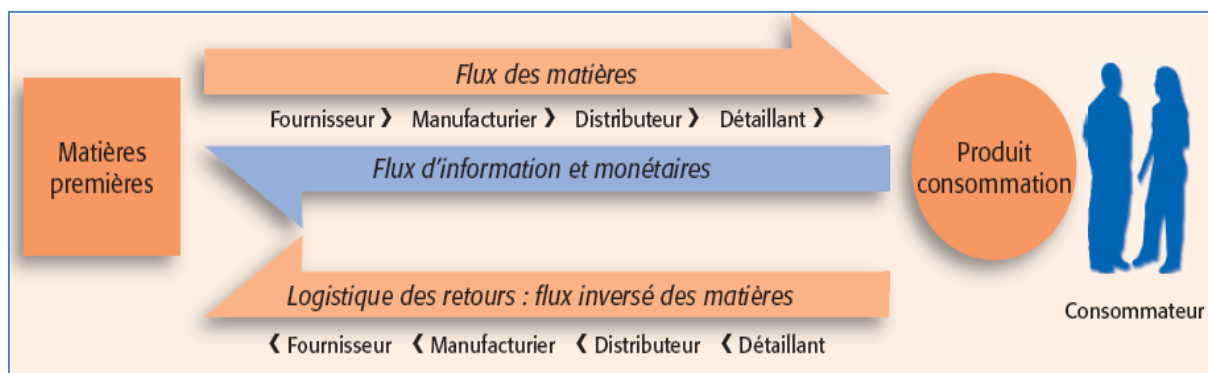


Figure 1-3: Flux de la chaîne logistique Dominique, (2003)

4.2.La phase d’approvisionnement dans la chaîne logistique

Comme on a mentionné dans la section précédente, la chaîne logistique est composée de trois parties : phase d’approvisionnement, phase de production et phase de distribution. Le but de cette section est de se focaliser sur la première phase telle que la phase d’approvisionnement, ceci vue l’importance de cette phase dans la chaîne logistique. En effet, cette phase a pour mission de gérer divers niveaux tels que le niveau du stock, le niveau de sélection des fournisseurs, l’affectation des commandes aux fournisseurs sélectionnés, la réception des commandes, le contrôle de réception des commandes livrées par le fournisseur... En effet, dans les manufacturiers industriels, les coûts d’achat de matières premières et des composantes peuvent dépasser de 70% du coût de production. De ce fait, le département d’achat peut jouer un rôle important dans les réductions des coûts. La sélection des fournisseurs constitue l’une de fonction la plus importante dans la gestion des achats. Dans cette partie, nous concentrons sur quelques définitions du processus d’achat. Tang (2006) décrit le processus de sélection des fournisseurs en trois étapes. Tout d’abord, le décideur doit définir un ensemble des critères de sélection et un ensemble des candidats des fournisseurs. Ensuite, ces critères doivent être utilisés pour sélectionner les fournisseurs adéquats parmi l’ensemble des candidats. Finalement, le décideur affecte les quantités demandées aux fournisseurs choisis. En effet, le décideur doit évaluer tous les aspects lors du choix des fournisseurs et ne se limite pas aux quelques critères fonctionnels tels que le prix, la qualité, le délai mais aussi il doit intégrer les critères relatifs à l’incertitude, vulnérabilité, rupture, développement, durabilité...

La sélection des fournisseurs sont apparus dans la littérature depuis les années soixante. Les premiers travaux dans cet axe de recherche sont ceux de Dickson (1966), Weber et al. (1991). Dickson (1966) à réaliser un enquête auprès de 274 entreprises dans laquelle il a identifié 23 critères d’évaluations des fournisseurs. La qualité, le prix, le délai sont les critères les plus importants pour identifier et déterminer le fournisseur optimal. Weber et al. (1991) ont fait une revue de la littérature de 74 travaux dans laquelle ils ont constaté que la qualité est le critère le plus dominant dans le choix du fournisseur plus le coût et le délai. Cependant ces travaux ont échoué d’intégrer les critères du risque, de rupture et de vulnérabilité comme facteur déterminant de sélection des fournisseurs.

5. Gestion du risque de la chaîne logistique

La notion du risque occupe une place importante dans la chaîne logistique. La gestion du risque est composée d'un ensemble des concepts, des démarches et des outils destinées à identifier, à estimer, à contrôler et à suivre le risque tout au long de la chaîne logistique. Cette section, a pour objectif de présenter la problématique du risque dans le contexte de la chaîne logistique. Une partie sera consacré à définir les concepts de base du risque et les différents types du risque de la chaîne logistique alors que la deuxième partie sera consacré sur le processus de gestion du risque.

5.1 . Présentation et mise en perspective des concepts utilisés

5.1.1. Risque –une vue globale

Une multitude de définitions ont été proposée pour définir la notion du risque d'une manière générale. En effet, le terme du risque vient de latin «resecum » qui signifiait « ce qui coupe » et caractérise un avertissement. Il est apparu au 14^{ème} siècle dans le domaine des assurances maritimes italiennes. Aujourd'hui, cette notion s'est répandue dans plusieurs domaines notamment qui touchent les activités des entreprises : risques naturels, risques technologiques, écologiques, économiques et sanitaires, etc.

Parmi les définitions citées du risque celle de Guide référentiel 73 de ISO/IEC qui a défini le risque comme « The combination of the probability of an event and its consequences. » ISO Guide 73 (2002). Donc le risque est égal aux combinaisons de trois facteurs tels que la probabilité de réalisation du risque (notion de hasard), son événement et leur conséquence. Le risque est toujours traité dans leur sens négatif alors que cette notion possède deux facettes : Une façon pessimiste, supposant le risque comme cause de perte et de gaspillage, et une autre plutôt optimiste, considérant le risque comme « une exposition au danger dans l'espoir d'obtenir un avantage et d'appliquer le principe d'oser pour gagner».

5.1.2. Risque de la chaîne logistique

Diverses définitions ont été proposées pour définir la notion du risque dans la chaîne logistique. Le but de cette partie est de présenter les définitions du risque de la chaîne logistique et les concepts de base du contexte de gestion du risque dans la chaîne logistique. Parmi les définitions du risque celle qui est fourni par Juttner et al. (2003) qui ont défini le risque par rapport à l'intégrité du flux de la chaîne d'approvisionnement. « Tous risque du flux d'information, matérielle et du produit dès

le fournisseur initial jusqu'à la livraison du produit fini au consommateur final » alors que Goankar et Viswanadham (2007) ont défini le risque de la chaîne logistique « c'est la distribution de perte résultant de la variation des flux entrant à la chaîne, sa probabilité et sa valeur subjective ».

5.1.3. Risque d'approvisionnement

Gaonkar et Viswanadham (2007) le risque d'approvisionnement est défini par la probabilité d'un incident associée à la phase amont de la chaîne logistique. Ce risque peut être effectué suite à un échec de fournisseur ou d'un marché. Ce risque mène à l'incapacité de l'entreprise de satisfaire les besoins de leurs clients et /ou à une menace de la vie et de la sécurité des consommateurs.

Hou et al. (2010) ont défini le risque comme étant : c'est l'indisponibilité brusque d'approvisionnement en raison d'un événement imprévu qui affecte la source d'approvisionnement.

George et Zsidisin (2003), une rupture se produit lorsqu'il y a une transformation radicale de la structure de la chaîne logistique suite à non disponibilité de certaines activités de production, d'entreposage, distribution, installation ou du transport, due aux événements et aux perturbations humaines et/ou naturelles.

On distingue plusieurs formes de rupture, on peut citer à titre d'exemple :

- Rupture de production (le tremblement de terre en Taiwan a abouti à la perturbation de production des puces de circuit intégré (IC chip production), rupture de production des composants suite à l'incendie des fournisseurs de Toyota en Mexique qui a abouti à l'arrêt de la phase aval de l'usine.
- Rupture d'approvisionnement (l'approvisionnement de produit alimentaire tel que l'approvisionnement de la viande suite à la propagation de virus de la fièvre aphteuse en Angleterre.
- Rupture de la chaîne logistique : fermeture imprévue des ports des États-Unis qui a bloqué les transactions entre l'Asie et les États-Unis.

a) Désastre

Le désastre est défini comme l'arrêt temporaire irrécouvrable du réseau de la chaîne logistique à cause des événements catastrophiques imprévus. Ces événements peuvent être de type humain ou naturel.

Exemple des désastres : L'attaque terroriste de 11 septembre 2001 qui a abouti à la détérioration de l'économie des États-Unis suite à la faible consommation (demande) dépense, production.

b) Perturbation

Le risque peut conduire à des perturbations dans la chaîne logistique. Littéralement, une perturbation peut être définie comme "l'interruption et la rupture de la tranquillité, la paix, le repos, ou d'une condition stable. Comme exemple de perturbation dans la chaîne logistique, on peut citer : la fluctuation de la demande, défaut de livraison, ou des changements de qualité. D'après, Wehmeier et al. (2005), ces perturbations peuvent aboutir à des impacts négatifs sur la chaîne logistique pour une période limitée. Des mesures peuvent être mises en place comme le tampon.

c) La résilience

Christopher et Peck (2004) ont défini la résilience : c'est la capacité d'une organisation à revenir à l'état initial après une perturbation dans son système.

5.2. Types des risques de la chaîne logistique

Une multitude des définitions ont été dédiée aux classifications du risque dans la chaîne logistique. Parmi ces classifications, on peut citer celles de :

Juttner et al. (2003), qui ont classé le risque en trois catégories : risque interne qui vient de l'organisation, risque externe de l'organisation mais interne de la chaîne logistique et risque externe de la chaîne logistique. Ce dernier type du risque se résulte suite à l'interaction entre l'entreprise et son environnement.

Chopra and Sodhi (2004) qui ont classé le risque en neuf catégories : (a) risque de rupture (les désastres naturelles, terrorisme, guerre) (b) retard (inflexibilité des sources d'approvisionnement) (c) système (manque de partage d'information, indisponibilité de l'infrastructure) (d) estimation (sous-estimation, phénomène de Bullwhip effect) (e) créances (nombre des clients) (f) capacité (coût de capacité) (g) propriété intellectuelle (intégration verticale) (h) marché (taux d'échange) (i) risque de stock (incertitude de l'offre, coût de stockage).

Sinha et al. (2004) ont devisé le risque en quatre groupe : normes (standard), fournisseurs, technologiques et le pratique.

Finch (2004) ont catégorisé le risque en : niveau d'organisation, niveau d'application et le niveau inter-organisation.

Norrman and Lindroth (2004) ont classé le risque en : accidents opérationnel, des catastrophes opérationnelles et des incertitudes opérationnelles.

Kleindorfer and Saad (2004) ont devisé le risque en deux catégories : risque résultant suite à la coordination entre l'approvisionnement et la demande et le risque résultant suite à la rupture des activités ordinaires.

Tang (2006) suppose que le risque peut être de la forme suivante : risque opérationnel (exemple incertitude des clients, incertitude des coûts et incertitudes d'approvisionnement) et le risque du coût (ces sont le risque engendré soit par les désastres naturelles soit par l'être humain comme les inondations, tremblement de terre, ouragans, les attaques terroristes, la crise économiques fluctuations des devises).

Waters (2007) considère que le risque prend la forme des risques contrôlables (risque interne) et des risques incontrôlables (risque externe).

Tang and Tomlin (2008), suppose que les risques sont devisés en deux classes : risques stratégiques et risque tactiques.

Kar (2010) a classé le risque en deux groupes : risque systématique (comme incertitude de la demande, incertitude d'approvisionnement) et le risque non systématique (perturbation dans l'installation de la chaîne de fabrication.

Tummala et Schoenherr (2011) ont considéré que les risques de la chaîne logistique peuvent de la forme suivante : risque demande, risque d'approvisionnement, risque de rupture, risque des souverains, risque du retard, risque du système, risque du transport, risque du processus, risque du plan physique (capacité), risque de panne et le risque du marché.

Tableau 1-1 : Différentes classifications des risques

Auteurs	Types des risques
Juttner et al. (2003)	Risque interne de l'organisation, risque externe de l'organisation mais interne de la chaîne logistique, risque externe de l'organisation et externe de la chaîne logistique mais avec son environnement
Chopra and Sodhi (2004),	risque de rupture, retard, système, estimation, créances, capacité propriété intellectuelle, marché, risque de stock.

Sinha et al. (2004),	Classé le risque en quatre groupes : normes (standard), fournisseurs, technologiques et la pratique
Norrman and Lindroth (2004),	peut-être sous la forme : accidents opérationnel, des catastrophes opérationnelles, incertitudes opérationnelles.
Kleindorfer and Saad (2004),	Risque résultant suite à la coordination de l'approvisionnement et la demande et le risque ruptures des activités ordinaires
Tang (2006)	Risque opérationnel et le risque de coût
Waters (2007)	Risque contrôlable et le risque incontrôlable
Kar (2010)	Risque systématique et le risque non systématique
Tummala R. and Schoenherr T. (2011)	Classé le risque en : risque demande, risque d'approvisionnement, risque de rupture, risque des souverains, risque de retard, risque de système, risque de transport, risque de processus, risque du plan physique (capacité), risque de panne et le risque du marché.

6. Processus de gestion du risque

La figure 1-4 montre le processus de gestion du risque dans la chaîne logistique qui vise successivement à identifier, à analyser, évaluer et contrôler le risque. Le but c'est de maîtriser et envisager les moyens nécessaires pour bien gérer le risque, capitaliser le savoir-faire et l'expérience dans ce domaine.

La première phase de ce processus concerne l'identification du risque d'où il faut commencer tout d'abord, à choisir l'endroit, le maillon ou le nœud à suivre pour limiter le champ de l'étude. Après avoir fixé l'endroit, une liste des risques potentiels et ses caractéristiques doit être préparé pour hiérarchiser les éventuels risques qu'on cherche à maîtriser. Il existe plusieurs façons pour élaborer une liste des risques, citons à titre d'exemple la méthode de quête, l'expérience tout en indiquant les risques les plus fréquents, la méthode de Brainstorming peut être utilisé aussi pour générer une liste des risques.

L'étape suivante concerne l'énumération du risque. Il s'agit d'étudier la corrélation entre les risques existant. Ce test peut permettre à découvrir un nouveau risque. L'identification des risques peut faire appel à des méthodes classiques aussi telles que les données historiques, l'avis d'un expert, etc.

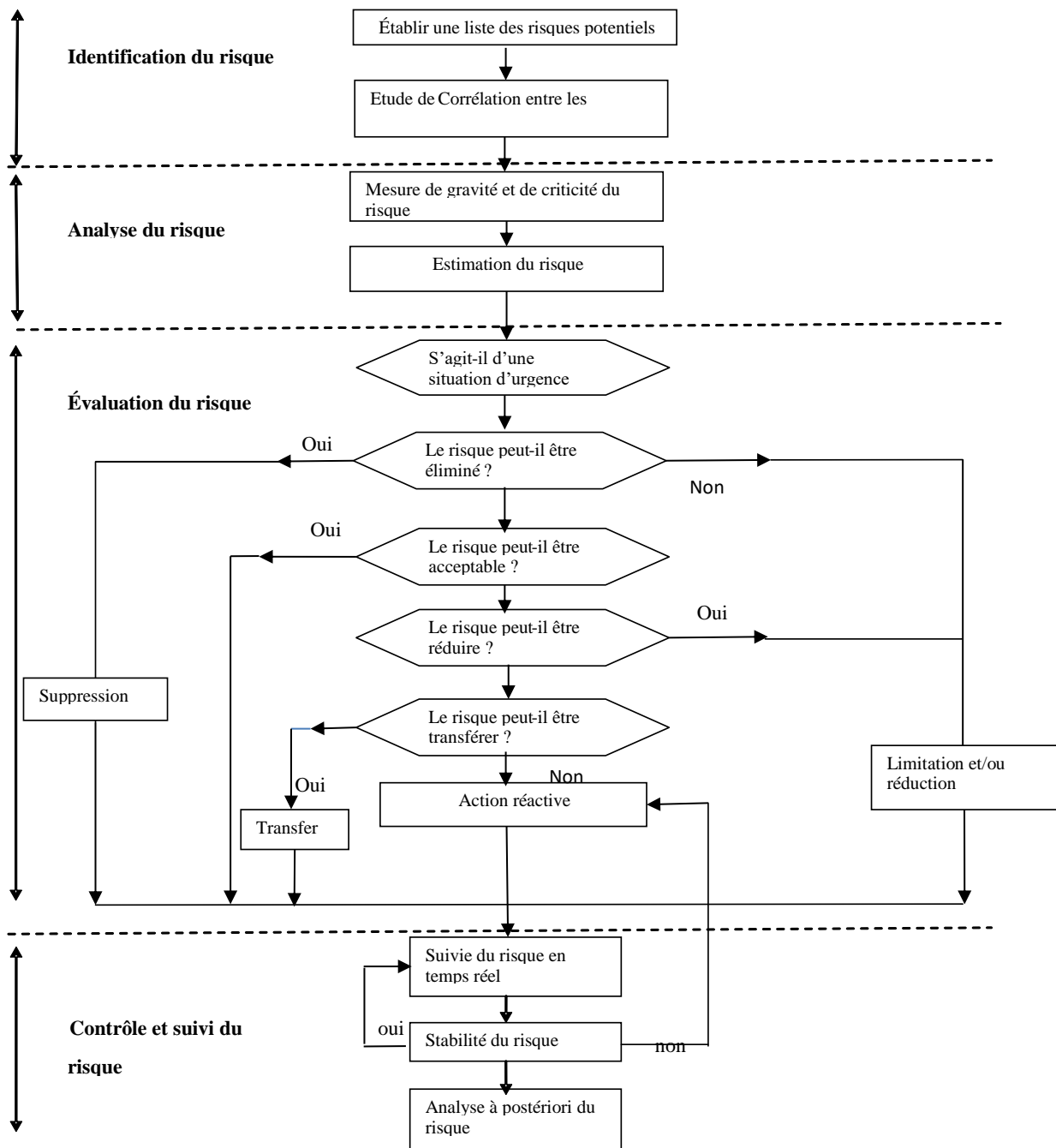
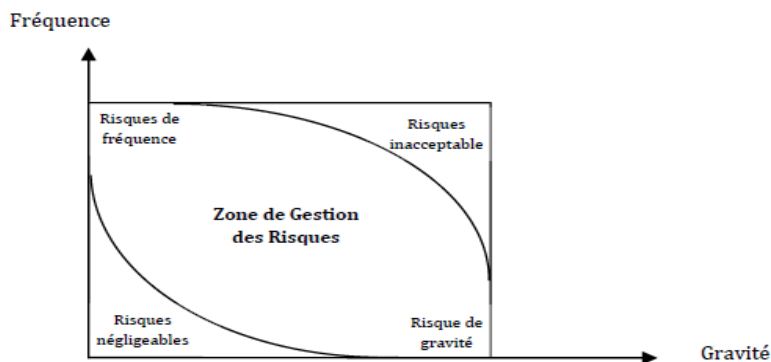


Figure 1-4 : Processus de gestion du risque

La deuxième phase de processus de gestion du risque est l'analyse du risque qui consiste à étudier la fréquence, la criticité et la gravité de chaque risque à part pour savoir les classer par priorité. Divers méthodes quantitatives et qualitatives sont appliquées pour analyser les risques dont on peut citer : La méthode AMDEC (Analyse des Modes de Défaillance, de leurs Effets et de leur Criticité) : Cette méthode consiste à recenser les modes de défaillance, d'en évaluer leurs effets sur

le système et d'en analyser leurs causes. La méthode AHP (analytic hierarchy process) c'est une méthode de décision multicritères.

La troisième phase du processus de gestion du risque concerne l'évaluation du risque. Le but de cette étape est de distinguer entre les différents risques et par la suite sélectionner les risques qui ont la priorité d'être traité. Comme présenté ci-dessous, une matrice qui définit la fréquence et la gravité des risques peut également être utilisée. Cette matrice permet de différencier entre les risques à supprimer, le risque à transférer, le risque à partager et le risque à accepter, etc.



Plusieurs méthodes ont été proposées dans la littérature pour traiter cette phase comme : diagramme de Pareto, QFD (quality function deployment), diagramme de cause à effets, méthodes de HAZOP.

La dernière phase est celle du contrôle et de suivi dans laquelle. Au cours de quel un suivi en temps réel du risque qui se fait par plusieurs méthodes. Lorsque le risque est stable ; il faut maintenir cette stabilité et pourquoi pas l'améliorer par la mise des actions d'amélioration. s'il est instable, un recul jusqu'à la phase de l'évaluation du risque et une prise des actions correctives seront recommandées.

7. Méthodes d'identification du risque

Les entreprises sont généralement conscientes de l'existence des risques liés à la chaîne logistique, mais elles se trouvent dans l'incapacité de les réduire ou de les gérer, faute de les avoir clairement identifiés. En effet, un risque non identifié ne pourra jamais être géré ou/et maîtrisé. Le but de cette section est de lister les différents outils d'identification du risque.

7.1. La Méthode Delphi

Utilisation des connaissances des experts (managers, clients, fournisseurs ayant une bonne connaissance de la chaîne logistique) afin d'obtenir une vision de ce qui pourrait être le futur et éventuellement de définir un horizon ou une probabilité d'occurrence sur les événements futurs.

7.2. Le Brainstorming

Technique basée sur une approche du groupe, utilisant les données collectives et les opinions individuelle.

7.3. Le FMEA (Failure Mode and Effect Analysis)

Cette méthode vise à prévenir les problèmes des produits et des processus depuis la phase de développement toute en déterminant les modes d'échec d'un système, et toute en établissant les effets de ces échecs sur la performance de l'ensemble du système.

7.4. La cartographie de Flux

Visualisation standardisée de chaque lien et chaque nœud d'un processus afin de mieux comprendre les interactions entre les risques.

7.5. La cartographie de la Supply Chain

Représentation des processus et des temps d'exécution afférents ; elle est similaire à la cartographie des flux, mais dans une perspective macro.

7.6. L'analyse des chemins critiques

Le terme « chemin critique » désigne les séquences d'activités d'un projet ou d'un processus qui engendrent le moins de déviation ou de retard, en termes du temps ou des ressources, sans que le projet ou l'activité soit pénalisé.

7.7. L'identification des Contraintes

Le management par les contraintes conduit à déterminer les processus clés qui régissent le rythme de la chaîne logistique.

7.8. Le scénario planning

C'est un processus qui consiste à élaborer le contexte futur plausible, selon lesquels les décisions stratégiques de l'entreprise peuvent être évaluées.

7.9. Le Diagramme de cause à effet (Diagramme Ishikawa)

Le diagramme d'Ishikawa est un outil qui permet de détecter les causes possibles d'un effet constaté et donc de déterminer les moyens pour y remédier. Il se présente sous la forme d'arêtes de poisson classant les causes par catégories selon la loi des 5 M (matière, main-d'œuvre, matériel, méthode, milieu).

7.10. Check List

Elle consiste à construire une liste, s'approchant le plus possible de l'exhaustivité, des événements indésirables susceptibles de constituer des menaces.

7.11. Business Process Reengineering

Le Business Process Reengineering (BPR) est une démarche de remise en question et de redéfinition en profondeur des processus d'une organisation en vue de la restructurer pour la rendre plus efficace tout en réduisant les coûts Hammer et Champy, (1993).

7.12. Arbre de défaillance (Arbre de Faute)

Diagramme logique utilisant une structure arborescente pour représenter les causes de défaillances et leurs combinaisons conduisant à un événement redouté (racine de l'arbre). La réduction des arbres de faute à partir du calcul des coupes minimales permet d'identifier les chemins critiques. On en déduit les éléments matériel et logiciel du système dont la défaillance contribue le plus à la réalisation de l'événement redouté. Les arbres de faute peuvent être quantifiés permettant ainsi de calculer l'indisponibilité ou la fiabilité du système modélisé Mortureux (2002).

7.13. HAZOP

Revue systématique de la conception et des principes opératoires basée sur :

- (1) la recherche de toutes les causes de dérivé des différents paramètres opératoires,
- (2) analyse des conséquences liées à ces dérives,

(3) les moyens de correction ou de protection à apporter, si nécessaire.

Cette revue permet l'identification systématique des problèmes d'exploitation et d'entretien, et facilite les études pour apporter des corrections ou de protections au système étudié. En Ingénierie industrielle, cette étude est utilisée dès le début des études de réalisation sur les plans de circulation des fluides, schémas d'utilités et diagrammes d'interconnexions.

7.14. Stress testing

Le stress testing est un ensemble des exercices permet aux décideurs de comprendre et prioriser le risque de la chaîne logistique. Cette technique est basée sur le principe 'que fais si le scenario s se réalise'.

7.15. Technique de QOCCP (Quoi, Qui, Où, Quand, Comment, Pourquoi)

Cette technique permet de traiter toutes les dimensions du problème, les informations élémentaires nécessaires pour identifier ses aspects essentiels. Cette méthode est basée sur questionnement systématique.

8. Motivations

L'état de l'art est très riche des recherches dédiés au problème de sélection des fournisseurs. Lié à sa complexité, rares sont les travaux qui ont traité le problème de sélection des fournisseurs avec allocation des ordres dans un contexte de gestion du risque. Dans ce qui suite, nous nous focalisons à traiter les motivations qui nous a amené à traiter ce présent sujet.

Motivation 1 : L'aspect multicritères dans le choix de fournisseurs est très important. Toutefois, la majorité des approches utilisées cherchent à orienter/modifier les critères qualitatifs et parfois quantitatifs vers le coût (Chan, 2003, Chan et Kumar, 2007).

Motivation 2 : Bien que l'état de l'art est très riche de travaux qui traitent la question de sélection des critères utilisés lors du choix, toutefois, il existe un manque important dans la sélection des critères relatifs à la sécurité, à la localisation géographique, à la stabilité politique et économique, etc. qui sont devenus extrêmement importants. De plus, il n'est toujours pas facile pour une entreprise d'évaluer et choisir les fournisseurs sur la base de ces critères (Chan et Kumar, 2007).

Motivation 3 : Divers modèles mathématiques ont été développés dans la littérature pour traiter le problème de sélection des fournisseurs. Certes, ces différents modèles ne tiennent pas compte explicitement et n'intègrent pas des techniques de mesure et de quantification du risque.

Motivations 4 : Plusieurs travaux ont modélisé l'incertitude par intégration des notions des flous dans le problème de sélection des fournisseurs dans un contexte de gestion du risque. Certes la multiplicité et la complexité des événements catastrophiques naturelles et humaines, on ne peut pas modéliser par la notion de flou. Dans ce contexte, nous nous faisons recours à développer des modèles stochastiques qui nous permettent de modéliser ces astuces.

Motivation 5 : La majorité des travaux cités dans la littérature ont supposé que le souci majeur de l'entreprise c'est de maximiser le profit et ou de minimiser les coûts. Cependant, la majorité des entreprises ne bénéficient pas des conditions du risque neutre qui vise à maximiser le profit sans tenir compte du risque. Car la majorité des entreprises craignent de budget limité qui ne leur permet pas de subir plusieurs pertes au cours de saison de vente consécutives. Dans ce contexte, nous traitons le cas de comportement de décideur tel que : le risque averse et le risque neutre.

Conclusion

La chaîne logistique est composée d'un ensemble des acteurs, chacun est en forte interaction et en dépendance avec les autres alors que la gestion de la chaîne logistique est un savoir-faire d'application qui vise à coordonner, organiser et planifier entre ces différents acteurs. Certes force de la globalisation et la mutation du monde industriel de nos jours, les chaînes logistiques deviennent plus mondialisées et plus prolongées. De ce fait les différents acteurs de la chaîne logistique sont soumis aux différents types du risque.

Au cours de ce chapitre, nous avons abordé les différentes notions de base de la chaîne logistique et la gestion de la chaîne logistique dans un premier temps et par la suite nous avons abordé les concepts fondamentaux de gestion du risque de toute la chaîne logistique de la phase amont jusqu'à la phase aval. Dans le chapitre qui suit, nous présenterons les différents travaux dans la littérature traitant la gestion du risque de la chaîne logistique pour une meilleure sélection des fournisseurs.

CHAPITRE 2. SÉLECTION DES FOURNISSEURS DANS UN CONTEXTE DE GESTION DU RISQUE : REVUE DE LITTÉRATURE

Cette revue de la littérature a fait l'objet d'un article accepté en juillet 2015 dans la revue « Journal of Intelligent Manufacturing ».

*Optimization of a supply portfolio in the context of supply chain risk management:
literature review*

Faiza Hamdi · Ahmed Ghorbel · Faouzi Masmoudi · Lionel Dupont

Journal of Intelligent Manufacturing DOI 10.1007/s10845-015-1128-3

La publication portait sur l'étude de 124 papiers publiés entre 2003 et 2014. Dans ce chapitre, nous avons ajouté 11 papiers publiés depuis 2014.

Introduction

De nombreux travaux ont traité le problème de sélection des fournisseurs mais sans tenir compte de l'aspect du risque et de ses dérivés. D'autres travaux se sont concentrés sur l'aspect de la gestion du risque dans la chaîne logistique prise dans son ensemble. Cependant vu la diversité, la complexité des chaînes logistiques et la multiplicité des risques afférents, le problème de la sélection des fournisseurs dans ce contexte n'a été abordé que de manière marginale.

Le but de ce chapitre est de faire un pont entre ces deux volets et de se concentrer uniquement sur la sélection des fournisseurs dans un contexte de gestion du risque. Vu leur nombre, nous ne pouvons pas faire une revue complète de tous les recherches existant dans la littérature. Pour cette raison, nous limitons la période de recherche entre 2003 et 2016.

Le choix spécifique de cette période coïncide avec la survenue de multiples événements catastrophiques dans le monde qui ont impacté les chaînes logistiques. Citons à titre non exhaustif :

- en 1999, le tremblement de terre de Taiwan à la suite duquel Appel a perdu de nombreux clients suite aux défaillances de ses fournisseurs.
- en 2000, l'incendie du fournisseur de semi-conducteur avec lequel travaillait Ericsson a entraîné plus 400 millions d'euros de perte chez ce dernier.
- Parmi d'autres événements, on trouve les attentats terroristes comme celui du 11 septembre 2001 ou la grève des ports en 2002 sur la côte Ouest américaine.
- Plus récemment, l'ouragan Katrina a frappé les Etats Unis. Ce fut l'un des ouragans les plus puissants et les plus forts dans l'histoire de ce pays.
- Le tsunami catastrophique qui a frappé le Japon en 2011 et ses répercussions sur la centrale nucléaire de Fukushima.

Tous ces événements ont eu un impact négatif sur la performance des entreprises qui les ont subies et ont accru la vulnérabilité de tous les maillons de la chaîne d'approvisionnement.

Suite à la multiplicité de ces événements d'origine humaine ou naturelle, de nombreuses recherches de type empirique et exploratoire ont été menée sur les stratégies de mitigation du risque dans la chaîne logistique.

Le but de ce chapitre est d'examiner uniquement les ruptures dans la phase amont de la chaîne logistique et plus précisément leurs répercussions sur la sélection des fournisseurs.

Dans ce chapitre, nous examinons et analysons la littérature traitant du problème de sélection des fournisseurs dans un contexte de gestion du risque. Tout d'abord nous présentons les

différents risques auxquels peuvent être confrontés les fournisseurs depuis la réception des commandes jusqu'à la livraison de leurs produits. Ensuite, nous abordons les caractéristiques et les aspects du problème de sélection des fournisseurs dans un contexte du risque.

Dans une autre partie, nous classerons les différentes recherches collectées. Nous allons distinguer cinq groupes : le premier groupe concerne les recherches qui ont résolu le problème par des approches quantitatives ; le deuxième contient les travaux qui ont utilisé une approche qualitative alors que le troisième englobe les travaux qui ont eu recours aux approches hybrides, le quatrième concerne l'approche par simulation et finalement l'approche par intelligence artificielle.

L'objectif de ce travail se compose de trois volets : tout d'abord nous établissons une structure unifiée pour classer les travaux de sélection des fournisseurs dans un contexte de gestion du risque. En deuxième lieu, nous cherchons à fournir un benchmark pour aider les chercheurs à naviguer parmi les références cités. Enfin avec les différentes approches répertoriées, nous avons l'intention de stimuler quelques nouveaux axes de recherches sur ce présent sujet.

La structure de ce chapitre est la suivante :

- La section 1 présente la méthodologie de recherche utilisée pour établir cette taxonomie de sélection des fournisseurs dans un contexte de gestion du risque.
- La section 2 liste les différents risques des fournisseurs répertoriés.
- La section 3 aborde les caractéristiques générales du problème de sélection des fournisseurs dans un contexte de gestion du risque.
- La Section 4 présente les catégories de sélection.
- La section 5 présente la classification des différents travaux suivant l'approche utilisée.
- Dans la section 6, nous faisons quelques analyses et recommandations et finalement nous finirons par une conclusion.

Dans notre enquête, nous avons cherché à récupérer la globalité de la littérature relative à la question de la sélection des fournisseurs. Dans nos recherches, ceci couvre des termes relatifs au domaine tel que « sélection des fournisseurs dans un contexte de gestion risque », « sélection de vendeur dans un contexte de gestion du risque », « sélection de détaillant dans un contexte de gestion du risque » (covers vendor selection, retailer selection, buyer selection, etc.).

Tous les travaux sont extraits de bases de données académiques électroniques : Science direct, Web of Science, IEEE Xplore, Spring link journal, Emerald, JSTOR, etc. Un ensemble de 135 articles de journaux et de conférences publiés entre 2003 et 2016 a été collecté.

A travers cette étude, nous cherchons à répondre aux questions suivantes.

- Quelle est la méthode la plus fréquente utilisée dans les travaux de sélection des fournisseurs dans un contexte de gestion du risque ?
- Quelles sont les techniques utilisées pour mesurer et quantifier le risque fournisseur et le risque de rupture ?
- Quel est le risque le plus cité dans ces travaux ?

1. Méthodologie de recherche

La méthodologie de recherche de cette taxonomie est synthétisée dans la fig.1. Le but principal de cette étude est de :

- ne garder que les travaux associés à la sélection d'un fournisseur dans un contexte de gestion des risques de la chaîne logistique,
- rejeter les travaux qui s'intéressent uniquement à la sélection des fournisseurs sans tenir compte du risque de rupture et les travaux qui ont traité le risque de la chaîne logistique entière.

Aussi nous avons choisi seulement les papiers qui hybrident ces deux champs. Nous nous sommes concentrés uniquement sur des documents qui ont été publiés et référencés dans des bases de données électronique tels que : Web of Science, Science Direct, IEEE Xplore, Springer lien Journaux, Emerald et ainsi de suite.

Les critères pour nos études sont les suivants : sélection des fournisseurs dans la gestion des risques, sélection des vendeurs dans la gestion des risques, la sélection des détaillants dans la gestion des risques et la sélection des sources simples ou doubles. Dans notre recherche, nous limitons aussi la période des articles publiés entre 2003 et 2016.

Pour garantir la fiabilité de notre recherche, seuls les articles de revues internationales et des articles de conférences ont été pris en considération. Ainsi, les travaux de mastères, les thèses de doctorat et les documents non publiés ont été négligé dans cette revue.

Les documents qui ont traités de la sélection des fournisseurs, sans prendre en compte les critères de risque, la perturbation, l'incertitude, la vulnérabilité et l'instabilité ne sont pas inclus. Sur la base de ces conditions, 135travaux ont été identifiés et retenus pour ce travail.

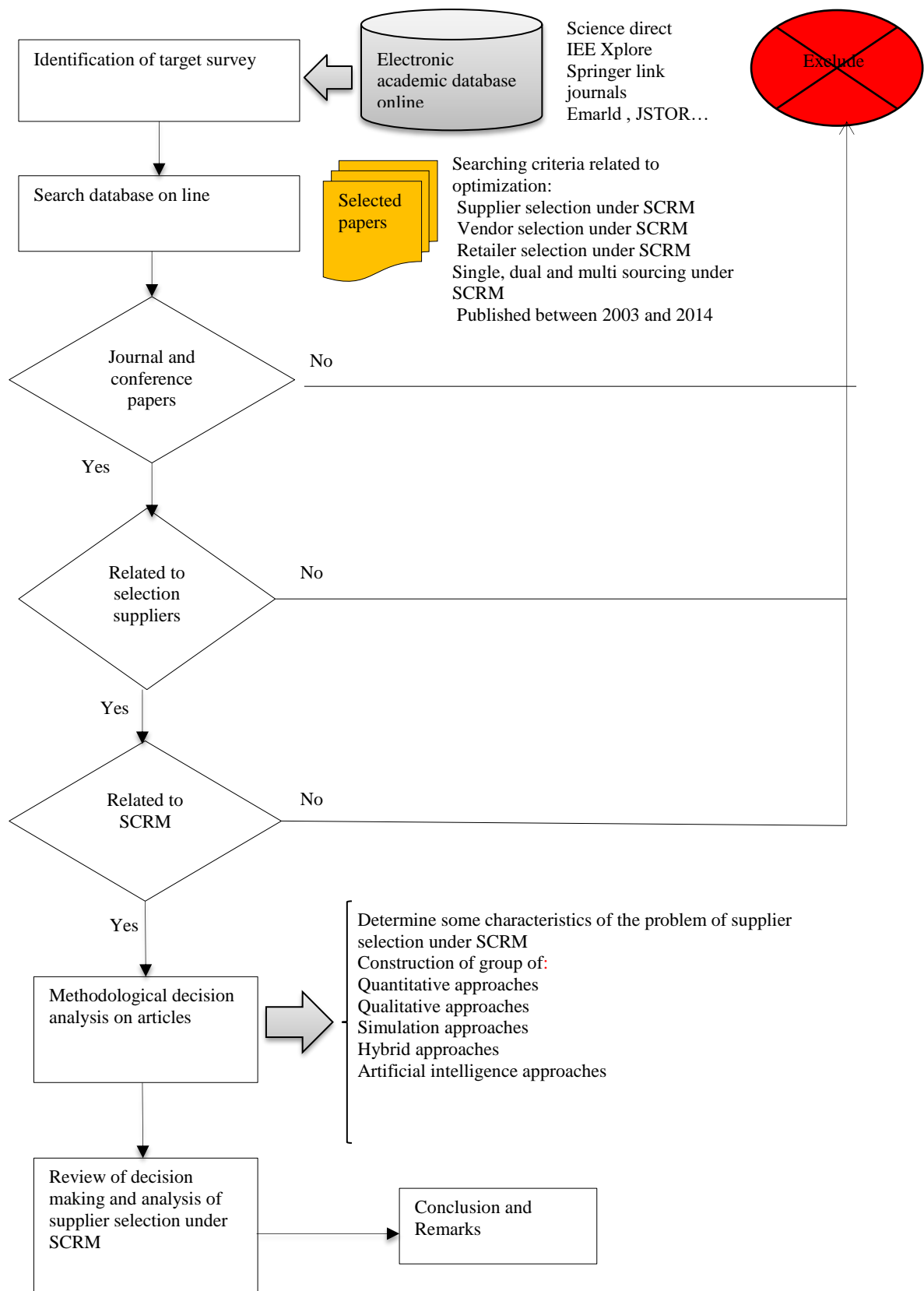


Figure 2-1 : Méthodologie de recherche pour cette revue de la littérature

2. Risque des fournisseurs

Il existe un vaste corpus de la littérature lié à la classification du risque dans la chaîne logistique.

Juttner et al. (2003), par exemple, spécifie trois séries de risques :

1. les risques internes (internal risk) qui découlent de l'organisation,
2. les risques de la chaîne d'approvisionnement (supply-chain risk) qui proviennent de l'organisation externe mais touche la chaîne d'approvisionnement,
3. les risques externes (external risk) qui sont externes à la chaîne d'approvisionnement et proviennent de l'environnement.

Waters (2007) sépare les risques de la chaîne logistique en :

1. risques internes qui peuvent être mis sous contrôle,
2. risques externe qui ne peuvent pas être contrôlé.

Quant à Kar (2010), il considère les risques systématiques et les risques non systématiques. Toutefois, il n'existe pas de classification spécifique aux risques fournisseur. Le but de cette section est de présenter une classification de ce risque fournisseur. En effet, le fournisseur peut être soumis à divers types de risques. Ces risques peuvent être un risque local, un risque semi-global, un risque global.

- Un risque local est un risque attaché uniquement à un seul fournisseur. Il regroupe les problèmes de qualité, les pannes d'équipement, les grèves, la faillite, les fluctuations de la demande, le partage de l'information qui résulte de l'intégration verticale entre les partenaires, les discounts sur les prix, les discounts sur les quantités, les fluctuations sur des capacités. La probabilité de réalisation de ce type de risque est très élevée, mais les conséquences sont très faibles.
- Le risque semi global touche un ensemble de fournisseurs. Il est généralement causé par les catastrophes naturelles. Nous citons à titre d'exemple : les catastrophes naturelles comme les séismes, les incendies, les ouragans, les inondations. L'inondation de 2011 en Thaïlande a causé des dommages graves aux entrepôts des fournisseurs de disques durs. Ces fournisseurs étaient devenus incapables de satisfaire les commandes de leurs propres clients ou d'approvisionner d'autres fabricants de PC. Ceci a abouti au blocage complet de la chaîne logistique globale.
- Le risque global un risque qui affecte tous les fournisseurs simultanément. Les causes en sont, à titre d'exemple, une crise économique, une attaque terroriste, une grève générale dans le secteur des transports, l'instabilité politique et économique, etc. Bien que la

probabilité de survenance de ces événements soit généralement très faible, leurs conséquences sont très élevées.

Remarquons qu'un événement donné aura des répercussions diverses selon les chaînes logistiques impactées. Par exemple un cyclone ou un tremblement de terre dans une région côtière peuvent donner un risque global si tous les fournisseurs d'un article sont situés dans cette région. Il donnera un risque semi-global si quelques fournisseurs seulement sont situés dans cette région.

D'après la littérature dédiée à ce sujet, il y a trois manières de modéliser le risque et l'incertitude. La première concerne l'utilisation de la logique floue pour modéliser l'incertitude, soit seule soit en l'hybridant avec d'autres méthodes existantes comme AHP, ANP, MILP. La deuxième méthode est de modéliser le risque par des approches basées sur les techniques des scénarios qui se fondent sur des paramètres stochastiques. La troisième approche consiste à intégrer les techniques quantitatives de mesure du risque comme : la valeur en risque (VaR), la valeur en risque conditionnel (CVaR), Miss the Target (MTT)

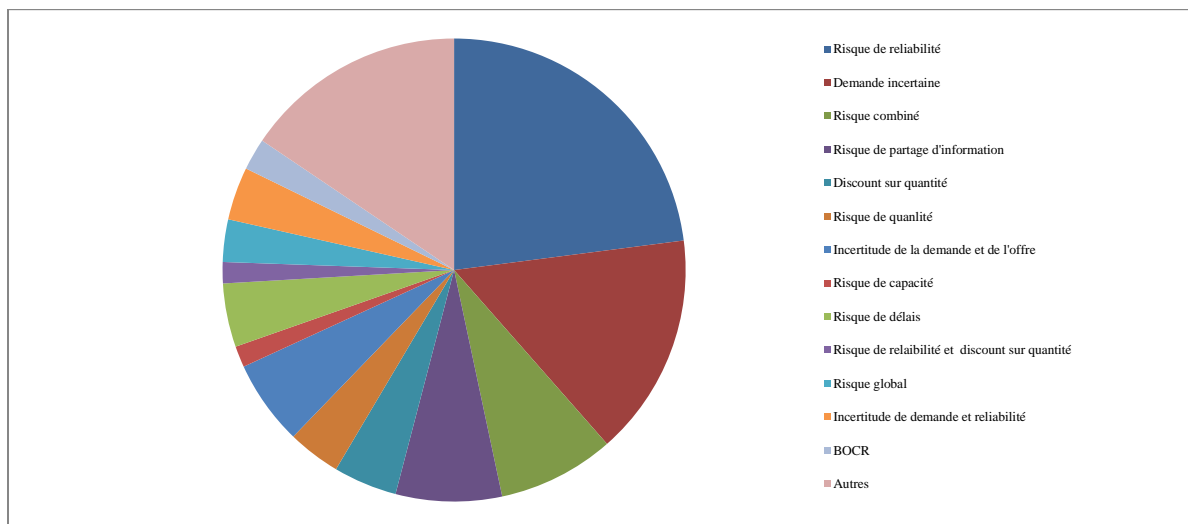


Figure 2-2 : Classification par risque

Au cours du processus d'approvisionnement, les fournisseurs sont toujours exposés aux divers risques qui perturbent la circulation de leurs flux. La Fig.2.2 donne la répartition des travaux par risque. Le risque le plus fréquent est le risque de fiabilité avec un pourcentage de 22.96% suivi par la variabilité de la demande 15.55%, le risque de partage de l'information 8.14%, le discount sur quantité 4.4%.

Sous le terme «risque combiné », nous considérons les travaux qui ont utilisé plus d'un risque pour résoudre le problème de la sélection des fournisseurs dans un univers incertain.

3. Classification selon les caractéristiques du problème de sélection des fournisseurs dans un contexte de gestion du risque

3.1. Objectifs de processus d'approvisionnement dans un univers incertain

Le but de cette section est de présenter les principaux objectifs rencontrés dans les papiers collectés. Les objectifs les plus communément trouvés dans ces divers travaux sont de minimiser le risque d'approvisionnement, de maximiser le profit global, d'établir des relations de partenariats à long terme entre le donneur d'ordre et les fournisseurs. Chaque recherche à sa manière spécifique de modéliser son objectif. Certaines d'entre elles visent à sélectionner un portefeuille de fournisseurs en présence des ruptures, d'autres se concentrent sur le problème de sélection des fournisseurs avec allocation des ordres tout en tenant compte de l'incertitude. D'autres recherches se focalisent sur l'aspect de performance globale des fournisseurs. Cet aspect ne couvre pas seulement les critères de performance opérationnelle comme le prix, la qualité, le coût, le délai de livraison mais aussi il s'intéresse aux critères de la performance globale tels que la durabilité, la logistique verte (green supplier), la stabilité organisationnelle et financière...

3.2. Typologie de sélection

Une gestion d'approvisionnement efficace nécessite de bonnes stratégies d'approvisionnement capables de s'adapter à tout bouleversement environnemental. Le décideur à diverses manières de gérer ses sources d'approvisionnement (le sourcing). Les modes de sourcing les plus fréquemment rencontrés dans la littérature sont la source unique (single supplier), les sources double (two supplier), les sources multiples (multi supplier).

- La source unique (single supplier) : tout d'abord, il est primordial de noter la différence entre une « source unique » et un « seul fournisseur » (sole sourcing).
 - « sole sourcing » signifie que la base acheteur-fournisseur ne contient qu'un seul fournisseur ;
 - « source unique » (single supplier) signifie que le décideur ne sélectionne qu'un seul fournisseur même s'il existe d'autres fournisseurs concurrents sur le marché.
- « source dual » signifie que le décideur garde deux fournisseurs, l'un qui domine l'autre en présentant des avantages compétitifs tels que la qualité, le prix, la fiabilité et ainsi de suite...

- Dans le mode « multi-sources, le décideur doit choisir un nombre optimal de fournisseurs parmi un ensemble de fournisseurs existant.

Chaque mode de sourcing présente des avantages et des inconvénients. Par suite, il doit être favorisé dans certains cas et évité dans d'autres.

Par exemple la source unique procure une meilleure garantie de qualité et induit des économies d'échelle. Elle permet d'établir une meilleure collaboration et un partenariat entre les associés et réduit l'échange d'informations confidentielles. Par contre, elle expose de plein fouet le processus d'achat aux diverses perturbations pouvant subvenir au fournisseur sélectionné.

Le « dual sourcing » est préférable lorsqu'on cherche la meilleure qualité alors que le « multi sourcing » est la meilleure stratégie d'approvisionnement dans le cas où le décideur dispose d'un budget suffisant.

Le Tableau 2-1 présente une classification des travaux selon le type de source d'approvisionnement utilisé. Nous constatons que la majorité des recherches traitent le cas du multi sources.

Tableau 2-1 : Typologie de sélection de source d'approvisionnement

	Auteurs
Single source	Choi et al. (2008), Burke et al. (2008), Taskin and Lodree (2010), He and Zhao (2012), Ma et al. (2012), Tapiero and Kogan (2007), Xiao et al. (2010), Kull and Talluri (2008), Klimov and Merkurjev (2006), Kull and Closs (2008), Amanda et al (2009), Schmitt et al (2010), Cheng et al. (2009), Gan et al. (2005), Li et al. (2014)
Dual sources	Wu et al. (2006), Hou et al. (2010), Hsieh and Lu (2010), Giri (2011), Chen et al. (2012), Zhu and Fu (2013), Qi (2013), Xiao and Yang (2008), Li et al. (2010), Ahiska et al (2013), Pal et al. (2012), Serel (2005), Serel (2009)
Multi-sources	Chen and Zhuang (2011), Viswanadham and Gaonkar (2003), Yang et al. (2007), Burke, et al. (2008), Azaron et al. (2008), Wu et al. (2010), Peidro et al. (2010), Ravindran et al. (2010), Tehrani et al. (2011), Meena et al. (2011), Sawik (2011 a), Sawik (2011 b), Bilsel and Ravindran (2011), Ma et al. (2012), Arcelus et al (2012), Mansini et al. (2012), Meena, Sarmah, (2013), Zhang and Chen (2013), Tabrizi and Razmi (2013), Duan and Liao (2013), Baghalian et al. (2013), Wu et al. (2013), Sawik (2013a), Wang (2013), Choudhary et Shankar (2013), Manerba et Mansini (2014), Hammami et al. (2014), Song et al (2014), Choudhary et Shankar (2014), Chan and Kumar (2007), Lee (2009), Sanayei et al. (2010), Vinodh et al. (2011), Tse and Tan (2012), Wu and Olson (2008), Wang and Yang (2009), Kokangul and Susuz (2009), Chamodrakas et al. (2010), Bhattacharya et al (2010), Azadeh and Alem (2010), Zabinsky (2011), Hammami et al (2012), Ruiz-Torres et al. (2013), Xiao et al. (2012), Zouggari and Benyoucef (2012), Guo and Li (2014), Finke et al. (2010), Schmitt (2011), Schmitt and Singh (2012), Zegordi and Davarzani (2012), Pinto et al (2013), Le et al (2013), Sawik (2010), Sarkar and Mohapatra (2009), Eng et al. (2013), Federgruen and Yang (2008), Mirahmadi et al (2012), Nejad et al. (2014), Sayin et al. (2014), Hsieh et al. (2014), Yin and Nishi (2014), Carrera and Mayorga (2008), Talluri et al. (2010); Zhang et al. (2012), Chiu and Okudan (2014). Kang et al. (2012), Sun et al. (2011), Xiang et al. (2014), Şen et al. (2014), Hosseini et al (2015), Nekooie et al. (2015), Çebi et Otay (2016), Sodenkamp et al. (2016), Patra et Mondal (2015), Fang et al. (2015), Rabbani et al (2014), Sherwin et al. (2016), Moghaddam (2015), Memon et al. (2015), Amorim et al. (2016)

Single versus multiple sources	Burke (2009), Awasthi et al. (2009), Zhang and Zhang (2011), Sawik (2013b), Berger and Zeng (2006), Berger et al 2004, Demirtas and Ustun (2008), Ustun and Demirtas (2008), Sawik (2014)
Single versus dual sources	Silbermayr and Minner 2014, Yu et al. (2009), Arkan et al. (2011), Schmit and Snyder (2012), Xanthopoulos and al. (2012), Sawik (2014), Brian Tomlin (2006)
Dual versus multiples sources	Ruiz-Torres and Mahmoodi (2006), Davarzani et al. 2011)
Single, dual or multiple sources	Shin et al. (2009), Ruiz-Torres and Mahmoodi (2007)

3.3. Typologie par localisation géographique

Dans la chaîne logistique, pour constituer un seul produit final, il faut assembler divers composants. De ce fait, le décideur doit communiquer avec divers fournisseurs et sélectionner quels sont les fournisseurs les plus appropriés afin d'arriver à livrer le produit au bon moment et au bon endroit. Ceci tout en minimisant le coût et la valeur du risque.

Le but de cette section, est de présenter les travaux qui donnent une importance à la localisation géographique. D'après notre base de littérature, nous avons constaté que peu de recherches traitent cet aspect. Les catégories les plus citées sont : fournisseur local et mondial, fournisseur local et semi-mondial, fournisseur local.

Par fournisseur mondial (ou étranger), nous entendons les fournisseurs qui se situent en dehors de la zone de vie des consommateurs et qui sont dispersés dans le monde entier. Ces fournisseurs sont exposés aux divers types de risque de rupture. Citons à titre d'exemple : la crise économique, les attentats terroristes la grève des transports... Alors que les fournisseurs locaux sont les fournisseurs localisés à proximité des zones de consommation et du marché. Ils présentent davantage de fiabilité mais présente aussi l'inconvénient de coût élevé. Le tableau 2-2 présente les différentes recherches qui mentionnent les critères de localisation géographique des fournisseurs.

Tableau 2-2 : Classification par localisation géographique

Type des fournisseurs	Références
Fournisseur local et global	Viswanadham and Gaonkar (2003), Yu et al. (2009), Ravindran et al. (2010), Arkan et al. (2011), Meena et al. (2011), Sawik (2011 a), Sawik (2011 b), Meena, Sarmah, (2013), Sawik (2013a), Sawik (2013b), Hammami et al. (2014), Berger and Zeng (2006), Ruiz-Torres and Mahmoodi (2006), Ruiz-Torres and Mahmoodi (2007), Berger et al 2004), Wu and Olson (2008), Schmitt and Singh (2012), Zegordi and Davarzani (2012), Sawik (2014)
Fournisseur global	Wu et al. (2010), Chan and Kumar (2007), Vinodh et al. (2011), Hammami et al (2012), Ruiz-Torres et al (2013), Yin and Nishi (2014), Carrera and Mayorga (2008)
Fournisseur local, semi-global et global	Sawik (2014), Sarkar and Mohapatra (2009),

3.4. Typologie du comportement de décideur

La tâche de sélection des fournisseurs est caractérisée par un degré élevé d'incertitude et dépend du comportement de décideur. Ce dernier doit déterminer le nombre optimal des fournisseurs, déterminer les principaux critères de sélection, savoir s'il s'agit de la qualité, du prix ou du délai. Le but de cette section est de présenter les types des comportements du décideur. En se basant sur cette présente littérature, il ressort deux types de comportement de décideur : le décideur à risque neutre (risk-neutral decision-maker) et le décideur averse au risque (risk-averse decision-maker).

Le décideur à risque neutre vise à maximiser le profit sans prendre en considération les critères de risque. Le décideur averse au risque cherche à minimiser la valeur du risque plutôt que de maximiser le profit. En d'autres termes, le décideur préfère avoir un rendement inférieur avec un risque connu plutôt qu'un rendement élevé avec des risques inconnus. Le tableau 2-3, résume les différentes recherches qui ont mentionné le comportement du décideur

Tableau 2-3 : Typologies de comportement de décideur

Comportement du décideur	Auteurs
Risque averse	Choi et al. (2008), Viswanadham and Gaonkar (2003), Burke (2009), Giri (2011), He and Zhao (2012), Ma et al. (2012), Wu et al. (2013), Brian Tomlin (2006), Sawik (2014), Sayın et al. (2014) Li et al. (2014) , Rabbani et al (2014)
Risque neutre	Tapiero and Kogan (2007), Li et al. (2010)
Risque neutre et risque averse	Sawik (2011 a), Sawik (2011 b), Ma et al. (2012), Xanthopoulos and al. (2012), Zhu and Fu (2013), Sawik (2013a), Sawik (2013b), Sawik (2014), Xiao and Yang (2008), Gan et al. (2005), Nejad et al. (2014), Fang et al. (2015)
risk-seeker, risque averse, risque neutre	Arcelus et al (2012)

3.5. Typologie des techniques de mesure du risque

Le but de cette section est de présenter les techniques de mesure du risque proposées dans la littérature du problème sélection des fournisseurs dans un contexte de gestion du risque. En se basant sur notre base de recherche, peu de travaux utilisent les techniques de quantifications du risque. Les techniques les plus fréquemment citées sont la valeur en risque (VaR) et la valeur en risque conditionnelle (CVaR), la variance moyenne, l'utilité de la fonction exponentielle et MtT. Le tableau 4 récapitule les différentes recherches qui utilisent les techniques de quantification de risque.

La valeur en risque est une technique statistique utilisée pour quantifier et calculer la valeur de risque d'un portefeuille sur un moment donné. Cette technique est utilisée par le décideur afin d'assurer que les risques ne sont pas pris au-delà d'un certain niveau de confiance.

La VaR est la perte maximale espérée avec une probabilité donnée. En fait, le calcul de valeur de VaR dépend de trois paramètres principaux : les pertes sur la période de détention, le niveau de confiance et la période de détention de l'actif. Il existe une grande variété de modèles pour estimer la valeur de VaR telle que : la variance-covariance, les données historiques et la méthode de simulation Monte Carlo. Cette technique présente plusieurs inconvénients. Principalement, elle ne donne aucune information sur les événements extrêmes.

Pour dépasser ces limites, les chercheurs ont faits recours à d'autres techniques telles que la valeur en risque conditionnelle (CVaR) pour dépasser les limites de VaR. La CVaR est appelée aussi « Excess Loss Mean expected shortfall ». Cette technique est considérée comme une

extension de CVaR et vise à calculer la valeur du risque d'un portefeuille qui excède la VaR. CVaR est caractérisée par des propriétés mathématiques solides par rapport à la VaR dont la sous additivité. Le tableau 2.4 résume la classification des techniques de mesure du risque.

Tableau 2-4 : Classification de technique de mesure de risque

Techniques de mesure du risque	
VAR et CVAR	Sawik (2011 a), Sawik (2011 b), Sawik (2013a), Sawik (2013b), Sawik (2014), Cheng et al. (2009), Sawik (2014), Fang et al. (2015), Rabbani et al (2014)
La variance moyenne	Choi et al. (2008), Wu et al. (2013), Xiao and Yang (2008), Federgruen and Yang (2008)
VaR et MTR	Ravindran et al. (2010)
Fonction d'utilité exponentielle	Giri (2011), Sayin et al. (2014)
CVaR	Ma et al. (2012), Nejad et al. (2014), Li et al. (2014)
CVaR et Variance moyenne	Tomlin (2006)

4. Catégorie de sélection

Certaines dimensions structurelles sont présentées pour cette revue de la littérature dans le domaine de sélection des fournisseurs dans un contexte de gestion du risque de la chaîne logistique. La Figure 2-3 présente les approches de modélisation et les techniques de résolution. Pour chaque approche, nous avons quelques techniques de résolutions. Citons à titre d'exemple pour l'approche « programme mathématique », nous trouvons la programmation multi-objective, la programmation linéaire.... De même pour l'approche qualitative, nous mentionnons la méthode AHP, la théorie des jeux, l'ANP....

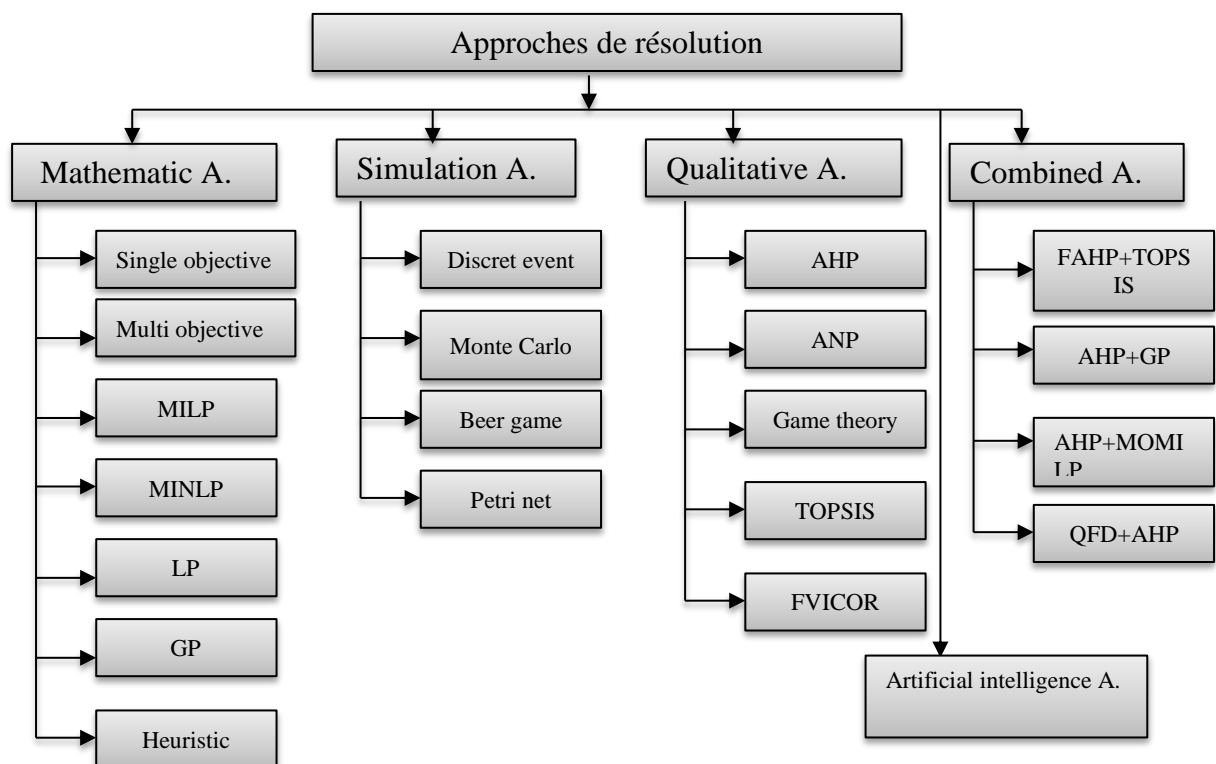


Figure 2-3 : Classification des approches de sélection des fournisseurs

MILP: Mixed integer linear program, **MINLP**: Mixed integer nonlinear program, **LP** linear program, **GP** Goal programming, **AHP**: analytic hierarchy process, **ANP**: analytic network process, **TOPSIS**: Technique for order preference similarity to ideal solution, **VICOR**: vlsse kriterijumska optimizacija kompromisno resenje, **MOMILP**: multi-objective mixed integer linear program, **QFD**: quality function deployment.

La revue de littérature montre qu'il existe de nombreux travaux sur la sélection des fournisseurs dans un contexte de gestion du risque. Chaque recherche à ses propres moyens et sa manière de traiter le problème. Divers approches ont été utilisée comme la programmation linéaire PL, la programmation non linéaire PNL, les modèles analytiques, les modèles stochastiques. D'autres

travaux ont combinés plusieurs approches pour résoudre ce thème comme : AHP et GP, TOPSIS et FAHP, les arbres de décision et le Mixed-integer linear programming (MILP)

Dans ce contexte, le tableau 2-5 présente pour chaque travail la technique utilisée et le risque traité.

Tableau 2-5 : Classification des travaux par approche

References	Technique	Set of risk
Quantitative approaches		
Viswanadham and Gaonkar (2003)	MILP	Risk of reliability
Serel (2005)	Analytic model	Uncertain demand
Gan et al. (2005)	Analytic model	Risk of sharing information
Yang et al. (2007)	Non-linear program	Random yield and prices
Burke, et al. (2008)	Linear program	Quantity discount
Burke et al. (2008)	Heuristic	Quantity discount
Choi et al. (2008)	Mean variance	Uncertain demand
Azaron et al. (2008)	Multi-objective stochastic programming	Risk of reliability
Burke (2009)	Stochastic program	uncertain demand
Shin et al. (2009)	Analytic model	Risk quality
Yu et al. (2009)	Analysis of expected profit functions	Risk reliability
Federgruen and Yang (2008)	Heuristic	Uncertain demand and supply uncertainty
Awasthi et al. (2009)	Heuristic	Uncertain demand
Serel (2009)	Analytic model	Uncertain demand and supply uncertainty
Cheng et al. (2009)	Analytic model	Uncertain demand
Hou et al. (2010)	Non-linear programming	Uncertain demand and supply uncertainty
Sawik (2010)	Multi-objective programming	Risk of reliability
Taskin and Lodree (2010)	Heuristic algorithm Stochastic programming	Risk of sharing information
Hsieh and Lu (2010)	Stochastic Newsvendor programming	Uncertain demand and Price-sensitivity
Wu et al. (2010)	Fuzzy multi-objective programming	Demand and supply risks and external risk
Peidro et al. (2010)	Fuzzy mixed-integer linear programming	Demand, process and supply uncertainty
Ravindran et al. (2010)	Multi-objective programming	Risk of reliability due to catastrophic natural and risk of quality
Zhang and Zhang (2011)	Mixed integer programming	Uncertain demand
Tehrani et al. (2011)	Analytic model	Uncertain manufacturing capacities
Giri (2011)	Exponential utility function	Risk of reliability and uncertain demand
Arkan et al. (2011)	Analytic model	Risk of reliability and credit period
Davarzani et al. (2011)	Nonlinear programming	Unreliable capacity and lower product quality
Meena et al. (2011)	Heuristic	Failure due to the catastrophic events disruption
Sawik (2011 a)	Multi objective programming	Local and global disruption
Sawik (2011 b)	Multi objective programming	Delay risk
Bilsel and Ravindran (2011)	Multiobjective stochastic programming	Operational risks

He and Zhao (2012)	Nash bargaining model	Random yields and stochastic demand
Pal et al. (2012)	Analytic model	Reliability
Ma et al. (2012)	Nash-bargaining model	Uncertain demand
Ma et al. (2012)	Linear programming	Uncertain demand forecast
Arcelus et al (2012)	Multiobjective stochastic programming	Uncertain demand
Chen et al. (2012)	Linear programming	Risk of reliability and uncertain demand
Mansini et al. (2012)	Heuristic	Quantity discounts
Schmit and Snyder (2012)	Heuristic	disruptions and yield uncertainty
Xanthopoulos and al. (2012)	Stochastic model	Disruption risks
Meena, Sarmah, (2013)	Mixed integer non-linear programming	Supplier failure and quantity discount
Eng et al. (2013)	Nonlinear programming	Uncertain demand and stochastic supply
Zhang and Chen (2013)	Mixed nonlinear integer programming	Uncertain demand and quantity discount
Zhu and Fu (2013)	Stochastic newsvendor programming	Risk of reliability
Tabrizi and Razmi (2013)	Mixed-integer non-linear programming	Uncertain demand, and processing-side risks
Duan and Liao (2013)	Heuristic	Uncertain demand
Baghalian et al. (2013)	Stochastic mixed integer nonlinear programming	Uncertain demand-side and supply-side
Wu et al. (2013)	Stochastic fuzzy multi-objective programming	Random uncertainty and fuzzy uncertainty
Sawik (2013a)	Multi-objective programming	Disruption of local and semi-global supplier
Sawik (2013b)	Stochastic mixed integer programming	Disruption of local and global supplier
Wang (2013)	Heuristic	Uncertain demand
Choudhary and Shankar (2013)	Mixed integer linear programming	Quantity discounts with unreliable quality and delivery performance
Qi (2013)	Analytic model	Risk of reliability
Silbermayr and Minner (2014)	Heuristic	Risk of reliability
Manerba and Mansini (2014)	Matheuristic	Quantity discount
Hammami et al. (2014)	Mixed integer scenario-based stochastic programming	Currency fluctuation uncertainties, and price discounts
Song et al. (2014)	Stochastic dynamic programming	Uncertain material supplies, stochastic production times, and random customer demands
Sawik (2014)	MILP	Disruption of domestic suppliers and disruption of foreign supplier
Choudhary and Shankar (2014)	Multi-objective integer linear	Delay risk and rejections
Sayin et al. (2014)	Analytic model	Uncertain demand
Nejad et al. (2014)	Mixed integer programming (MIP)	Supplier fails due to catastrophic Events
Sawik (2014)	Mixed integer programming (MIP)	Risk of reliability
Li et al. (2014)	Nash bargaining model	Uncertain demand
Talluri et al. (2010)	NLP (Quadratic programming)	Risk reduction of benefits
Zhang et al. (2012)	Heuristic	Risk of information leakage

Chiu and Okudan (2014).	MILP	Uncertain demand
Sun et al. (2011)	Particle swarm optimization PSO	Uncertain material demand, the spot market material unit price and the spot market material supply quantity
Ray and Jenamani (2014)	MILP	Uncertain demand and supply
Şen et al. (2014)	Heuristic	Uncertain Price
Sodenkamp et al. (2016)	Programme linéaire multi objectif	Global risk
Patra and Mondal (2015)	Multiobjectifs	Incertitude de la demande
Fang et al. (2015)	Programme en nombre entier mixte	Operational risk and risk disruption
Rabbani et al. (2014)	Multiobjectifs	Quality risk
Moghaddam (2015)	Multiobjectif	Demande and supply risk
Amorim et al. (2016)	Programme en nombre entier mixte	Service risk
Qualitative approaches		
Wu et al. (2006)	AHP	Inbound supply risks
Berger and Zeng (2006)	Decision-tree	Unavailability of suppliers to satisfy the buying firm's demand.
Ruiz-Torres and Mahmoodi (2006)	Decision tree	Reliability risk
Chan and Kumar (2007)	FAHP	Risk factors: terrorism, government stability, economic status, and geographic allocation of supplier
Tapiero and Kogan (2007)	Game theory	Statistical risks of the supplier and the producer
Chen et Zhuang (2011)	Game theory	Demand disruption
Ruiz-Torres and Mahmoodi (2007)	Decision tree	Delay risk
Xiao and Yang (2008)	Game theory	Uncertain Demand
Lee (2009)	FAHP	Benefits, opportunities, costs and risks (BOCR)
Sarkar and Mohapatra (2009)	Decision tree	Super, semi and unique disruption
Xiao et al. (2010)	Game theory	Uncertain demand
Sanayei et al. (2010)	FVIKOR	Uncertainty of environment
Li et al. (2010)	Game theory	Uncertain demand and reliability
Vinodh et al. (2011)	FANP	Global risk
Tse and Tan (2012)	Marginal incremental analysis (MIA)	Quality risk and visibility
Mirahmadi et al. (2012)	Decision Tree	Supply risk
Hsieh et al. (2014)	Game theory	Uncertain demand
Berger et al.(2004)	Decision tree	Super-events, Unique events
Yin and Nishi (2014)	Game theory	Uncertain demand and asymmetric information
Kang et al. (2012)	FANP	Global risk
Li and Zeng (2014)	failures modes and effects analysis (FMEA)	late delivery
Sherwin et al. (2016)	Decision tree	Risk of late delivery
Combined models		
Demirtas and Ustun (2008)	ANP +MOMILP	Benefit, opportunity, cost and risk (BOCR)
Kull and Talluri (2008)	AHP+GP	Variety of risk goals
Ustun and Demirtas (2008)	ANP and multiobjective mixed integer linear programming	Benefits, opportunities, costs and risks (BOCR)
Wu and Olson 2008	CCP+DEA+MOP	Uncertain supply chain environment
Wang and Yang (2009)	AHP and MOLP	Quantity discount

Kokangul and Susuz (2009)	AHP and multi-objective programming	Quantity discount
Chamodrakas et al. (2010)	Combining of a satisficing approach with fuzzy AHP	Risk of sharing information
Bhattacharya et al. (2010)	QFD+AHP	Risk of sharing information
Azadeh and Alem (2010)	DEA, FDEA, and CCDEA	Certainty, uncertainty and probabilistic conditions
Zabinsky (2011)	Stochastic programming (SP), chance-constrained programming (CCP) and Multi-parametric programming	Uncertain demand and supplier capacity
Hammami et al (2012)	AHP and mixed integer programming	Uncertain delivery time
Kubat et Yuce (2012)	Fuzzy AHP and Genetic Algorithm	Uncertain criteria
Sharma and Balan (2013)	Taguchi's loss function technique, TOPSIS method and goal programming model	Quality loss
Pang and Bai (2013)	FANP and fuzzy synthetic evaluation methodology	Fuzzy environment
Chen et al. (2012)	K-means clustering, feature selection and decision tree	Noise-inducing features and reducing the risk of over fitting
Alinejad et al. (2013)	Quality function deployment (QFD), fuzzy set theory and AHP	Uncertain criteria
Ruiz-Torres et al. (2013)	Decision tree and mixed integer linear programming	Risk of supplier failure
Xiao et al. (2012)	Fuzzy cognitive map (FCM) and fuzzy soft sets	Operational risks
Zouggari and Benyoucef (2012)	TOPSIS and fuzzy AHP	Risk market: Geographical location, Political and economic stability
Guo and Li (2014)	Mixed integer nonlinear programming and simulation	Stochastic demand
Hosseiniinasab et Ahmadi (2015)	AHP et Multi objectifs	Dépendance du risque
Nekooie et al. (2015)	ANP + goal programming	Delay and quality risk
Çebi et Otay (2016)	Goal programming + ANP	Uncertain and imprecision data
Memon et al. (2015)	Grey system theory, incertain theory and goal programming	Demande and delay uncertain
Simulation approaches		
Klimov and Merkuryev (2006)	Beer Game simulation	Purchasing risk, delivery risk and warehousing risk
Xiang et al. (2014)	discrete event simulation	uncertainty of demand and enterprises' production capacity
Brian Tomlin (2006)	Discret time Markov chain	Supply uncertainty and reliability
Kull and Closs (2008)	Simulation methods	Failure of second-tier supply
Amanda et al (2009)	Monte Carlo simulation	Disruption risk
Finke et al. (2010)	Discrete-event simulation	Supplier bankruptcy
Schmitt et al. (2010)	Discrete event uncertainty simulation	Risk of reliability, uncertain demand and supply yield
Schmitt (2011)	Discrete Time Markov Chain simulation	Disruption
Schmitt and Singh (2012)	Discrete event simulation	Supply disruptions and demand uncertainty
Ahiska et al. (2013)	Discrete-time Markov chain simulation	Reliability risk

Zegordi and Davarzani (2012)	Petri nets model	Reliability risk
<i>Artificial Intelligence</i>		
Pinto et al (2013)	Human-in-the-loop decision support system (HIL-DSS)	Risk of sharing data (Lack of historical, quantitative data)
Le et al. (2013)	Association rule hiding	Risk of sharing data
Carrera and Mayorga (2008)	Fuzzy Inference System	Risk of sharing data (Uncertain environment: conflicting objectives, and incomplete information)
Jain et al. (2014)	Data mining approach	Uncertain data mining

En nous basant sur cette littérature, nous avons classés les travaux collectés en 5 groupes principaux. Le premier groupe concerne les approches quantitatives, le deuxième présente les approches qualitatives, le troisième englobe les travaux qui combinent au moins deux approches, le quatrième groupe regroupe les travaux qui ont résolu ce présent problème par des approches de simulation et le dernier groupe recense les approches par intelligence artificielle.

5. Un aperçu des techniques utilisées

5.1. Approches qualitatives

La technique de décision multi attributs (MADMT : Multi attribut décision maker) est composée de plusieurs alternatives contradictoires. Chaque variante est représentée par des caractéristiques spécifiques. L'objectif pour le décideur est de trouver une solution optimale. Dans le contexte de sélection des fournisseurs dans un univers incertain, les critères les plus utilisés sont les critères de qualité, de prix, fiabilité, délais, risque.... et parmi les approches les plus utilisées dans ce contexte, on trouve AHP, les arbres de décision, la théorie de jeux, ANP, TOPSIS...

5.1.1. *Processus d'analyse hiérarchique : AHP*

L'AHP est une technique hiérarchiquement structurée qui s'intéresse à comparer, évaluer l'effet de divers critères. L'objectif est de sélectionner la meilleure alternative. Le principe consiste à classer les critères depuis le plus important (ou le meilleur) jusqu'au moins important (ou le plus mauvais). Chaque jugement nécessite une agrégation. L'approche d'AHP présente divers avantages mais elle présente aussi des inconvénients. Le résultat dépend toujours du jugement des décideurs. Il est difficile d'intégrer des contraintes dans le modèle. Les recherches qui ont résolu le problème de sélection des fournisseurs dans un contexte de gestion du risque par cette présente méthode sont : Wu et al. (2006), Chan et Kumar (2007) et Lee (2009).

Wu et al. (2006), ont proposé une méthodologie qui permet de classer gérer et évaluer le risque dans la phase amont de la chaîne logistique. Ils ont utilisé la méthode AHP pour classer les facteurs de risque des fournisseurs. Chan et Kumar (2007) ont intégré la notion de floue à l'approche AHP. Le but est d'identifier et de déterminer les critères les plus importants y compris le risque ceci afin de développer un système efficient de sélection des fournisseurs globaux. Lee (2009), a incorporé les critères de BOCR (benefit, opportunity, cost and risk) pour évaluer les divers critères de sélection des fournisseurs. Vinodh et al. (2011) ont utilisé la méthode fuzzy ANP pour déterminer le fournisseur optimal. En effet, la technique ANP est utilisée pour dépasser quelques limites de l'approche ANP.

Kang et al. (2012), ont développé une approche d'ANP floue (FANP) en utilisant le concept de super matrix pour le problème de sélection de fournisseur. L'étude est limitée à quelques critères tels que le coût, qualité, livraison, développement d'un nouveau produit et risque. Ils ont concluent que les critères de qualité et coût sont les plus importants pour le problème de sélection des fournisseurs.

5.1.2. L'arbre de décision

L'arbre de décision est une méthode qui appartient à la famille des approches qualitatives. L'arbre de décision est l'une des approches les plus populaires. Elle représente une situation spécifique et complexe. Elle est basée sur l'analyse de diagramme ce qui permet au décideur de mieux analyser la situation et de bien décider en présence des différents critères en contradictions. Elle présente un aperçu général de situation réelle (de différent étage) ce qui permet au décideur d'analyser toutes les possibilités (combinaisons possible).

Parmi les travaux qu'ont utilisé l'arbre de décision dans le problème de sélection dans un contexte de gestion du risque : Berger et Zeng (2006), Ruiz-Torres et Mahmoodi (2007), Berger et al (2004), Ruiz-Torres et Mahmoodi (2006), Sarkar et Mohapatra (2009) et Mirahmadi et al (2012). En fait l'objectif commun entre ces différentes recherches est de capturer le risque et ses différents niveaux.

Berger et al (2004), ont utilisé cette méthode pour la sélection des fournisseurs en présence d'une rupture semi-événement (semi-event) qui affecte tous les fournisseurs simultanément et de rupture unique événement (unique-event) qui affecte un seul fournisseur.

Berger et Zeng (2006), ont supposé que les fournisseurs peuvent avoir deux situations uniquement : ou bien tous les fournisseurs sont en état de rupture ou bien tous les fournisseurs peuvent livrer normalement.

Ruiz-Torres et Mahmoodi (2006) ont gardé la même hypothèse que Berger et Zeng (2006), mais ils ont inclus dans leur modèle d'autres critères comme le coût de maintenance chez le fournisseur, la quantité achetée et le coût de pénalité des pièces non délivrées. Ruiz-Torres et Mahmoodi (2007), ont critiqué l'hypothèse de ces derniers travaux. Ils ont supposé que l'ensemble des fournisseurs sont dans une situation binaire (ou bien un fournisseur est en rupture ou bien il est dans un état normal). Ils ont proposé une véritable approche de prise de décision et supposé qu'il existe une autre situation qui concerne la rupture d'un seul fournisseur et ont considéré que la probabilité de rupture des fournisseurs n'est pas équiprobable.

Sherwin et al. (2016) ont développé une nouvelle méthodologie basée sur l'arbre de décision pour analyser, identifier le risque de retard et proposer une stratégie proactive d'atténuation du risque dans la chaîne d'approvisionnement.

5.1.3. La théorie de jeux

La théorie de jeux est une méthode qui, se base sur la logique et les mathématiques. Elle analyse les situations où la décision de chaque participant ne dépend pas seulement de ses propres décisions mais également des décisions prises par les autres participants. La sélection optimale

pour un décideur dépend généralement de ce que font les autres. Dans ce contexte, peu des travaux ont appliqué la théorie de jeux. Tapiero et Kogan (2007), Xiao et Yang (2008), Xiao et al. (2010), Li et al (2010), Hsieh et al. (2014).

Tapiero and Kogan (2007) ont développé une chaîne logistique à deux étages. Cette chaîne est composée d'un seul producteur et un seul fournisseur. Ce travail est effectué à deux niveaux : le premier niveau, les auteurs ont supposé que ces deux partenaires sont dans une situation de concurrence. Ils ont utilisé la théorie de jeux de récompense aléatoire ceci dans un contexte de minimisation du risque. Dans un deuxième niveau, les partenaires sont placés dans une situation collaborative pour gérer le risque de qualité. Le but de ce travail est de considérer le contrat de contrôle qualité entre les partenaires dans une structure de concurrence et entre les partenaires dans une structure de collaboration.

Xiao and Yang (2008), ont développé un modèle à trois étages composé d'un détaillant, un producteur et un client. Le but est de chercher l'impact de facteur endogène et exogène, le temps de livraison et la saisonnalité des ventes, tout en considérant l'incertitude de la demande et les coûts de possession de stock. Li et al. (2010), ont traité le cas de stratégie d'approvisionnement d'un détaillant et la stratégie de prix de deux fournisseurs en présence de rupture de chaîne logistique. Hsieh et al. (2014), ont utilisé la théorie de jeux tout en considérant un ensemble d'usines (producteurs) avec un détaillant commun en présence de demande incertaine et de prix de vente instable. Yin et Nishi (2014), ont étudié un modèle à trois étages où le fournisseur est confronté à un problème d'information asymétrique et à l'incertitude de la demande. Ils ont utilisé la théorie des jeux pour modéliser l'asymétrie d'information entre le fournisseur et le producteur. Chen et Zhuang (2011), ont utilisé la théorie des jeux pour une chaîne logistique à deux étages : un producteur et plusieurs détaillants ayant des opportunités de vente promotionnelle et avec des scénarios de rupture de demande.

D'autres méthodes qualitatives ont été utilisées pour résoudre le problème de sélection des fournisseurs dans un contexte de gestion du risque. Comme l'analyse incrémentale marginale (MIA) qui est utilisée par Tse et Tan (2012). MIA est une méthode intégrée de calcul différentiel et d'analyse marginale pour évaluer les relations entre les variables de contrôle et le coût. MIA est utilisée dans ce travail pour analyser le risque de qualité du produit, le coût lié à la qualité de produit et la visibilité de la chaîne logistique en amont (fournisseur) et en aval (client). Une autre méthode de décision multicritère est la méthode de FVIKOR. Le principe de cette méthode consiste à classer, sélectionner les alternatives les plus importants parmi l'ensemble des alternatives. Elle permet au décideur de trouver une solution de compromis entre les critères en contradiction. Cette méthode est développée pour résoudre les problèmes multicritères

complexes. Dans ce contexte, Sanayei et al. (2010), ont utilisé la technique de FVIKOR pour incorporer l'incertitude et les facteurs qualitatifs de problème de sélection des fournisseurs dans le but de déterminer le meilleur score des fournisseurs.

He and Zhao (2012), ont traité une chaîne logistique à trois niveaux : un producteur, un détaillant et un fournisseur en présence de demande et d'approvisionnement incertain. L'auteur a pris en considération l'attitude du fournisseur qui est averse au risque et l'impact de l'achat de matière première sur la performance de la chaîne d'approvisionnement.

Ma et al. (2012) ont traité une chaîne logistique avec un producteur et un détaillant en présence de demande stochastique. Le détaillant est présumé averse au risque et retient la technique de CVaR alors que le producteur est considéré risque neutre. Une technique de Nash-bargaining a été utilisée pour déterminer le prix du détaillant et la quantité demandée.

Li et al. (2014), ont utilisé la technique de Nash bargaining pour une chaîne d'approvisionnement composé d'un producteur et un détaillant. Le but est de déterminer le prix du détaillant et la quantité en présence lorsque la demande est volatile. En fait, le producteur est considéré risque neutre alors que le détaillant est assumé averse au risque. Le résultat montre que l'aversion au risque est un indicateur significatif qui influence le prix du détaillant en présence de demande volatile.

Tableau 2-6 : Distribution des recherches suivant les approches utilisées

Techniques	Abréviations	Nombre des travaux	Pourcentage local %	Parentage global %
Approches quantitatives = 71				
Programme multi objectifs	MOP	15	0,2113	0,11111
Heuristique	H	13	0,1831	0,09630
Programme en nombre entiers mixtes	MILP	13	0,1831	0,09630
Programme linéaire	LP	3	0,0423	0,02222
Modèle stochastique	SM	5	0,0704	0,03704
Programme en nombre entiers mixte non linéaire	MINLP	4	0,0563	0,02963
Modèle analytique	AM	10	0,1408	0,07407
Programme non linéaire	NLP	5	0,0704	0,03704
la variance moyenne	MV	1	0,0141	0,00741
Analyse de l'espérance de profit	AEP	1	0,0141	0,00741
Fonction d'utilité exponentielle	EUF	1	0,0141	0,00741
Approches qualitatives = 25				
Processus d'analyse hiérarchique	AHP	3	0,12	0,0222
Processus analytique de réseau	ANP	2	0,080	0,015
Théorie de jeux	GT	10	0,400	0,074
Arbre de décision	DT	7	0,280	0,052
Analyse incrémentale Marginal	MIA	1	0,040	0,007
FVICOR	FVICOR	1	0,040	0,007

Analyse des modes de défaillance	FMEA	1	0,040	0,007
Approches par simulation = 11				
Chaine de Markov	DTMC	7	0,636	0,0519
Simulation Monte Carlo	MOS	1	0,091	0,0074
Beer game	BG	1	0,091	0,0074
Réseau de Petri	PN	1	0,091	0,0074
Modèle de simulation	SM	1	0,091	0,0074
Approches combinés = 24				
Approche quantitative et approche qualitative combinés	CQLQN	11	0,4583	0,081
Deux approches qualitatives combinées	C2QL	10	0,4167	0,074
deux approches quantitatives combinées	C2QN	3	0,1250	0,022
Approche par intelligence artificielle = 4				
Human- in-the loop decision support system HIL-DSS	DSS	1	0, 250	0,0074
Association rule hiding	ARH	1	0, 250	0,0074
l'inférence floue	FI	1	0, 250	0,0074
Data mining	DT	1	0, 250	0,0074

6. Approches quantitative

6.1. Programmation mathématique

La programmation mathématique est une méthode très importante pour résoudre des problèmes d'optimisation. Cette technique modélise les contraintes et l'objectif du problème étudié sous forme d'équations et d'inéquations mathématiques. Dans notre cas, elle vise à sélectionner les fournisseurs et à planifier la meilleure allocation des commandes en présence de contraintes spécifiques au problème. Ces contraintes peuvent être d'origines naturelles, financière, technologiques ou autres. Selon la nature des équations modélisant le problème, on parlera de : programmation linéaire, programmation non linéaire, programmation en nombre entiers mixte, programmation non linéaire en nombre entiers mixte, programmation multi objectif ...

Dans les modèles mathématiques, il existe divers types de paramètres :

- des paramètres déterministes qui se caractérisent par des constantes,
- des paramètres aléatoires ou stochastiques distribués aléatoirement
- des paramètres flous répondant à la logique floue.

On parlera alors de programme déterministe, stochastique et flou.

6.2. Programme stochastique

La programmation stochastique est une structure de modélisation de problème d'optimisation qui permet de modéliser l'incertitude. Dans la littérature étudiée, nous constatons que c'est le paramètre de la demande qui est le plus souvent aléatoire. Il suit généralement une loi connue (uniforme, normal). Pour exemple de ces recherches : Taskin et Lodree (2010), Burke (2009), Bilsel et Ravindran (2011).

Bilsel et Ravindran (2011), ont utilisé la méthode « chance constraint programming » pour relaxer les contraintes d'un programme mathématique déterministe et les remplacer par des contraintes probabilistes dans lequel la majorité des paramètres sont distribués aléatoirement. Xanthopoulos et al. (2012), ont développé un modèle stochastique pour faire un compromis entre les politiques d'inventaire et le risque de rupture dans la chaîne logistique dans un problème de « dual sources ». Dans ce travail, ils ont supposés que la demande suit la loi normale.

Zhu et Fu (2013), ont développé un modèle de vendeur des journaux stochastique (newsvendor problem) dans lequel ils ont supposé que le détaillant fait face à une demande aléatoire. Dans Sawik (2011a), Sawik (2011b), Sawik (2013a), Sawik (2013b) et Sawik (2013a), la majorité

des paramètres sont distribués uniformément (les prix, les demande, la probabilité de rupture) alors que les taux de non-conformité suivent la loi exponentielle.

Silbermayr et Minner (2014) ont étudié une chaîne logistique à deux étages dans lequel ils ont supposé que le vendeur fait face à une demande incertaine. La demande suit la loi de poisson. Le vendeur s'approvisionne près de fournisseurs qui ne sont pas parfaitement fiables. L'objectif est modéliser la variabilité des demandes des consommateurs.

Hsieh et Lu (2010), ont étudié une chaîne logistique à deux étages avec un producteur et deux détaillants averses au risque. Les demandes sont aléatoires et sensible à la variation des prix. Song et al. (2014), ont étudié le problème d'une chaîne logistique composée d'un producteur et plusieurs fournisseurs en présence de diverses sources d'incertitudes : temps de production stochastique, approvisionnement incertains, incertitude sur la demande.

6.3. Programme linéaire

Dans un programme linéaire, l'ensemble des équations, inéquations et la fonction objective sont linéaires. Les variables sont réelles. Les travaux qui ont utilisé cette technique sont les suivant : Burke et al. (2008), Ma et al. (2012), Chen et al. (2012).

Burke et al. (2008), ont traité un problème d'approvisionnement avec plusieurs fournisseurs et un seul produit. Le but est de minimiser le coût total d'achat en présence de discounts sur le prix et sur la quantité.

Ma et al. (2012), ont étudié le problème du vendeur de journaux d'un produit saisonnier.

Ce détaillant peut commander et ou annuler tout au long de la saison. Deux modèles ont été développés dans ce travail. Un modèle où le détaillant peut commander des quantités supplémentaires s'il prévoit une augmentation de la demande. Un modèle où le détaillant peut annuler les commandes passées si ses prévisions indiquent une baisse de la demande. Pour les deux modèles, le détaillant est supposé averse au risque. Le résultat montre que la quantité optimale dépend de l'information du marché et de la fluctuation de la demande. Le détaillant doit faire un compromis entre la quantité demandé au début de la saison et la quantité de mi-saison pour atteindre le bénéfice cible.

Chen et al. (2012), ont traité un problème d'inventaire périodique avec deux fournisseurs. Un fournisseur non fiable, qui peut avoir une rupture à tout moment et un fournisseur de secours en cas de rupture du premier. Ce dernier fournisseur est fiable certes. Mais il présente des contraintes de capacité limité, un prix unitaire d'achat élevé et un coût fixe élevé par rapport au fournisseur non fiable.

6.4. Programme non linéaire

Il est similaire au programme linéaire, composé d'une fonction objectif et une ou plusieurs contraintes. Mais ici, certaines équations ne sont plus linéaires, soit dans la fonction objective soit dans les contraintes, soit dans les deux à la fois. Les travaux suivants ont utilisé des programmes non linéaires pour la résolution de ce présent problème : Yang et al. (2007), Hou et al. (2010), Davarzani et al. (2011), Eng et al. (2013).

Yang et al. (2007), ont traité un problème de sélection des fournisseurs en présence d'une demande aléatoire. L'enjeu pour le décideur est de déterminer la quantité optimale à commander et de sélectionner un sous-ensemble des fournisseurs parmi un ensemble de fournisseurs qui possèdent divers niveaux de prix et de rendement.

Hou et al. (2010), ont étudié une chaîne logistique à deux étages : un producteur et deux fournisseurs. Un fournisseur d'approvisionnement de base et l'autre de secours. Le décideur doit déterminer la quantité optimale en tenant compte des contraintes des fournisseurs de secours. Les auteurs mentionnent deux types de rupture : un risque de rupture d'approvisionnement et l'incertitude d'approvisionnement récurrents.

Davarzani et al. (2011), ont comparé différentes sources d'approvisionnement (fournisseur unique / fournisseur double / fournisseurs multiple) pour un seul produit. Ils ont considéré un fournisseur non fiable mais qui offre une bonne qualité alors que les autres fournisseurs sont plus fiables mais offrent une qualité moindre. Un test ANOVA a été utilisé pour comparer les différentes stratégies.

Eng et al. (2013), présume que le partage d'information des fournisseurs joue un rôle important dans la sélection de fournisseur et la détermination des quantités optimales. Ils suggèrent qu'il est préférable pour le décideur de choisir la stratégie de fournisseurs multiple lorsque la demande est certaine.

Talluri et al. (2010), ont proposé un nouveau modèle pour la détermination des quantités optimales. Deux scénarios ont été proposés : un seul producteur avec plusieurs fournisseurs (SMMS) et deux producteurs avec plusieurs fournisseurs (TMMS). Le producteur peut aider financièrement les fournisseurs afin qu'ils améliorent leur capacité, leur performance et atténuent leur risque. L'objectif est de déterminer comment le producteur peut investir chez les fournisseurs tout en garantissant un niveau de rentabilité acceptable.

6.5. Programme non linéaire en nombre entier mixte

Dans ce cas, le programme est non linéaire, mais une partie des variables sont entières ou valent $\{0, 1\}$. Les travaux suivants ont utilisé cette technique : Meena et Sarmah, (2013), Hang et Chen (2013), Tabrizi et Razmi (2013) Baghalian et al. (2013).

Meena et Sarmah (2013), ont étudié le problème d'allocation des quantités optimales en présence de risque de rupture des fournisseurs et de discount sur les prix en fonction de la quantité demandée. Un programme MNLIP a été développé tout en considérant la probabilité de rupture de capacité, le discount sur les prix et des compensations entre les fournisseurs potentiels. Le résultat montre que l'allocation des quantités a une influence sur le coût plus forte que la probabilité de rupture des fournisseurs. De plus les fournisseurs qui pratiquent des discounts élevés sur les prix élevés reçoivent plus de commande. Mais en cas d'égalité sur le discount, les fournisseurs qui ont une probabilité de rupture plus faible obtiennent des quantités de commande maximales.

Zhang et Chen (2013), ont étudié le problème de sélection des fournisseurs et la procédure d'approvisionnement en présence d'incertitude de demande et de discount sur quantité tout en considérant des coûts de pénalité en cas de non livraison des commandes. L'étude est appliquée dans une entreprise de télécommunication de la Chine.

Tabrizi et Razmi (2013), ont retenu la logique floue pour modéliser les incertitudes et les risques dans la phase de design de la chaîne logistique.

Baghalian et al. (2013), ont développé un modèle de conception de réseau d'une chaîne logistique multi-produit, avec des producteurs aux capacités de production limitées, des centres de distribution et des détaillants. L'étude prend en considération l'incertitude sur la demande et l'approvisionnement. Une étude de cas est appliquée à l'industrie agroalimentaire.

6.6. Programme linéaire en nombre entier mixte

Un programme en nombre entier mixte est la minimisation ou la maximisation d'une fonction linéaire soumise à des contraintes linéaires dans lesquels certaines variables doivent être entières. Les travaux suivants ont utilisé cette approche : Viswanadham et Gaonkar (2003) , Peidro et al. (2010), Zhang et Zhang (2011), Sawik (2013b) Choudhary et Shankar (2013), Hammami et al. (2014), Sawik (2014), Nejad et al. (2014), Sawik (2014), Chiu et Okudan (2014) , Amorim et al. (2016), Sodenkamp et al. (2016).

Zhang et Zhang (2011), ont traité le problème de sélection des fournisseurs en présence d'incertitude de la demande et ils ont fait l'hypothèse que cette dernière suit une loi normale.

Viswanadham et Gaonkar (2003), ont étudié le problème où un fournisseur peut échouer totalement à livrer les quantités demandées au prix fixé avec une certaine probabilité.

Peidro et al. (2010) ont développé un programme linéaire en nombre entier mixte flou pour une chaîne logistique au niveau tactique en présence d'incertitude sur l'approvisionnement et la demande. Hammami et al. (2014) ont étudié le problème de sélection des fournisseurs en présence de fluctuations incertaines des taux de change de devises et des remises de prix.

Chiu et Okudan (2014), ont étudié la performance de la chaîne d'approvisionnement en utilisant une approche MILP. Ils ont retenus deux scénarios. Un scénario vise à minimiser le coût total de la chaîne logistique lorsque la demande est stable. L'autre scénario vise à minimiser le temps de livraison en présence d'une demande volatile. Ils ont présumé que la décision du décideur ne se limite pas aux achats mais porte aussi sur la détermination des fournisseurs potentiels qui permettent d'assurer la performance de la chaîne d'approvisionnement.

Sawik (2013b) a étudié un problème de sélection des fournisseurs et d'allocation des commandes clients en présence de risque de rupture. Dans ce travail quatre programmes linéaires en nombre entier mixte ont été développés. Les deux premières formulations visent à minimiser la valeur de l'espérance de coût, la première avec un fournisseur unique et la seconde avec des fournisseurs multiples. Les deux dernières formulations ont pour but de minimiser la valeur du risque dans le pire des cas tout en intégrant la VaR et la CVaR. Ces deux techniques ont été largement utilisées dans le domaine de la finance mais très peu dans la chaîne logistique. La majorité des travaux de Sawik utilise ces deux techniques avec différents objectifs. Swaik (2011a) a développé deux modèles. Le premier modèle vise à calculer la valeur de l'espérance du coût en présence de rupture de fournisseurs alors que le deuxième modèle vise à minimiser la valeur du risque dans le pire des cas. La même démarche est adaptée par Sawik (2011b), mais cette fois-ci en considérant le risque de retard de livraison de fournisseurs. Dans ses travaux, Sawik a pris deux types de risque de rupture des fournisseurs. Une rupture locale touchant un seul fournisseur et une rupture globale qui affecte tous les fournisseurs simultanément.

Sawik (2014) a étudié le problème de sélection des fournisseurs et l'ordonnancement des commandes des clients en présence de risque de rupture pour un fournisseur unique et pour des fournisseurs multiples. Pour ce cas, il a considéré que les fournisseurs étaient situés dans deux zones géographiques différentes. Un groupe de fournisseurs est localisés dans une zone à proximité du producteur. Ces fournisseurs sont fiables mais ont un prix élevé. Le second groupe de fournisseurs est localisé dans un endroit distant de la zone du producteur. Ils offrent des prix compétitifs mais sont exposés au risque de rupture et sont peu fiables. Les techniques de VaR et CVaR ont été incorporées pour estimer et calculer la valeur de risque dans le pire des cas.

Fang et al. (2015) ont développé une chaîne logistique à trois étages composée d'un ensemble de fournisseurs, un fabricant et un ensemble des clients. Ce travail prend en considération deux types de risque : un risque opérationnel modélisé par la technique de valeur en risque et un risque de rupture modélisé par la technique de valeur en risque conditionnelle.

6.7. Programme multi objectifs

Le programme multi objectif est un programme mathématique où la solution optimale nécessite de faire un compromis entre deux ou plusieurs objectifs contradictoires. En se basant sur notre axe de recherche, les recherches suivantes ont utilisé le programme multi objectif pour résoudre le problème de sélection des fournisseurs dans un contexte de gestion du risque. Azaron et al. (2008), Wu et al. (2010), Ravindran et al. (2010), Sawik (2011 a), Sawik (2011 b), Bilsel et Ravindran (2011), Arcelus et al (2012), Wu et al. (2013), Sawik (2013a), Choudhary et Shankar (2014), Sawik (2010). Chaque recherche à sa spécificité de traiter ce problème. Par exemple Sawik (2011 a, b) a formulé un programme multi objectif pour la sélection d'un portefeuille des fournisseurs dans le but de minimiser la valeur de l'espérance de coût et la valeur du risque simultanément. Ce risque peut être une rupture locale et globale des fournisseurs avec retard de livraison. Sawik (2014) passe de la rupture locale et globale à une rupture locale et semi globale. Wu et al. (2010) ont développé un programme multi objectif flou de sélection des fournisseurs en considérant le critère du risque. L'objectif est de minimiser le coût total d'achat, minimiser le nombre de pièces non conformes, minimiser le retard de livraison et minimiser les facteurs de l'environnement économique des fournisseurs.

Dans ce modèle, ils incorporent les risques internes tels que la demande et la logistique et les risques externes comme l'environnement économique et les notes des fournisseurs. Les paramètres des risques internes sont calculés à partir des données historiques avec erreur standard et les paramètres des risques externes représentés par les données floues. Wu et al. (2013) ont développé un programme multi-objectif stochastique flou d'approvisionnement en considérant des incertitudes stochastiques et des incertitudes floues. Ce travail utilise des données quantitatives et qualitatives pour traiter le facteur du risque de problème de sélection des fournisseurs. Les facteurs quantitatifs de risque portent sur le coût, la qualité et la logistique alors que les facteurs qualitatifs portent sur l'environnement économique et le taux de service des fournisseurs qui sont représentés par des données floues. Le goal programming est autre type de programme multi objectif. C'est une forme d'optimisation dérivée de la programmation linéaire et non linéaire. Cette méthode est considérée comme une extension de la programmation multi objectif avec divers objectifs en contradictions. Il est choisi par : Azaron et al (2008), Choudhary et Shankar (2014), Bilsel et Ravindran (2011) et Ravindran et al. (2010).

Azaron et al (2008) ont développé un programme stochastique multi objectif d'une chaîne logistique dans un univers incertain tout en considérant le risque de fiabilité des fournisseurs, l'expansion de capacité et d'autres paramètres incertains tels que la demande, le coût de

production, le coût de transport et le coût de pénurie. Ces paramètres sont considérés comme des variables aléatoires.

Ravindran et al. (2010), ont utilisé le goal programming (GP), le goal programming flou (Fuzzy GP), Tchebycheff, le goal programming non préemptif et le goal programming préemptif. Les techniques de VaR et MtT ont été utilisées pour quantifier et estimer le risque des fournisseurs. La VaR est utilisée pour modéliser les événements rares de rupture de fournisseur (grèves, attaques terroristes) et les catastrophes naturelles alors que la technique de MtT est utilisée pour modéliser les événements fréquents de rupture de fournisseurs tel que les retards de livraison, les problèmes de qualité etc.

Bilsel et Ravindran (2011), ont développé un programme stochastique multi objectif de sélection des fournisseurs dans univers incertain. La probabilité de distribution est utilisée pour modéliser l'incertitude de la demande des produits, la capacité des fournisseurs ainsi que le transport et les coûts variables.

Choudhary et Shankar (2014), ont développé un programme multi objectif de sélection de fournisseur en présence de discount sur quantité totale en utilisant les diverses variantes de goal programming : préemptive goal programming, non preemptive goal programming goal programming min max pondéré et floue.

Moghaddam (2015) a développé un modèle multi objectif de sélection des fournisseurs et allocation des ordres pour un système de logistique inverse en présence d'incertitude sur les livraisons et la demande.

6.8. Heuristique

Les heuristiques sont des approches utilisées pour trouver rapidement des solutions approchées. Ce type d'approche est appliqué pour les problèmes non polynomiaux ou NP-complet. Pour être efficace, elles exigent un certain niveau de connaissance du problème et de l'expérience.

Divers recherches ont utilisées cette approche pour résoudre le problème de sélection des fournisseurs dans un contexte de gestion du risque. Burke et al. (2008), Federgruen et Yang (2008), Awasthi et al. (2009), Taskin et Lodree (2010) Meena et al. (2011), Mansini et al. (2012), Schmit et Snyder (2012), Duan et Liao (2013), Wang (2013), Silbermayr et Minner (2014), Zhang et al. (2012).

Burke et al (2008) ont développé une heuristique pour gérer les sources d'approvisionnement en présence de fournisseurs qui offrent des discounts sur quantité et sur les commandes supplémentaires. Awasthi et al. (2009) ont développé une heuristique pour résoudre le problème de sélection des fournisseurs en présence d'incertitude de la demande. Taskin and Lodree (2010) se sont focalisé sur un problème stochastique de gestion des stocks entre un producteur

et des détaillants confrontés à des problèmes d'approvisionnement saisonnier causés par des ouragans.

Meena et al. (2011) ont étudié le problème de sélection des fournisseurs en présence du risque de rupture tout en incluant la probabilité d'échec des fournisseurs, la capacité et la compensation.

Schmitt et Snyder (2012), ont considéré un système d'approvisionnement composé d'un fournisseur fiable mais cher et un fournisseur non fiable qui est soumise à des ruptures et incertitude de rendement.

Wang (2013), a développé un modèle de chaîne logistique à deux étages composée d'un entrepôt et plusieurs détaillants soumise à une demande incertaine. Il a supposé que les détaillants font face à une demande indépendante.

Mansini et al. (2012) ont étudié un problème d'approvisionnement dans lequel le décideur doit acheter un ensemble des produits pour satisfaire les commandes de leurs clients. L'enjeu pour le décideur est de déterminer l'ensemble de fournisseur optimal en se basant sur le discount de quantité totale et le frais d'expédition.

Zhang et al. (2012), ont traité le problème de sélection des fournisseurs en présence d'indisponibilité des informations tout en considérant les contraintes de production des fournisseurs et les coûts.

Silbermayr and Minner (2014), ont traité un cas de gestion stock avec diverses sources d'approvisionnement. Plusieurs paramètres sont incertains comme la demande, les délais de livraison, la fiabilité des fournisseurs, les variations de coûts. Ils ont considéré que l'approvisionnement optimal dépend des caractéristiques des fournisseurs comme pas cher / cher, rapide / lent, et fiable / non fiable.

Sun et al. (2011), ont développé un modèle de planification d'approvisionnement des équipements MPP (modèle de procurement planning). L'enjeu pour le décideur est d'acheter la bonne quantité, au fournisseur convenable, au bon moment. Ils ont utilisé une technique d'optimisation par essaim de particules (PSO) pour résoudre ce problème. Ils prennent en compte l'incertitude des prix et de la demande qui sont modélisés par des valeurs floues.

Şen et al (2014), ont traité un problème de gestion d'approvisionnement dans lequel le décideur cherche à commander une grande quantité sur plusieurs périodes auprès de plusieurs fournisseurs. Il y a une forte incertitude sur les prix qui sont influencés par les marchés spot et des discounts par quantité.

Rabbani et al (2014) ont fourni un nouveau modèle de sélection d'un portefeuille de fournisseurs tenant en considération le risque de retard et le risque de qualité basé sur la

méthode des scenarios. Un programme multiobjectif en nombre entier mixte a été développé et résolu par la méthode de NSGA (non-dominated sorting genetic algorithm).

Manerba et Mansini (2014) ont traité un problème de sélection des fournisseurs dans lequel les fournisseurs offrent des prix et appliquent des discounts en fonction des quantités achetées.

Patra et Mondal (2015), ont développé un modèle de sélection des fournisseurs en présence de multiproduits. L'objectif est de maximiser le profit tout en considérant le risque et l'incertitude de la demande. Ces derniers sont modélisés par des valeurs floues. La méthode de MOGA (multiobjective genetic algorithm) a été utilisée pour résoudre ce modèle.

6.9. Modèles analytiques

Les papiers collectés montrent que relativement peu de travaux ont retenu des modèles analytiques. Serel (2005), Gan et al. (2005), Shin et al. (2009), Serel (2009), Cheng et al. (2009), Tehrani et al. (2011), Arkan et al. (2011), Pal et al. (2012), Qi (2013), Sayın et al. (2014).

6.10. Autres approches quantitatives

Choi et al. (2008) ont développé un modèle de variance moyenne pour une chaîne logistique à deux étages avec un seul produit et pour une seule période. Le fournisseur livre les quantités au détaillant. Ce dernier est soumis à une demande volatile. L'objectif est de maximiser la valeur de l'espérance de profit.

Yu et al. (2009), ont utilisé l'analyse de l'espérance du bénéfice pour évaluer les facteurs qui influencent le choix entre un seul fournisseur ou deux fournisseurs dans une chaîne logistique à deux niveaux. La demande non-stationnaire et sensible aux prix.

Giri (2011), ont utilisé un modèle de fonction d'utilité exponentiel pour modéliser une gestion de stock de produit à courte durée. L'approvisionnement est fait chez deux fournisseurs : le premier fournisseur est peu fiable et moins cher et le second, parfaitement fiable mais plus cher.

7. Autres approches

7.1. Les approches de simulation

La simulation cherche à imiter un système ou un processus du monde réel. Cette approche est utilisée dans de nombreux domaines tels que l'ingénierie de la sécurité, l'optimisation de la chaîne logistique hospitalière et pharmaceutique, l'optimisation de la performance. Cette approche présente l'avantage d'étudier le comportement d'un système sans travailler sur le système réel. Elle peut aussi aider le décideur à trouver une solution à un phénomène inattendu. Cependant, elle présente quelques inconvénients comme la difficulté de son interprétation ou un coût élevé. Les travaux suivants ont utilisé une approche de simulation. Klimov et Merkurjev (2006), Tomlin (2006), Kull et Closs (2008), Amanda et al. (2009), Finke et al (2010), Schmitt et al. (2010), Schmitt et Singh (2012), Ahiska et al. (2013), Zegordi et Davarzani (2012) et Xiang et al. (2014).

Xiang et al. (2014), ont utilisé la simulation par événement discret pour le problème d'allocation des ordres dans une chaîne logistique composée d'un ensemble de fournisseurs et un ensemble de producteur en présence d'incertitude sur la demande et les capacités de production.

7.2. Les approches combinés

Une méthode hybride combine au moins deux méthodes. Dans la littérature du problème de sélection des fournisseurs nous trouvons quelques recherches qui combinent uniquement entre elles des méthodes qualitatives. D'autres recherches hybrident uniquement des approches qualitatives. Enfin un dernier groupe hybride des approches quantitatives et qualitatives à la fois.

Demirtas and Ustun (2008) ont combiné les méthodes ANP et MOMILP.

Wang et Yang (2009), Hammami et al. (2012), Kull and Talluri (2008), Wu and Olson 2008, Kokangul and Susuz (2009), Ruiz-Torres et al (2013), Zouggari and Benyoucef (2012), Kull and Talluri (2008), combinent la méthode de goal programming et la méthode AHP. L'AHP est utilisé pour générer le score de risque afin de déterminer la probabilité et l'impact du risque alors que la méthode de goal programming est utilisée pour évaluer les fournisseurs tout en considérant le risque sur d'autres critères d'évaluation comme : le temps de livraison, la qualité, la capacité et la satisfaction de la demande .

Chamodrakas et al. (2010), ont combiné la programmation de préférence floue 'Fuzzy Preference Programming' (FPP) et AHP floue. FPP est utilisée pour modéliser le problème de

l'incohérence et l'incertitude de la préférence humaine, alors que la méthode AHP floue est utilisée pour sélectionner les fournisseurs et déterminer le score final de chaque fournisseur.

Xiao et al. (2012) ont combiné le modèle cognitif floue « fuzzy cognitive map » FCM et la méthode de « fuzzy soft set » dans le problème de sélection des fournisseurs dans un contexte de gestion du risque tout en considérant les facteurs du risque de rupture.

Zouggari and Benyoucef (2012), ont combiné la méthode AHP floue et la méthode TOPSIS floue. La méthode AHP floue est utilisée pour déterminer l'ensemble des fournisseurs optimal tout en se basant sur les critères de stratégie de la performance, la qualité de service, l'innovation et le risque alors que la deuxième approche est utilisée pour l'allocation des ordres aux fournisseurs sélectionnés.

Li and Zabinsky (2011), ont combiné le programme stochastique (SP) et la Chance-Constrained Programming (CCP). SP est utilisé pour modéliser le risque de l'incertitude de demande et la capacité des fournisseurs alors que le CCP paramétrique est utilisé pour la robustesse de décision dans la sélection des fournisseurs. Les distributions normale et triangulaire ont été utilisées pour les deux modèles afin de modéliser la demande et la capacité des fournisseurs.

Guo et Li (2014), ont combiné la programmation mixte non linéaire (MNLP) et un modèle de simulation pour la sélection et l'évaluation des fournisseurs et pour déterminer la politique de stockage optimale en présence de demande stochastique.

Ruiz-Torres et al. (2013), ont combiné l'arbre de décision et la programmation en nombre entier mixte pour quantifier et mesurer la fiabilité d'un réseau logistique en considérant la probabilité d'échec des fournisseurs, la planification d'urgence et la réduction des coûts globaux du réseau logistique.

Hammami et al. (2012), ont utilisé la méthode AHP et le MILP pour la sélection des fournisseurs globaux en présence de l'incertitude des temps de livraison.

Ruiz-Torres and al (2013), ont combiné l'approche de l'arbre de décision et l'approche de programmation mathématique pour élaborer le plan d'urgence.

Demirtas et Ustun (2009), ont combine le goal programming (GP) et le processus de réseau analytique pour évaluer et déterminer les fournisseurs et l'allocation de leur expédition tout en considérant des critères tangibles et intangibles comme : le bénéfice, l'opportunité, le coût et le risque BOCR.

Wu et Olson (2008), ont combiné « chance constrained programming (CCP) » et le « data envelopment analysis (DEA) » et le programme multi objectif pour la sélection des fournisseurs

tout en incluant divers risques comme le retard de livraison qui suit une loi log-normal et l'échec d'acceptation qui suit une loi exponentielle.

Kokangul et Susuz (2009), ont intégré la méthode AHP, la programmation mixte non linéaire et le multi objectif pour déterminer le nombre optimal de fournisseurs en présence de discount sur quantité.

D'autres recherches ont combiné des approches qualitatives. Nous trouvons : Chamodrakas et al (2010), Bhattacharya et al (2010), Azadeh et Alem (2010). D'autres ont combiné des approches quantitatives comme Zabinsky (2011) et Guo et Li (2014).

Hosseininasab et Ahmadi (2015), ont proposé une nouvelle approche de sélection des fournisseurs à long terme. Cette approche est basée sur deux phases : la première phase utilise la méthode AHP et consiste à attribuer une valeur à chaque fournisseur. Dans la deuxième phase, il s'agit d'intégrer ces valeurs dans un modèle multi objectif qui maximise l'espérance du profit, le développement des fournisseurs et la minimisation de la dépendance entre les risques.

Nekooie et al. (2015) ont développé un modèle multi objectif pour la sélection des fournisseurs en présence de risque de retard et de qualité. La méthode ANP a été utilisée pour traiter le risque des fournisseurs. Puis un modèle de goal programming flou a été développé pour faire un compromis entre les différents objectifs

Çebi et Otay (2016) ont développé une approche floue à deux étages pour le problème de sélection des fournisseurs et allocations des commandes. Dans le premier étage, MULTIMOORA floue a été utilisé pour évaluer et sélectionner les fournisseurs suivant des critères subjectifs. Dans le deuxième étage, un modèle de goal programming flou détermine les quantités à allouer aux fournisseurs sélectionnés. Le modèle est formulé comme multi produits, multifournisseurs. Les objectifs sont multiples. On considère des contraintes de discount sur quantité, délai, capacité et demande ainsi que de l'incertitude et de l'imprécision des données.

Memon et al. (2015) ont combiné la théorie de l'incertitude et la théorie du système gris (grey system theory). L'objectif est de fournir une structure d'atténuation du risque du processus d'achat, de déterminer les fournisseurs optimaux et les quantités à allouer en présence de connaissances incertaines et aléatoires.

7.3. Approche d'intelligence artificielle

D'après la littérature trouvée, peu de travaux ont utilisé une approche d'intelligence artificielle pour le problème de sélection des fournisseurs dans un contexte de gestion du risque : Pinto et al. (2013) et Le et al. (2013), Carrera et Mayorga (2008).

Carrera et Mayorga (2008), ont considéré que la décision de sélection des fournisseurs est toujours prise dans un univers incertain, avec la présence de plusieurs objectifs en contradiction et en présence d'information imprécises et incomplètes. Dans ce contexte, un système d'inférence floue a été mis en place dans ce travail pour modéliser l'imprécision et l'incertitude dans le processus de sélection des fournisseurs

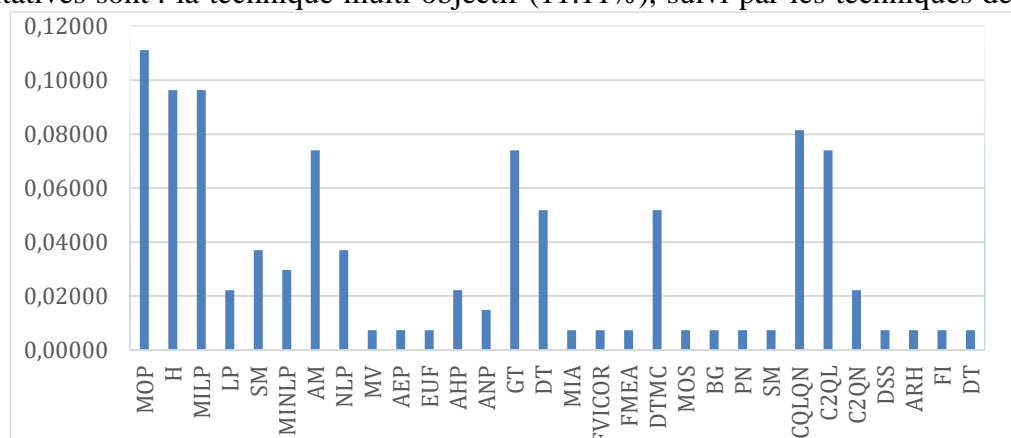
Chacune des approches citées dans cette présente section présente des avantages et des inconvénients qui sont récapitulés dans le tableau 2-7

Tableau 2-7 : avantages et inconvénients des approches

Méthodes		Avantages	Inconvénients
Multicritère		Rapide et simple à mettre en œuvre Prise en compte de critères subjectifs Moins coûteux	Dépend du jugement humain
Programme mathématique	Mono-objectif	Obtenir des solutions optimales Possibilité d'intégrer de nouvelles contraintes	Ne prend pas en considération le jugement humain
	Multi-objectif	Intégrer des critères multidimensionnels Propose diverses solutions Possibilité d'intégrer de nouvelles contraintes	Difficulté d'analyser le résultat
heuristique		Donne des solutions approchées Résout les problèmes complexes	Ne donne pas de solution optimale
Simulation		Générer plusieurs solutions	Nécessite un grand nombre d'itérations Ne donne jamais une valeur exacte de la fonction objective
Intelligence artificielle		Nécessite une base de connaissance souple Prend en compte des critères qualitatifs	Collecte des informations sur les fournisseurs Accès à l'expertise long et difficile

Figure 2-4 : Histogramme de différentes techniques

Le tableau 2.2 indique que les techniques les plus fréquemment utilisées dans les approches quantitatives sont : la technique multi objectif (11.11%), suivi par les techniques de MILP et



heuristiques (9, 6%) et AM (7.4%), les techniques de PNL et SM (3, 7%) et MINLP (2, 9%).

La figure. 4, montre la distribution des différentes techniques utilisées dans le domaine de sélection des fournisseurs dans un contexte de gestion du risque durant la période 2003 à 2016. Pour les approches qualitatives, le même tableau montre que la théorie de jeux et l'arbre de décision sont les techniques dominantes (7.4% et (5.2%) AHP 2.2%. Pour la simulation, la technique dominante est la méthode des chaînes de Markov 5, 19%.

En fait, selon cette étude, nous constatons une augmentation importante de l'usage des modèles hybrides pour résoudre le problème de la sélection des fournisseurs dans la gestion des risques avec un pourcentage égal à 17.2% du nombre total des travaux. La figure.3 présente la répartition des différentes approches utilisées. Les techniques quantitatives sont dominantes pour ce problème en raison de leur efficacité et de leur importance dans la prise de décision.

8. Classification par année

Le but de cette section est de classer les recherches regroupées par années et d'étudier l'évolution des travaux au cours du temps.

Année	La méthode la plus fréquente	Nombre de papiers
2003	MILP	1
2004	AD	1
2005	modèle analytique	2
2006	DT	6
2007	non dominante	4
2008	Heuristique	11
2009	AHP	11
2010	multi objectif	16
2011	multi objectif	14
2012	Heuristique	20
2013	MIP	20
2014	MIP	19
2015	approches combinés	6
2016	multi objectif	4

D'après ce tableau, nous constatons que le nombre des travaux sur le sujet est en augmentation, notamment depuis 2008, année pour laquelle on trouve 11 papiers à comparer aux 4 travaux de 2007.

9. Analyses et recommandations

D'après l'analyse de la littérature effectuée, nous constatons l'importance accordée à ce sujet. Suite à cette analyse nous dégagons quelques recommandons et critiques.

La majorité des travaux intègrent la notion de multi sources où un groupe de fournisseurs est sélectionné pour répondre à la demande entière. Cette stratégie peut améliorer la fiabilité et minimiser l'incertitude de l'offre certes, elle peut aussi augmenter les coûts fixes associés au recours aux fournisseurs.

La gestion du risque est une gestion des événements inattendus. L'entreprise doit s'adapter et appliquer une stratégie d'approvisionnement proactive qui positionne les achats comme une fonction principal de gestion. Cette stratégie est basée sur le partage des informations et de ne doit pas limiter la sélection des fournisseurs au seul critère de coût. Elle doit aussi considérer d'autres critères important qui permettent à l'entreprise d'établir et de fixer des stratégies à long terme.

L'approvisionnement proactif nécessite d'adopter une politique multi sources basée sur le partage des connaissances et des informations contrairement à l'approvisionnement réactif qui exige de se concentrer sur un seul fournisseur et de donner la priorité aux fournisseurs à bas coût.

En résumé, le processus de sélection de fournisseur doit se baser sur des critères multi dimensionnels et non seulement sur le coût minimum. Dans ce contexte une étude comparative entre fournisseur unique et fournisseurs multiples doit être établie pour déterminer les avantages et les inconvénients de chaque stratégie.

En raison, de la mondialisation, on constate l'adaptation de stratégie e-procurement sur les marchés de nos jours. Nous avons trouvé peu des papiers qui accordent de l'importance à la diversification des types des fournisseurs (tel que le fournisseur local, fournisseur global et fournisseur semi-global). Cependant, les entreprises doivent accorder de l'importance à diversifier l'ensemble des fournisseurs.

Le processus de sélection des fournisseurs est très influencé par le comportement du décideur lors de la phase de choix. La majorité des recherches considèrent le décideur « risque neutre » (neutral risk) qui cherche à maximiser la valeur de l'espérance de coût et néglige l'aspect du risque. Il est préférable de considérer le décideur « aversion au risque » et qui cherche à minimiser le risque tout en gardant un niveau acceptable de profit.

La majorité des travaux traitent le problème de sélection des fournisseurs dans un contexte de gestion du risque avec des paramètres dépendants alors qu'en réalité il existe des dépendances

entre les paramètres qu'il faut les modéliser par des méthodes de modélisation de dépendance, exemples de ces paramètres on cite la demande, le prix, la qualité, la rupture la livraison ...)

D'après la base de littérature qu'on a effectuée nous avons constaté que la plupart des recherches suppose que les paramètres suivent une loi stochastique tel que la loi normal, loi uniforme, ... or en réalité ce n'est pas le cas donc il est préférable d'estimer ces différents paramètres par des modèles d'estimation comme le modèle ARMA autoregressive-moving-average ou le modèle de GARCH (Generalized AutoRegressive Conditional Heteroskedasticity

Le risque le plus fréquemment utilisé est le risque de demande et le risque de fiabilité des fournisseurs. Donc il est recommandé de considérer le cas de multi-risque pour mieux résoudre le problème de façon pertinent. Donc il est recommandé de catégoriser et déterminer le risque le plus influent. FMEA (failure method effect analysis), diagramme de cause conséquence et brainstorming sont des techniques recommandées pour cette phase.

D'après la littérature qu'on a effectuée nous constatons que la majorité des recherches vise à minimiser le coût d'achat total. Par conséquent il est recommandé de le remplacer par maximiser la fiabilité des achats totale ceci dans le but d'atténuer la rupture dans la phase amont de la chaîne logistique.

Divers travaux ont intégré la notion de floue pour modéliser l'incertitude de problème de sélection des fournisseurs dans un contexte de gestion du risque. Cependant et face à la multiplicité des désastres naturels et humains, l'intégration de cette notion ne permet pas de modéliser toutes l'incertitude dans la chaîne logistique. De plus l'intégration de ce type nécessite l'intervention de la subjectivité de décideur pour sélectionner la valeur approprié.

Une autre façon de représenter le risque et l'incertitude pour le problème de sélection des fournisseurs et l'approche basée sur le scénario qui se fonde sur les paramètres stochastiques. Certes cette technique présente la limite que la taille de problème augmente exponentiellement avec le nombre des scénarios. Pour dépasser cette limite, il est préférable d'utiliser la distribution de probabilité continue qui est basé sur des paramètres stochastique et l'intégration de non linéarité dans le problème et la taille de problème diminue par cette intégration.

Peu des travaux qui ont cherché à quantifier et estimer la valeur du risque dans le problème de sélection des fournisseurs dans un contexte de gestion du risque. Parmi les techniques le plus fréquentes sont la VaR, CVAR, MTTR, la variance moyenne. En effet, il existe d'autres techniques de mesure de risque qu'on peut l'utiliser dans ce présent sujet tel que le stress testing, extrême value.

Un manque des recherches qui s'intéressent à la rupture locale, semi-globale et globale des fournisseurs. La rupture locale celle qui engendre la perturbation des fournisseurs qui sont localisé dans la même zone géographique de consommateur parmi ce problème : qualité de

produit, grève, faillite, la rupture semi-globale celle qui engendre un ensemble des fournisseurs localisé dans une même zone géographique... et la rupture globale celle qui affecte tous les fournisseurs simultanément comme la crise économique, attaques terroristes, grève générale de secteur de transport ...

- Considérer le problème de mutualisation de stock dans les travaux future
- Un manque d'utilisation des approches d'intelligence artificielle dans le problème de sélection des fournisseurs dans un contexte de gestion du risque par rapport aux autres thèmes de la chaîne logistique.

Conclusion

Du fait de la mondialisation et de l'externalisation de la chaîne logistique de nos jours, le fournisseur est exposé à divers risques de rupture depuis la réception des commandes jusqu'à la livraison du produit. Le risque est devenu une réalité quotidienne de la vie de chaque fournisseur. Ce chapitre est consacré à une revue de la littérature du problème de sélection des fournisseurs dans un contexte de gestion du risque. 135 articles ont été identifiés et analysés pour ce sujet pour la période allant de 2003 au 2016. Le nombre des recherches dans ce domaine précis n'est pas très grand comparé aux autres thèmes de recherches sur la chaîne logistique mais il est en extension. Les travaux collectés sont analysés, en premier lieu, suivant les caractéristiques générales du sujet et sur la typologie du risque des fournisseurs. Puis ils sont classés selon l'approche utilisée. Nous avons conservé 5 groupes principaux. Le premier groupe utilise l'approche quantitative, le deuxième groupe regroupe les recherches qui ont résolu le problème par des approches qualitatives, le troisième groupe regroupe les approches hybrides. Le quatrième groupe concerne les approches par simulation et le dernier groupe considère les approches d'intelligence artificielle.

L'approche quantitative est dominante pour ce sujet, en particulier la formulation mathématique. On note aussi une augmentation du nombre de recherches qui utilisent l'optimisation stochastique. Cette dernière permet de bien modéliser les fluctuations et les changements de la phase amont de la chaîne logistique.

Il existe divers recherches qui combinent plusieurs approches. La méthode AHP est la méthode la plus souvent utilisé dans ce cas. Cela tient à sa facilité d'utilisation et sa grande flexibilité.

CHAPITRE 3. TECHNIQUES DE MESURE DU RISQUE

Introduction

L'une des problématiques majeure en gestion de la chaîne logistique est la détermination et la quantification de la valeur de risque. Peu de travaux dans la littérature qui ont intégré les techniques de mesure du risque dans leurs recherches pour quantifier et estimer la valeur du risque. Les techniques les plus réputées et les plus communes dans la littérature financière sont : la valeur en risque 'Value at risk' 'VaR' et la valeur en risque conditionnelle 'conditional value at risk' CVaR . le but de ce chapitre est de présenter et de définir en détails ces deux techniques. Dans ce chapitre, on va présenter en premier lieu, l'historique de l'évolution des mesures de risque au cours de temps. Dans un deuxième lieu, une définition VaR avec leurs différentes méthodes de mesure sera présentée. Puis, une présentation de la technique de CVaR et par la suite une comparaison entre les ceux techniques.

1. Historique des techniques statistiques de mesure de risque

L'évolution des techniques de mesure de risque n'a cessé de s'évoluer depuis longtemps. Pour mieux comprendre le domaine de gestion du risque, il est intéressant de connaître le développement de mesure de risque au cours de temps. Dans cette partie, nous nous focalisons a citer l'évolution chronologique de technique de mesure du risque.

1545 : Girolamo Cardano a introduit la notion des lois de probabilités dans les jeux d'un dé. Il a considéré que la mesure de probabilité est obtenue par le rapport entre le nombre de fois de résultats positifs par rapport au nombre total des résultats effectués.

1654 : Les mathématiciens Blaise Pascal et Pierre de Fermat ont développé les bases mathématiques de la théorie des probabilités. A partir duquel, toutes les notions et les techniques qui sont développées par la suite sont fondées sur ces bases telles que l'écart type, échantillonnage, applications des probabilités, distribution normale.

1662 : Le marchand anglais John Graunt a introduit les tables de naissances et des décès qui se base sur la méthode d'échantillonnage et la technique de l'inférence statistique.

1696 : L'astronome et le mathématicien anglais Edmund Halley a intégré des tableaux sur la vie pour déterminer le prix d'assurance-vie qui dépend de l'âge de l'individu.

1713 : Le mathématicien suisse Jacob Bernoulli a publié « la Loi des Grands Nombres » à partir duquel on peut déterminer la probabilité et la signification d'une variable en présence du nombre limité d'informations.

1733 : Le mathématicien français Abraham de Moivre a introduit la théorie de distribution normale et le concept d'écart type.

1738 : Jacob Bernoulli, Daniel, introduit le concept d'utilité : les décisions sur les risques y compris les calculs de probabilité et la valeur des conséquences pour celui qui les prend.

1944 : Les chercheurs John Von Neumann et Oskar Morgenstern ont utilisé la méthode de théorie des jeux de stratégie en opposition aux jeux de hasard à la prise de décisions dans les investissements.

1952 : Harry Markowitz a considéré qu'il y a une relation entre le risque et le rendement. Et que le risque peut être atténué par la diversification.

1992 : Introduction de concept de Stress testing qui se base sur la notion de scénario

-1994 : Publication de la méthodologie RiskMetrics par JP Morgan qui a permis la diffusion très large des méthodes de Valeur en risque (Value at Risk ou VaR)

- 1997 : développement de la théorie des valeurs extrêmes (EVT) dans des problèmes de gestion des risques.

- 1999 : Introduction des fonctions de copules pour modéliser la dépendance entre les risques et propriétés d'une mesure cohérente de risque.

Ces techniques sont trop utilisées et sont orientées vers le domaine de finance alors que dans la chaîne logistique sont rarement utilisées.

2. La valeur en risque

2.1. Présentation

La VaR, acronyme indiquant la value at risk traduit en français la valeur en risque ou la valeur du risque. C'est l'une des techniques de quantification du risque en unités monétaires qui dépend d'une probabilité et d'un horizon de temps.

La Valeur en risque joue actuellement un rôle primordial dans l'évaluation, l'estimation, la mesure et la gestion du risque de plusieurs domaines notamment l'assurance, les institutions financières et plus récemment dans le domaine de la chaîne logistique. Sa simplicité, sa flexibilité et sa facilité à être calculé ont grandement contribué à sa forte popularité. Cette technique a pour objectif principal de calculer la perte possible qui n'est pas à être dépassé qu'avec une probabilité donnée sur un horizon de temps donnée.

La VaR est considérée comme un outil d'aide à la décision à partir duquel le décideur dispose d'un montant sur la base duquel il peut oser et prendre des décisions. Si la VaR est très élevée par rapport aux attentes du décideur. Ce dernier peut choisir entre deux solutions : ou bien réduire sa position (par exemple minimisation des commandes d'achat) et par conséquent réduire la valeur de VaR ou bien prendre des actions de couvertures qui lui permettent de réduire le risque global. Donc la VaR est constituée d'un outil de gestion du risque qui permet d'estimer et de quantifier la valeur du risque. Cet outil n'est plus désormais limité au domaine financier, mais

au contraire on peut l'adapter dans les différents domaines tel que : assurance, logistique,...
(Pour estimer le risque couru lié à la rupture d'un acteur de la chaîne logistique.

2.2. Les champs d'application de la VaR

Depuis son intégration au mesure du risque, l'utilisation de la VaR s'élargie de plus en plus et devient plus vaste qu'à son apparition. En effet, on peut l'utiliser comme un outil pour évaluer et améliorer la performance de l'entreprise. Cette technique permet au décideur de réajuster la performance par rapport au risque.

L'adéquation du capital : l'intégration de cette technique permet au décideur une base rationnelle qui lui permet de déterminer la valeur de capital qu'il doit conserver comme réserve pour mieux observer la perte non estimée.

Choix d'investissement : la VaR peut être utilisée pour choisir entre deux projets d'investissement. Celui qui offrira une valeur du rendement le plus élevé pour un niveau de risque fixe.

Choix de localisation des entrepôts ...

La VaR permet aussi de limiter les activités et par la suite elle permet d'avoir une meilleure allocation des ressources.

2.3. Définition mathématique

On suppose une valeur d'un portefeuille X entre les périodes est un processus stochastique.

$$P = (p(t); 0 \leq t \leq T)$$

On note $p(0) = p_0$ la valeur de portefeuille à l'instant 0 et $p_t = p_0$ à l'instant T . pour un horizon de temps donnée de longueur T , le gain ou la perte est donné par $p_t - p_0$ si cet écart est positif, donc le portefeuille est valorisé.

Pour un niveau de confiance donné α la valeur de la VaR est telle que :

$$p[p_t - p_0 \leq VaR_\alpha] = 1 - \alpha.$$

La VaR est le quantile de la distribution au niveau de α des gains/pertes du portefeuille sur un horizon de temps.

La mise en application de cette technique nous permet de dire que :

- Nous sommes certains à $(1 - \alpha)$, que nous n'allons pas gagner moins de x euros sur les N prochains jours ou N prochaines semaines...
- Nous sommes certains à $(1 - \alpha)$, que nous n'allons pas perdre moins de x euros sur les N prochains jours ou N prochaines semaines...

Avec : x : est défini la valeur de VaR, N : c'est la période de détention et α et le niveau de confiance

Exemple

Si la VaR d'un portefeuille est égal 25790 € avec un niveau de confiance est égal à 95% et sur une période donnée (3 mois) on peut dire que la fin de trimestre :

- Avec une probabilité de 95%, la valeur du coût sera plafonnée à 25790€.
- D'une autre manière avec une probabilité de 5% la valeur du coût sera dépassé 25790€.

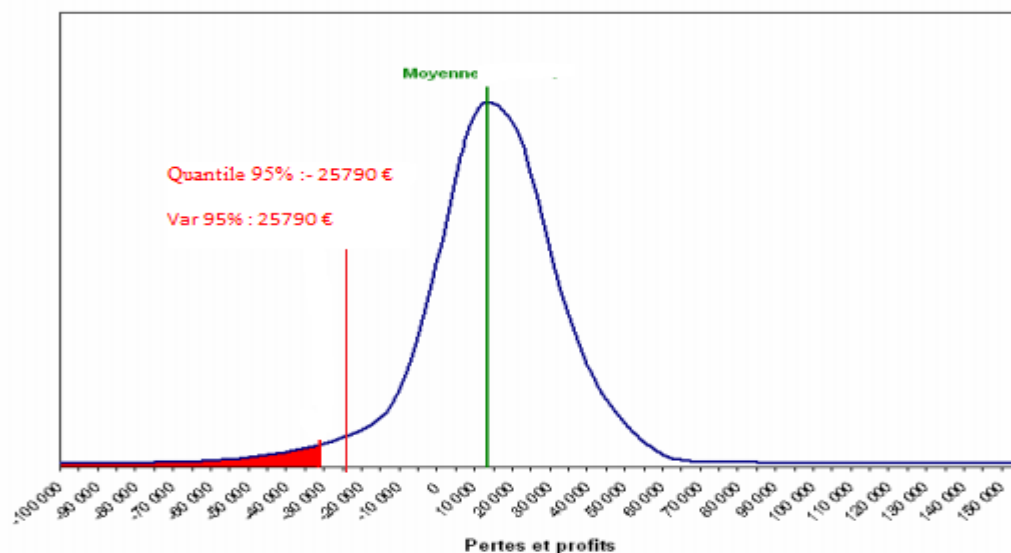


Figure 3-1 : Fonction de densité des pertes et profits d'horizon 3 mois de portefeuille

2.4. Les paramètres de la VaR

Le calcul de VaR est fondé sur trois éléments principaux qui permettent de bien interpréter la valeur de VaR.

- Le niveau de confiance
- La distribution des profits et pertes du portefeuille
- La période de détention l'horizon de provision (l'aspect temporel)

a. Le niveau de confiance

Le niveau de confiance est un paramètre de base de mesure du risque. Il consiste de fixer un seuil ou une valeur critique qui permet de distinguer le niveau acceptable et le niveau inacceptable du risque (situation favorable par rapport à la situation défavorable). C'est la probabilité d'avoir une perte inférieure ou égale à la valeur en risque. C'est un paramètre choisi entre 0 et 1 et les niveaux de confiance les plus communs sont compris entre 90% et 99%.

b. Période de détention

Le deuxième élément de calcul de la valeur en risque est la période de détention de l'actif. Il s'agit de fixer une période sur laquelle on cherche à mesurer la variation de valeur de portefeuille. Il n'existe aucune formule de choix de la période de détention dans le calcul de valeur en risque. Dans ce cas, tout dépend de spécificité de l'entreprise (la période peut être un jour, un mois, un trimestre, un an...). En effet pour avoir une mesure fiable, les entreprises testent avec différents niveaux de confiance et différent période de détention.

2.5. Les méthodes de calcul de la VaR

Il existe trois méthodes pour la valeur en risque : la méthode variance et covariance, la méthode de simulation historique et la méthode de simulation de Monte Carlo. Chaque méthode présente des avantages et des inconvénients.

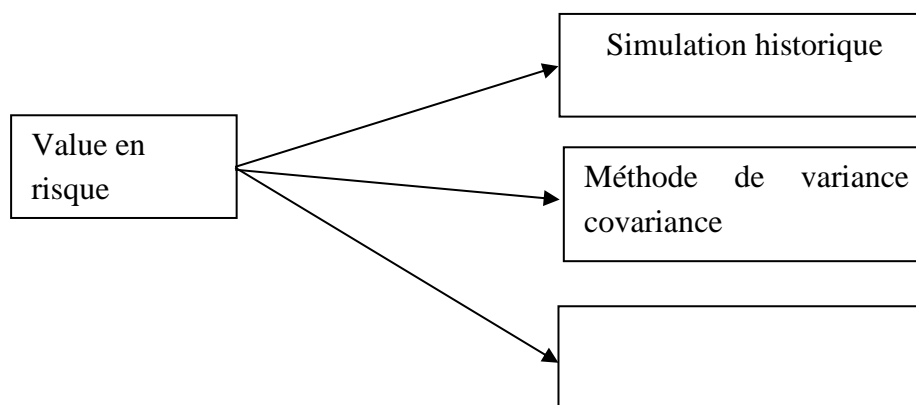


Figure 3-2 : Méthodes classiques de calcul de valeur en risque

a. Simulation historique

La méthode de simulation historique appelée aussi la méthode historique. Sans doute, c'est la méthode la plus simple dans sa conception et sa mise en œuvre. Elle n'exige pas des hypothèses sur la forme de la distribution des rentabilités. Son principe consiste donc, de disposer des données historiques des gains et des pertes d'une variable donnée dont on cherche à calculer la VaR. En se basant sur ces données, il est possible de reconstituer la distribution empirique des gains et des pertes de cette variable et d'en déduire la valeur de VaR.

L'avantage principal de cette méthode est qu'elle n'utilise pas des hypothèses de distribution sur la variable aléatoire du rendement. Elle présente aussi d'autres avantages en termes de simplicité et de flexibilité. Cependant, cette méthode est particulièrement affaiblie par sa grande dépendance aux données historiques qu'elle utilise et elle considère que le futur et la reproduction de passé.

b. La simulation Monte Carlo

Le principe de cette méthode consiste à simuler un ensemble des observations aléatoires. Les paramètres de simulation pour cette méthode peuvent être fixés par l'utilisateur (donner une loi de distribution à priori de préférence cette loi est compatible avec l'historique) ou estimés en se basant sur des données historiques. Cette méthode est caractérisée par sa flexibilité et elle permet de traiter différents scénarios et de tester plusieurs tests à la fois. Certes, elle demande beaucoup des itérations et donc c'est difficile à mettre en œuvre, plus complexe nécessite beaucoup de temps pour le calculer mais elle donne des résultats plus fiable lorsque le nombre de simulation est assez grand.

En effet, cette méthode se distingue de la méthode de VaR historique puisqu'elle se base sur la génération de plusieurs scénarios alors que la méthode historique suppose que les fluctuations du passé seront reproduites dans le futur. De plus la génération de plusieurs scénarios pour la méthode de simulation de Monte Carlo lui permet de dépasser la contrainte de calcul du quantile.

Pour calculer la VaR par la méthode de simulation de Monte Carlo : on peut suivre les trois étapes suivantes :

- 1- Fixer les paramètres de simulation ou les estimés (par exemple fixer la moyenne et la variance du coût ou de profit, fixer l'intervalle...
- 2- Générer n variations aléatoire avec les paramètres fixés ou estimés.
- 3- Ordonner les observations obtenues

c. Méthode de variance-covariance (delta normal, la méthode paramétrique)

La méthode variance-covariance appelée aussi la méthode de corrélation. C'est une méthode qui assume que la distribution de rentabilité des facteurs du risque suit la loi normale multi variée. La mesure de corrélation ou la matrice de variance covariance entre ces facteurs est basées sur des données historiques obtenues d'un modèle statique spécifique. En effet, cette méthode suppose que la corrélation entre ces facteurs est stable au cours du temps.

Cette méthode présente l'avantage qu'elle est facile à appliquer contrairement à la méthode de simulation de Monte Carlo mais elle a l'inconvénient qu'elle est valable qu'avec les distributions (portefeuille) linéaires.

Méthode de calcul de VaR via la méthode de variance-covariance

Soit x une variable qui représente la valeur du coût qui suit la loi normale des paramètres

$$\mu \text{ et } \sigma^2, X \rightarrow N(\mu, \sigma^2)$$

La VaR est calculé comme suit :

$$X = \mu + \alpha\sigma$$

Avec α est une valeur critique associé à une probabilité visée

Tableau 3-1 : Niveau de confiance et ces valeurs critiques

Niveau de confiance	Valeur critique α
50%	0
60%	0.2533
75%	1.281
90%	1.284
95%	1.644
98%	2.0537
99%	2.3263
995%	2.3263

Tableau 3-2 : Récapitulatif des différentes méthodes de calcul de VaR

Méthodologies	Descriptions	Avantages	Inconvénients
Variance covariance	On estime la VaR en utilisant une équation spécifiant les paramètres telle que la volatilité, la corrélation, delta gamma	Calcul rapide et simple - Néglige les données historiques, -Elle se base uniquement sur la volatilité et la corrélation pour estimer le risque	N'est pas appropriée pour la distribution asymétrique et les observations non linéaires.
Simulation historique	Exacte pour tous les instruments linéaire et non linéaire	Son estimation est basée sur les observations historiques des variations des vecteurs	-Tient en compte du risque des queues seulement si la série des données comporte des événements extrême ou rare.
	-Accepte toutes les distributions de probabilité	Le futur est une reproduction de passé	-Appliqué avec difficulté sur des périodes au-delà d'un jour.
	- Acceptable de surmonter le problème de queue épaisse		-Exige une longue série des données.
	- Pas d'hypothèse sur les distributions		-Couteuse en termes de temps de calcul.
	-Plus rapide que la simulation historique		
	-Permet d'agréger de façon très simple les risques des différents positions.		
	-Ne demande pas de calculer la corrélation entre les facteurs de risque		
Simulation de Monte Carlo	Génère une série de niveau future par l'emploi d'une séquence de nombre aléatoire	Accepte toutes les distributions de probabilité et elle est capable de surmonter le problème des queues épaisses	-Très couteuse en termes de temps de calcul.

	Ces niveaux doivent être générés de manière à être compatibles avec les mouvements observés historiquement	-Sophistiqué et exacte avec les instruments linéaires et non linéaires	-Exige beaucoup des ressources informatiques et une compréhension élevée de processus stochastiques employées.
		-Flexibilité par la possibilité de changer le modèle	-Attribue une grande importance à la capacité
		-Inutile d'utiliser des séries longues	-Estimer les queues pour des quantiles élevés uniquement si les scénarios du marché sont générés à partir des distributions appropriées

2.6. Avantages de la VaR

- La VaR est relativement la notion la plus simple de mesure de gestion du risque. la VaR est facile à comprendre et à interpréter ceci à l'aide d'un niveau de confiance donné : combien on pourra gagner ou perdre avec un niveau de confiance donnée ?
- En se basant sur le chiffre de VaR, on peut comparer entre deux distributions pour un même niveau de confiance.
- Pour chaque niveau de confiance, il y a une valeur spécifique de VaR qui permet de définir la distribution. Dans ce sens, la VaR a des caractéristiques supérieures que la déviation standard (l'écart-type).
- Contrairement à ce dernier, la VaR se concentre sur une partie spécifique de la distribution modélisé par un niveau de confiance. Ceci est ce qui est souvent nécessaire, ce qui rend cette technique très populaire dans le domaine de gestion du risque y compris le finance, l'énergie nucléaire, l'espace aérien, la science des matériaux, divers applications militaire....
- Parmi les propriétés le plus importante de cet outil, leur stabilité d'estimation. Il ne tient pas compte de queue de distribution c'est-à-dire, il ne détecte par les pertes les plus élevées qui sont généralement difficile à estimer.
- La simplicité de VaR permet de chiffrer la perte potentielle en cause en un seul montant.
- La VaR synthétise les effets des expositions à diverse sources de fluctuations. Elle permet donc de quantifier et de comparer les pertes plausibles liées aux différents portefeuilles ou positions sans égard à leur composition.
- Elle s'avère un outil clé pour mesurer l'exposition global d'une entité importante aux risques.

2.7. Inconvénients de VaR

VaR ne tient pas compte des propriétés de la distribution au-delà du niveau de confiance. Ceci implique que la VaR augmente légèrement suite à une légère augmentation de α . Pour bien

estimer la queue de distribution, il est préférable de calculer plusieurs VaR avec différent niveau de confiance.

Le non considération de queue de distribution, peut nous aboutir, aux effets néfastes du risque élevé (non estimés).

Le contrôle du risque par la technique de VaR peut conduire à des résultats indésirables pour les distributions asymétriques.

La VaR est une fonction non convexe et discontinue pour les distributions discrètes.

Faiblesse de la VaR selon Artzener et al. (1999)

La VaR manque de cohérence car elle ne possède pas la propriété de sous additivité. Hull (2006) une mesure de risque cohérente doit respecter les quatre propriétés suivantes :

- L'invariance (ou la constance) dans l'effet : tout montant sûr S (seuil) venant modifier en plus ou en moins une position donnée baisse ou accroît d'autant le montant à risque, donc de S .

- L'homogénéité : la multiplication d'une position donnée par m multiplie le risque par m .

- La monotonicité: si la position X rapporte moins que Y en tout état du monde, elle est plus risquée puisque plus susceptible de rendements inférieurs.

- La sous-additivité : la mesure du risque de positions groupées ne dépasse pas la somme des risques particuliers ; en d'autres mots, le groupement n'ajoute pas au risque.

3. Autre technique de mesure du risque

Comme il est mentionné auparavant, la VaR ne constitue pas un bon indicateur de mesure du risque dans certains cas ceci à cause de non-respect de la propriété de sous-additivité. Dans ce contexte, diverses techniques ont été apparues dans la littérature pour remédier les carences de VaR. Parmi les techniques les plus célèbres on cite à titre non exhaustive la valeur en risque conditionnelle, Expected regret, Expected Shortfall....

3.1.La valeur en risque conditionnelle (CVaR)

Comme son nom l'indique, cette technique découle directement de la technique de VaR. Pour des variables aléatoires continues, la technique de CVaR est visée à calculer l'excédent de perte qui a dépassé la VaR. cette technique est appelé aussi mean excess loss, mean shortfall, tail VaR. Elle est caractérisée par des propriétés mathématiques puissantes par rapport au VaR. de ce fait, elle est considérée comme un bon indicateur de mesure du risque puisque il tient en considération aux extrêmes distributions qui se retrouvent au-delà du niveau de confiance que la VaR n'arrive pas à les détecter.

Pour des variables aléatoires continues, $CVaR_\alpha(X)$ est égal à l'espérance conditionnelle de variable X avec $X \geq VaR_\alpha(X)$. Cette définition est la base de valeur en risque conditionnelle. Cette notion est introduite par Rockafellar and Uryasev (2000). La définition générale de CVaR pour une variable aléatoire discontinue est comme suite :

La CVaR d'une variable X avec un intervalle de confiance $\alpha \in (0,1)$ est la moyenne généralisée de α -queue de distribution

$$CVaR_\alpha(X) = \int_{-\infty}^{+\infty} z dF^\alpha_X(z)$$

avec

$$F^\alpha_X(z) = \begin{cases} 0 & \text{ou } z < VaR_\alpha(X) \\ \frac{F_X(z) - \alpha}{1 - \alpha} & \text{ou } z \geq VaR_\alpha(X) \end{cases}$$

3.2. Avantages de CVaR

CVaR a une interprétation plus claire. Cette technique permet de mesurer les pertes les plus élevées. Par exemple, si L est une perte alors la contrainte $CVaR_\alpha(L) \leq \bar{L}$ assure que la moyenne de $(1-\alpha)$ des pertes les plus élevées ne dépasse pas L .

Par définition, la $CVaR_\alpha(X)$, pour tous les niveaux de confiance de $\alpha \in [0,1]$, spécifie la distribution de X . dans ce sens, il est supérieur que l'écart type.

3.3. Inconvénients de CVaR

La CVaR est plus sensible que la technique de VaR pour l'estimation des erreurs. Si les observations ne sont pas bien modélisées, la valeur de CVaR peut être biaisée.

La précision de valeur de CVaR est fortement affectée à la modélisation de queue de distribution. Par exemple, pour les scénarios historiques ne fournissent pas des bonnes informations sur les queues des observations, de ce fait, il est préférable d'assumer un certain model pour la queue de distribution pour calibrer les données historique. En effet, si les queues ne sont pas bien modélisées, il ne faut pas compter sur la a valeur de CVaR.

4. Comparaison entre la VaR et la CVaR

1- La CVaR a des bonnes propriétés mathématiques que la technique de VaR. Elle possède la propriété de cohérence dans la mesure du risque. Par exemple la CVaR d'un portefeuille est une fonction continue et convexe alors que la VaR peut être une fonction discontinue.

2- Déviation de CVaR (ou mixte CVaR déviation) est un nouveau concept qui peut remplacer l'écart type.

3- La gestion de risque peut être gérée efficacement par la technique de CVaR. Elle permet d'optimiser en utilisant les méthodes des programmations linéaires et convexes tandis que la VaR est difficile d'optimiser malgré le progrès connu.

4- La mesure du risque par la technique de VaR ne permet pas de contrôler les scénarios de dépassement du seuil de VaR (Par exemple, on peut augmenter considérablement la partie qui excède la VaR, mais la mesure du risque de la VaR ne changera pas). Certes, l'importance de cette propriété dépend de l'objectif de mesure :

- La négligence du VaR aux queues des distributions peut être une bonne propriété si les observations ne sont pas bien modélisées. En effet, la VaR ignore une partie de la distribution puisqu'elle estime que les fluctuations normales et ne détecte plus les événements extrêmes. Les estimations de VaR sont statistiquement plus stables que les estimations de CVaR. Ce qui approuve la performance de VaR par rapport au CVaR dans certaines applications.

- Dans les statistiques, il est bien entendu que les estimations basées sur la VaR sont plus «robuste» et parfois ils n'arrivent pas à détecter les valeurs aberrantes et les pertes importantes ce qui biaise l'estimation par cette technique.

- La négligence de VaR aux queues de distributions peut être une propriété indésirable ce qui permet de prendre des risques incontrôlables élevés. La VaR ne peut pas détecter les événements rares tels que le risque à faible probabilité avec une perte extrêmement élevée.

5- La CVaR est orientée pour mesurer l'excédent de VaR, l'importance de cette propriété varie selon l'objectif :

- CVaR donne une image adéquate du risque sur les queues extrêmes, cette propriété est très importante si les pertes extrêmes de queue sont bien estimées
- CVaR peut nous donner des mauvais résultats que la VaR si les queues ne sont bien modélisés. Dans ce cas la CVaR mixte peut être une solution qui s'intéresse à toutes les parties de queue de distribution.

6- La déviation et risque sont des termes différents dans le domaine de gestion du risque. En fait, la mesure du risque évalue le résultat par rapport à zéro, tandis que la mesure de déviation estime la largeur de la distribution. Par exemple, le risque CVaR peut être positif ou négatif, alors que la déviation de CVaR est toujours positive.

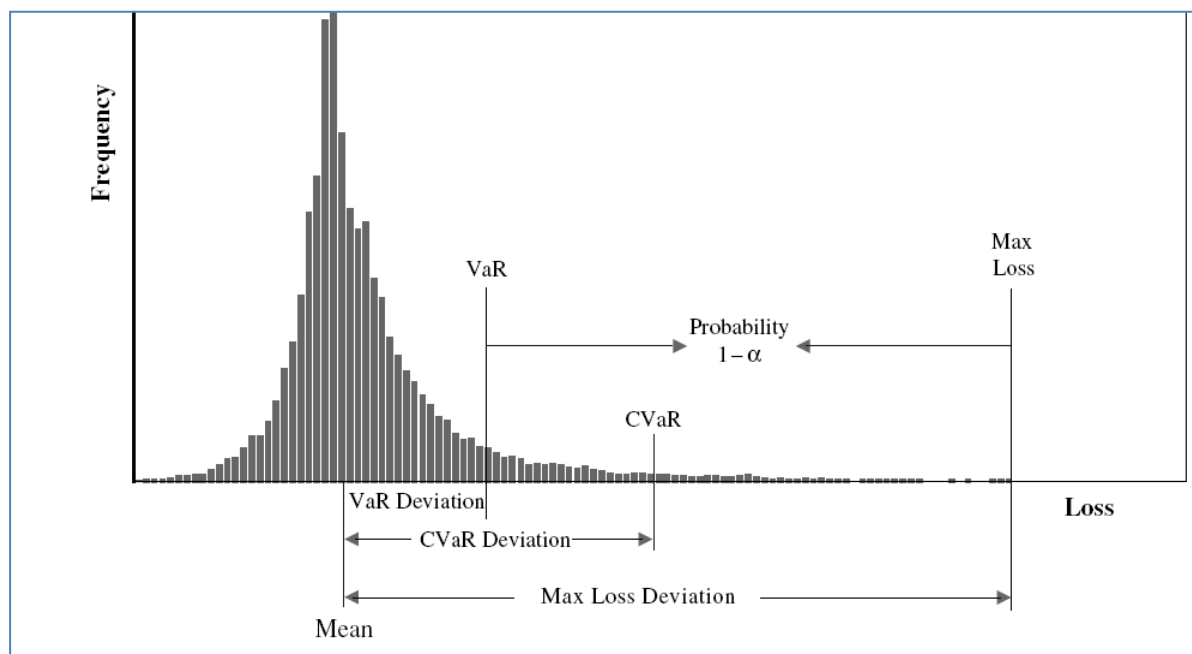


Figure 3-3: Présentation de VaR, VaR Deviation, CVaR, CVaR Deviation, Max Loss, et Max Loss Deviation.

Conclusion

La Valeur en risque est parmi les techniques les plus populaires dans la gestion du risque de nos jours. Malgré la multiplicité de ces avantages, il présente aussi certains inconvénients parmi qu'il ne détecte pas le dépassement de seuil et il ne tient pas compte des événements extrêmes. Cependant, ces limites ont été mises en applications pour plusieurs chercheurs pour introduire des nouvelles techniques telle que la CVaR.

CHAPITRE 4. SÉLECTION DES FOURNISSEURS ET ALLOCATION DES ORDRES EN PRÉSENCE DE RISQUE DE NON LIVRAISON

Introduction

Dans ce chapitre, nous nous intéressons au problème posé au décideur d'une centrale d'achat devant fournir à ses adhérents (les clients) un produit saisonnier. Au vu des demandes émises par les clients, le décideur doit sélectionner les fournisseurs à retenir et déterminer les quantités à acheter. Le décideur a la possibilité de livrer au client plus qu'il ne demande, charge à ce dernier de solder ou de donner (ou jeter) le surplus. Pour être intéressante d'un point de vue financier, cette opération commerciale doit permettre de dégager une marge minimale pour couvrir les frais. En fil rouge, nous déroulerons un cas d'étude.

Dans une première partie nous développons un modèle déterministe dans lequel nous supposons que tous les fournisseurs livrent les quantités demandées.

Par la suite, nous faisons l'hypothèse que les fournisseurs ont une certaine probabilité de ne pas pouvoir livrer la commande qui leur a été passée. Dans ce cas, l'opération s'avérera rentable ou induira une perte financière selon les quantités effectivement livrées. Selon son appétence au risque, un décideur privilégiera soit de maximiser le profit en espérance sans tenir compte du risque de perte, soit de minimiser la perte en espérance quitte à avoir un profit moindre. Notre objectif est de fournir au décideur un outil d'aide à la décision lui permettant de trouver la meilleure solution correspondant à son profil.

Dans une deuxième partie nous développons une approche s'appuyant sur des modèles linéaires stochastiques pour obtenir cet outil.

Dans une troisième partie, en nous appuyant sur le cas d'étude, nous étudierons l'influence de certains paramètres.

1. Centrale d'achat

Une centrale d'achat est une structure dont l'activité consiste :

- à acheter à des fournisseurs (industriels, producteurs, coopératives ...) des biens en grandes quantités,
- pour les revendre en quantités fractionnées à ses adhérents.

La partie achat implique l'étude des produits, la recherche et le référencement des fournisseurs, la négociation des conditions commerciales et la réalisation des achats. Certaines centrales gèrent aussi les activités de répartition, d'organisation d'actions commerciales communes et de documentation. L'objectif essentiel de la centrale d'achat est d'obtenir de meilleures conditions commerciales grâce aux volumes obtenus par le regroupement des achats.

Les services sont réservés à l'usage exclusif des adhérents de la centrale à laquelle ils sont liés par un contrat d'une certaine durée. On retrouve les centrales d'achat dans différents types d'organisation du commerce :

- les distributeurs indépendants travaillant sous une même enseigne (Le GALEC des centres Leclerc)
- les réseaux de franchisé (Zara),
- les réseaux de distribution avec une tête de réseau Carrefour, Décathlon).

En France, l'Etat dispose de sa propre centrale d'achat (UGAP).

Il existe deux grands modes de fonctionnement en ce qui concerne les achats.

- La centrale achète la marchandise en son nom et pour son compte en fonction de son estimation des besoins de ses adhérents. Elle la stocke dans des entrepôts dont elle dispose ou dont elle est propriétaire puis la revend aux adhérents au gré de leurs commandes respectives.
- La centrale centralise les commandes des adhérents pour les passer au fournisseur. Ce dernier livre, dans la plupart des cas, le groupement qui se charge ensuite d'acheminer les commandes aux associés.

Dans ce chapitre, nous nous situons dans le contexte d'un réseau de commerce ou d'un réseau de franchise disposant d'une centrale d'achat. Nous considérons plus précisément des produits de mode ou des produits saisonniers tels que l'habillement ou le sport (mode d'été, d'hiver...).

Ces produits se vendent sur une période de temps assez courte. Si pour une raison quelconque, ils ne sont pas disponibles dans les points de vente en début de saison, les ventes sont perdues. En fin de saison, les produits restants sont tout d'abord soldés. Passé la fin de saison, les invendus sont bradés à des sociétés spécialisés, donnés à des associations ou détruits.

Généralement, les produits sont dessinés et conçus dans les locaux de la société mère situés dans la zone de vente (en Europe par exemple). Pour des raisons de coûts, la production est externalisée vers des pays à faible coûts de main d'œuvre (pour l'industrie textile : Chine, Bangladesh, Pakistan, Vietnam, pays du Maghreb et Europe de l'Est).

Le risque majeur est que les produits commandes arrivent après le lancement de la saison. Les raisons peuvent être diverses.

- Le sous-traitant n'arrive pas à produire pour des raisons qui lui sont propres (problèmes d'approvisionnement, grève, pannes des équipements, banqueroute)
- Les transport sont retardés ou interrompu suite à des calamités naturelles ou humaines (guerres)
- Les produits sont livrés à temps mais sont refusés pour des raisons de qualité.

2. Aide à la décision

Le risque de défaillance des fournisseurs induit pour l'acheteur un risque de perte financière : si une grande partie des fournisseurs retenus ne peuvent pas fournir, les coûts de transactions et les coûts de pénurie seront supérieurs aux revenus.

La plupart des articles traitant du choix des fournisseurs en présence de risque fournisseurs cherche à optimiser en espérance le profit dégagé ou le coût d'achat. De manière générale, une moyenne est un bon indicateur de position, mais elle demeure insuffisante pour prendre une décision. Considérons le petit cas suivant :

Pour réaliser une opération commerciale, un acheteur veut se procurer 10 pièces. Le prix de vente d'une pièce est de 1000. Il a deux fournisseurs possibles F1 et F2 avec les caractéristiques suivantes :

Tableau 4-1 : les paramètres des fournisseurs

	S1	S2
Cout de transaction	1000	800
Prix achat d'une pièce	500	600
Probabilité de défaillance	10%	5%

En cas de pénurie, il n'y a pas de pénalités. Le profit est donné directement par la différence entre les revenus des ventes et les coûts de transaction/achat. Ici on a 11 solutions possibles. Dans les solutions 1 et 2, l'acheteur fait appel à un seul fournisseur. Dans les solutions 3 à 11, il répartit la demande sur les deux. Le tableau 4.2 donne l'espérance de profit de chaque solution.

Tableau 4-2 : espérance de profit pour chaque solution

Solution	Quantité commandé		Espérance de profit
	F1	F2	
1	10	0	3500
2	0	10	3000
3	9	1	2630
4	8	2	2560
5	7	3	2490
6	6	4	2420
7	5	5	2350
8	4	6	2280
9	3	7	2210
10	2	8	2140
11	1	9	2070

Si l'objectif est de maximiser l'espérance de profit, la solution optimale est de prendre uniquement le fournisseur F1.

Regardons dans le détail ce que recouvre « le profit espéré ». Considérons par exemple, la solution consistant à commander 6 à F1 et 4 à F2. Il y aura 4 cas possibles :

F1 et F2 livrent : la probabilité est de 85.5% et le gain sera 2800.

F1 livre, F2 ne livre pas : la probabilité est de 4.5% et le gain sera 1200.

F1 ne livre pas et F2 livre : la probabilité est de 9.5% et la perte sera 200.

F1 et F2 ne livrent pas : la probabilité est de 0.5% et la perte sera 1800.

En espérance, le profit sera de 2420. Dans 90% des cas, l'opération sera rentable avec un gain moyen de 2448. Dans 10% des cas, elle sera déficitaire avec une perte moyenne de 28.

Tableau 4-3 : les solutions possibles

solution	F1	F2	Profit espéré	Perte	Proba perte
1	10	0	3 500,0	1 00,0	10,00%
2	0	10	3 000,0	40,0	5,00%
3	9	1	2 630,0	142,0	10,00%
4	8	2	2 560,0	104,0	10,00%
5	7	3	2 490,0	66,0	10,00%
6	6	4	2 420,0	28,0	10,00%
7	5	5	2 350,0	9,0	0,50%
8	4	6	2 280,0	9,0	0,50%
9	3	7	2 210,0	22,5	5,00%
10	2	8	2 140,0	45,0	5,00%
11	1	9	2 070,0	67,5	5,00%

Une solution B est dominée par une solution A si le profit de B est inférieur ou égal au profit de A et la perte de B est supérieure à la perte de A. Prenons les solutions 1 et 2. La solution 1 permet un profit de 3000 pour une perte de 40. La solution 2 permet un profit (3500) pour une perte plus élevée (100). Elle n'a donc aucun intérêt.

Ici les solutions 3, 4, 5 sont dominées par 2. Les solutions 8, 9 10 et 11 sont dominées par la solution 7. Seules quatre solutions sont à retenir.

Tableau 4-4 : les solutions dominantes

solution	F1	F2	Profit espéré	Perte	Proba perte
1	10	0	3 500,0	1 00,0	10,00%
2	0	10	3 000,0	40,0	5,00%
6	6	4	2 420,0	28,0	10,00%
7	5	5	2 350,0	9,0	0,50%

On constate que, dès lors qu'il y a risque de perte, l'indicateur profit espéré ne se suffit pas à lui-même. Il n'existe pas de solution « optimale » dans l'absolu. La solution à retenir dépend du décideur.

L'acheteur qui aime prendre des risques pour essayer de gagner un maximum quitte à prendre le risque de perdre, choisira la solution 1.

L'acheteur cherchant un gain conséquent mais légèrement plus prudent choisira la solution 2, qui permet un gain un peu inférieur (3000 au lieu de 3500) mais divise la perte par 2,5 (40 au lieu de 100)

L'acheteur prudent voulant gérer l'opération en bon père de famille préférera la solution 7. Le profit espéré est certes moindre (2350 au lieu de 3500) mais la perte moyenne est négligeable (9 au lieu de 100).

Dans la suite, notre objectif est de fournir au décideur, la courbe « Profit versus Perte » lui permettant de choisir la solution adaptée à son profil vis-à-vis du risque.

3. Hypothèses du modèle

Nous considérons une chaîne logistique à trois étages composées d'un ensemble des fournisseurs, un ensemble des clients (les points de vente) et une centrale d'achat. Dans ce qui suit nous précisons les différentes hypothèses de base :

3.1 Fournisseurs

Nous avons un ensemble $I = \{1..m\}$ de m fournisseurs géographiquement dispersés. Chaque fournisseur a une capacité de production limitée PC_i .

Chaque fournisseur i a une probabilité π_i de ne pas fournir la commande dans les délais (risque de rupture). Une rupture affecte un seul fournisseur indépendamment des autres (rupture locale). Du fait qu'il existe deux situations possibles pour chacun des fournisseurs (« il livre » ou « il ne livre pas »), le nombre total de scénarios possible est égal à 2^m .

Posons $S = \{1..2^m\}$ l'ensemble des scénarios potentiels. Notons π_i la probabilité de non livraison du fournisseur i . Soit $RS_{is}=1$ si le fournisseur i est soumis à une rupture dans le scénario s et $RS_{is}=0$ sinon. La probabilité PS_s du scénario s est donné par :

$$PS_s = \prod_i \max[(1 - \pi_i)(1 - RS_{is}), \pi_i.RS_{is}]$$

3.2 La centrale d'achat

La centrale d'achat joue le rôle d'intermédiaire entre les fournisseurs et les clients (points de vente). Le décideur connaît la demande DN_j du client j .

Dans un premier lieu, le décideur doit sélectionner les fournisseurs. Soit $Y_i=1$ si le fournisseur i est sélectionné et 0 sinon. Si le fournisseur est sélectionné un coût de transaction CT_i est imputable.

Le décideur détermine par la suite la quantité QO_{ij} à commander au fournisseur i pour le client j . Pour réduire le risque de rupture chez le client, le décideur a la liberté de commander plus que la quantité DN_j envisagée par le client j . En cas de non livraison, les produits

commandés ne sont pas payés mais les coûts de transaction demeurent. Un produit expédié depuis le fournisseur i jusqu'au client j a un coût de revient CP_{ij} (achat plus transport).

3.3 Client

Nous considérons un ensemble $J = \{1..n\}$ de n clients. Le client j estime qu'il peut écouler DN_j produits au prix de vente SN_j . Puisque la centrale d'achat peut commander plus que cette quantité et que les fournisseurs peuvent être défaillants, le nombre de produits souhaités et le nombre de produits livrés peuvent différer selon les scénarios :

- Si les livraisons dépassent la demande DN_j , une partie du surplus peut être soldée à un prix SD_j . Cependant, ceci est valable pour une quantité maximale de DD_j produits. Le reste est donné ou détruits. Il y a un coût CC_j par produit
- Si les livraisons sont inférieures à la demande DN_j , des ventes sont perdues. Ceci induit un coût de pénalité CS_j par produit. Ce coût de pénalité inclut la perte de profit et/ou les frais occasionnés pour s'approvisionner à une autre source.

4. Exemple illustratif

Par la suite, nous allons appliquer notre étude à un exemple avec 6 fournisseurs et 8 clients. Trois fournisseurs sont localisés dans des pays d'Asie. Ils se caractérisent par un coût de transaction élevé, un coût d'acquisition (achat plus transport) assez bas et une probabilité de non livraison élevée. Deux fournisseurs sont localisés dans des pays d'Afrique. Ils se caractérisent par un coût de transaction, un coût d'acquisition et une probabilité de non livraison modérée. Le dernier fournisseur est en Europe. Son coût de transaction est faible, le coût d'acquisition élevé et la probabilité de non livraison réduite.

Avec 6 fournisseurs, le nombre des scénarios est de 64. On les suppose numérotés de 0 à 63 en chiffre binaire (000000 jusqu'à 111111). Ce numéro binaire décrit le scénario. Le scénario 0 (000000) est celui où tous les fournisseurs livrent, le scénario 63 (111111) est celui où tous sont en rupture. Le scénario 38 (100110) va correspondre à la situation : les fournisseurs numéro 1, 4 et 5 sont en rupture alors que les fournisseurs 2, 3, et 6 livrent normalement. Le tableau 3, donne les paramètres des différents fournisseurs (probabilité de rupture, coût de transaction et capacité de production).

Tableau 4-5: Paramètres des fournisseurs

	S1	S2	S3	S4	S5	S6
Probabilité de rupture π_i	15%	12%	14%	8%	9%	2%
Coût de transaction CT	8000	7800	7500	3500	3800	1000
Capacité de production PC	1 100	1 200	900	800	1 200	800

Le tableau 4.6, donne les paramètres des clients. La quantité maximum de solde est égale à 20% de la demande. Le prix de vente en solde SDj est de l'ordre de 50% du prix de vente normal SNj. Le coût de pénurie CSj est de l'ordre de 30% du prix de vente normal SNj. Le coût de donation CCj est de l'ordre de 15% du prix de vente normal SNj.

Tableau 4-6: Paramètres des clients

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8
Demande à prix normal DNj	300	500	300	700	800	450	350	600
Demande à prix soldé DDj	60	100	60	140	160	90	70	120
Prix de vente normal SNj	55	51	60	54	52	48	46	44
Prix soldé SDj	27	23	28	27	26	24	23	22
Coût de pénurie CSj	17	16	18	16	15	13	15	14
Cout donation CCj	8	5	8	7	7	6	6	7

Le tableau 4.7 donne le coût d'acquisition d'un produit chez le fournisseur i pour le client j.

Tableau 4-7 : Coût d'acquisition

	Coût d'acquisition CPij							
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8
S1	20	21	17	16	18	23	27	29
S2	18	21	17	18	18	16	21	24
S3	25	25	30	24	25	27	27	27
S4	28	23	38	29	35	28	32	37
S5	27	27	32	26	28	36	30	29
S6	42	37	45	35	39	44	42	46

5. Modèle déterministe : les fournisseurs livrent tous

Considérons dans un premier temps le cas où il n'y a pas de rupture. Notre modèle est une variante d'un problème classique de sélection de fournisseurs et d'allocation de commande. L'objectif du décideur est clairement de maximiser la marge dégagée par l'opération commerciale envisagée. La marge est la différence entre les revenus des ventes (à prix

normal ou à prix soldé) et les divers coûts imputables à l'opération (coût de transaction, coût d'acquisition, coût de pénurie et cout de donation).

Cette marge est une marge brute (Gross Profit GP). Elle mesure la différence entre les revenus et les coûts directement imputables à l'opération. Cependant, elle ne reflète pas le résultat vrai de l'opération. En effet, cette opération doit permettre de couvrir un certain nombre de coûts indirects : les salaires, les coûts d'exploitations, les services de l'entreprise mère, les impôts, les frais de publicité... Pour être rentable, l'opération doit donc dégager une marge brute minimale MP. En soustrayant cette marge minimale MP à la marge brute, nous obtenons la marge nette (Net Profit NP).

Ici, puisque MP est une constante, maximiser la marge brute GP ou la marge net NP est équivalent.

5.1. Formulation

Ce problème peut être formulé sous la forme d'un programme en nombre entiers mixtes. Dans ce qui suit, nous présenterons les différents indices, les paramètres et les variables de décision liées à ce problème.

Index

- i Fournisseurs
- j Clients

Paramètres

- CC_j : Coût des pièces données aux associations caritatives de client j
- CP_{ij} : Prix des pièces livrées par le fournisseur i au client j
- CS_j : Coût de rupture de stock pour le client j
- CT_i : Coût de transaction pour le fournisseur i
- DN_j : Demande en prix normal pour le client j
- DD_j : Demande avec un prix de discount pour le client j
- PC_i : Capacité de production de fournisseur j
- SN_j : Prix de vente normale pour le client j (par unité)

Variables de décision

- QC_j : Quantité de produits donnés par le client j
- QD_j : Quantité vendue à prix soldé (discount)
- QL_j : Quantité livrée au client j
- QN_j : Quantité vendue à prix de vente normal

QO_{ij} : Quantité commandée au fournisseur i pour le client j
 QS_j : Quantité de produits manquant du client j
 QE_j : Quantité livrée en excès au client j
 Y_i : Variable binaire : 1 ; si le fournisseur i est sélectionné 0 sinon

Le problème s'écrit sous la forme :

$$\text{Max}=\text{GP} \quad (1)$$

Sous contraintes

$$\begin{aligned}
 GP = \sum_j [SN_j * QN_j + SD_j * QD_j - CS_j * QS_j - CC_j * QC_j] \\
 - \sum_i CT_i * Y_i - \sum_i \sum_j CP_{ij} * QO_{ij}
 \end{aligned} \quad (2)$$

$$QL_j = \sum_i QO_{ij} \quad \forall j \quad (3)$$

$$QN_j \leq DN_j \quad \forall j \quad (4)$$

$$QD_j \leq DD_j \quad \forall j \quad (5)$$

$$QL_j = QN_j + QD_j + QC_j \quad \forall j \quad (6)$$

$$QL_j - DN_j = QE_j - QS_j \quad \forall j \quad (7)$$

$$QE_j = QD_j + QC_j \quad \forall j \quad (8)$$

$$\sum_j QO_{ij} \leq PC_i * Y_i \quad \forall i \quad (9)$$

$$Y_i \in \{0,1\} \quad \forall i \quad (10)$$

- (1) Présente la fonction objective qui vise à maximiser le gain
- (2) Calcul de profit net
- (3) Assure que la quantité livrée est égal à la somme des quantités commandées
- (4) Assure que la quantité vendue au prix normal est inférieure ou égale à la demande normale
- (5) Assure que la quantité vendue à prix soldé est inférieure à la quantité maximale soldée
- (6) La somme des quantités livrées est égale à la somme des quantités vendues à prix normal ou soldé et les quantités données aux associations.
- (7) La différence entre la quantité livrée et la quantité demandée à prix normal est soit en excès ou en rupture.

- (8) L'excès de la quantité livrée est soit vendu en discount, soit donné aux associations
- (9) $Y_i=1$ si le fournisseur i est choisi 0 sinon. Et si i est sélectionné, les commandes passées ne doivent pas passer la capacité de i .

La complexité du modèle numérique peut être exprimée en fonction de la taille du problème. Pour le modèle déterministe : $6j+ij+i$ variables de décision dont i est une variable de décision binaire et $6j+i+1$ contraintes.

5.2 Solution de l'exemple illustratif

Le tableau 4-8 donne les quantités commandées pour chaque client aux différents fournisseurs.

Tableau 4-8 : Les quantités commandées

	Quantité commandée Q_{Oij}								Total
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	
S1	0	0	350	700	50	0	0	0	1 100
S2	0	0	0	0	750	450	0	0	1 200
S3	0	0	0	0	0	0	0	0	-
S4	50	500	0	0	0	0	0	0	560
S5	250	0	0	0	0	0	350	600	1 200
S6	0	0	0	0	0	0	0	0	-
Total	300	500	350	700	800	450	350	600	
Solde	0	0	50	0	0	0	0	0	

La marge brute est de 95500. Si on suppose que l'opération doit dégager une marge minimale de valeur $MP= 50000$, le résultat net sera $NP=20500$.

Les fournisseurs sélectionnés sont S1, S2, S4 et S5. A l'exception du client 3, la quantité livrée est strictement égale à la demande.

Cette solution est optimale lorsqu'il n'y a pas de risques de non livraison. Considérons maintenant le cas où ces risques existent. Gardons cette solution et voyons ce qu'elle donne pour les 64 scénarios.

Elle permettra d'obtenir un profit net $NP=20500$ si aucun des fournisseurs sélectionnés n'est en rupture. On voit dans le tableau suivant que ce profit n'est obtenu que pour 4 scénarios. En outre, sur les 64 scénarios possibles, seuls douze permettent d'avoir un profit net positif (probabilité 74%). Pour tous les autres scénarios, l'opération se soldera par une perte (probabilité 25.74%).

En espérance, le profit net ne sera que de 24304 et la perte opérationnelle de 5721.

Scenario	Profit Net	Perte opér.	Gain opér.	Proba.	Prob cum.
54, 55, 62, 63	-134 300	134 300		0,01%	0,01%
50, 51, 58, 59	-110 100	110 100		0,15%	0,16%
52, 53, 60, 61	-94 800	94 800		0,13%	0,29%
38, 39, 46, 47	-77 300	77 300		0,10%	0,39%
22, 23, 30, 31	-75 200	75 200		0,07%	0,46%
48, 49, 56, 57	-70 600	70 600		1,51%	1,97%
34, 35, 42, 43	-53 100	53 100		1,09%	3,06%
18, 19, 26, 27	-51 000	51 000		0,84%	3,91%
36, 37, 44, 45	-37 800	37 800		0,96%	4,87%
20, 21, 28, 29	-35 700	35 700		0,74%	5,61%
6, 7, 14, 15	-18 200	18 200		0,54%	6,15%
32, 33, 40, 41	-13 600	13 600		11,05%	17,20%
16, 17, 24, 25	-11 500	11 500		8,54%	25,74%
2, 3, 10, 11	6 000		6 000	6,19%	31,93%
4, 5, 12, 13	21 300		21 300	5,45%	37,38%
0, 1, 8, 9	45 500		45 500	62,62%	100,00%
Espérance	24 304	5 721	30 025		

6. Modèle stochastique

Dans ce cas, la décision et l'objectif à atteindre dépend du comportement de décideur. À première vue, le décideur cherche toujours à maximiser l'espérance de profit alors qu'un décideur conscient de la complexité de chaîne d'approvisionnement et ces multiplicités du risque de rupture. Il cherche toujours, à maximiser le profit et à atténuer la valeur de pertes simultanément. De plus, la décision de décideur ne doit pas se limiter à une décision binaire ou unique, c'est à dire ou bien maximiser le profit ou minimiser les pertes cependant, il peut faire un compromis entre ces deux notions gain et perte et c'est le but de ce présent modèle. L'objectif donc est de fournir au décideur une courbe profit/perte qui présente la variation de ces indicateurs.

- Déterminer la valeur du profit maximum et la solution de valeur maximum donne la perte minimum (point extrême droit)
- Déterminer la valeur de la perte minimum et la solution de perte minimum donne le profit maximum (point extrême gauche)
- Déterminer la courbe joignant ces deux points extrêmes

Soit NP_s le profit net résultant du scénario s . Remarquons que ce « profit » net peut avoir une valeur négative. Typiquement, pour le scénario 63 (111111) où tous les fournisseurs

sont en rupture, on paye les coûts de transaction et les coûts de pénalité mais, en contrepartie, on ne vend rien.

- Si NP_s est positif l'opération commerciale est profitable et donnera un gain opérationnel OGs.
- Si la valeur de NP_s est négative, l'opération commerciale est déficitaire et donnera une perte opérationnelle OLs.

Dans un programme linéaire, toutes les variables sont a priori positives ou nulles. Une variable $X \in \Re$ (unsigned) est remplacée par deux variables positives ou nulles X_+ et X_- .

- $X_+ = \max(0, X)$
- $X_- = \max(0, -X)$
- $X = X_+ - X_-$.

Ici nous avons donc : $NP_s = OG_s - OL_s$.

6.1. Modélisation des contraintes

Comme dans tous problèmes stochastiques, nous aurons deux types de variables :

- Variables indépendantes des scénarios :
 Y_i : variable binaire valant 1 si le fournisseur i sélectionné ; 0 sinon
 QO_{ij} : la quantité commandée au fournisseur i pour le client j
- Variables dépendantes du scénario s :
 Les quantités livrées, les quantités soldées, les quantités données
 Le profit net, les gains et pertes opérationnelles ;

Le problème peut se modéliser sous forme d'un programme linéaire en nombre entiers mixtes. L'ensemble des contraintes est identique que l'on maximise le profit ou minimise la perte. Par la suite on notera (*SetConst*) l'ensemble de ces contraintes.

6.2. Formulation

Indices

- i Fournisseur
- j Client
- s Scénario

Paramètres dépendant du scénario s

RS_{is} Paramètres binaire désigne si le fournisseur i est soumis à une rupture dans scénarios s , 0 sinon.

PS_s : Probabilité de réalisation de scénario s

Variables non scénarisé

QO_{ij} : Quantité commandé au fournisseur i par le client j

Y_i : Variables binaire est égal à 1, si le fournisseur i est sélectionné 0 sinon.

EG : Esperance de Gain

EL : Esperance de perte

Variables dépendantes de scénario s

OG_s : Gain opérationnelle dans le scénario s

OL_s : Perte opérationnelle de scénario s

QC_{js} : Quantité de charité de don par le client j dans le scénario s

QD_{js} : Quantité vendue avec le prix de discount par le client j dans le scénario s

QL_{js} : Quantité livrée au client j dans le scénario s

QN_{js} : Quantité vendue au prix normal par le client j dans le scénario s

QS_{js} : Quantité de produits manquant pour le client j dans le scénario s

QE_{js} : Quantité livrée en excédent dans le scénario s

Ensemble des contraintes (SetConst)

$$QL_{js} = \sum_i [1 - RS_{is}] * QO_{ij} \quad \forall j, \forall s \quad (3)$$

$$QN_{js} \leq DN_j \quad \forall j \forall s \quad (4)$$

$$QD_{js} \leq DD_j \quad \forall j \forall s \quad (5)$$

$$QL_{js} = QN_{js} + QD_{js} + QC_{js} \quad \forall j \forall s \quad (6)$$

$$QL_{js} - DN_j = QE_{js} - QS_{js} \quad \forall j \forall s \quad (7)$$

$$QE_{js} = QD_{js} + QC_{js} \quad \forall j \forall s \quad (8)$$

$$\sum_j QO_{ij} \leq PC_i * Y_i \quad \forall i \quad (9)$$

$$Y_i \in \{0,1\} \quad \forall i \quad (10)$$

$$OG_s - OL_s = \sum_j [SN_j * QN_{js} + SD_j * QD_{js} - CS_j * QS_{js} - CC_j * QC_{js}] - \sum_i CT_i * Y_i - \sum_i \sum_j CP_{ij} * [1 - RS_{is}] * QO_{ij} - MP \quad (11)$$

$$EG = \sum_s OG_s * PS_s$$

$$EL = \sum_s OL_s * PS_s$$

Equation (3) : La quantité livrée au client j dans le scénario s est la somme des quantités commandés au fournisseur i qui sont dans un état sans rupture et peuvent livrer normalement.

Equation (4) : La quantité vendue au prix normal dans le scénario s ne dépasse pas la demande normale.

Equation (5) : La quantité vendue au prix de discount ne dépasse pas la demande de discount.

Equation (6) : La quantité livrée au client j dans le scénario s est égale à la somme vendue au prix normal pour le client j dans le scénario s et la quantité vendue au prix de discount par le client j dans le scénario s moins la quantité insatisfaite par le client j dans le scénario s.

Equation (7) : La quantité livrée au client j dans le scénario s moins la demande au prix normal par le client j est égal à la quantité livrée en excès au client j dans le scénario s moins la quantité insatisfaite au client j dans le scénario s.

Equation (8) : la quantité livrée en excès au client j dans le scénario s est égale à la somme à la quantité vendue au prix de discount par le client j dans le scénario s et la quantité de charité donné par le client j dans le scénario s.

Equation (9) indique $y_i = 1$: si le fournisseur i est sélectionné 0 sinon ; et si $y_i = 1$. La quantité commandée au fournisseur i ne dépasse pas sa capacité PC_i .

En se basant sur ce présent problème, le nombre des contraintes est égal à $6js+i+1$ contraintes et $ij+i+6js+2s$ variables de décisions.

6.3.Maximisation de profit

Dans ce modèle, on cherche à maximiser le profit et à profit égal à minimiser les pertes :

Etape 1 : Résoudre le programme P1

Max=EG-EL sous contraintes (SETCONST)

Soit PMax la solution de P1

Etape 2 : Résoudre le programme P2

Min=EL sous contrainte (SETCONST) and EG-EL >= PMax-ε

Soit LMax la solution de P2

La solution obtenue pour l'exemple est donnée dans le tableau 4.9.

Tableau 4-9 : Quantités commandées au fournisseur i pour le client j

	Quantité commandée QO_{ij}								Total
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	
S1	0	0	0	0	0	0	0	0	-
S2	60	0	60	420	560	0	0	0	1 100
S3	60	0	300	140	240	450	10	0	1 200
S4	0	0	0	0	0	0	0	0	-
S5	160	500	0	140	0	0	0	0	800
S6	80	0	0	140	40	0	340	600	1 200
Total	360	500	360	840	840	450	350	600	
Solde	60	0	60	140	40	0	0	0	
Donation	0	0	0	0	0	0	0	0	

L'espérance de profit nette est égale à 26850. . Dans ce cas, on a le gain moyen est égal à 29952 avec une probabilité de 85.3%. La perte moyenne sera de 3101 avec une probabilité de 14.7%. La stratégie retenue est d'acheter les quantités vendues au prix normal et les quantités soldées pour quelques clients.

6.4. Modèle de minimisation de perte

Dans ce modèle, on cherche à minimiser les pertes et à pertes égales à maximiser le profit

Étape 1 : Résoudre le programme P3

$Min = EL$ sous contraintes les contraintes (SETCONST)

soit $Lmin$ la solution de P3

Étape 2: résoudre le programme P4

$Max = EG - EL$ sous les contraintes (SETCONST) et $EL \leq LMin + \varepsilon$

Tableau 4-10 : Quantités commandées au fournisseur i pour le client j

	Quantité commandée QO_{ij}								Total
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	
S1	100	58	191	127	448	177	0	0	1 100
S2	100	58	169	127	288	268	70	120	1 200
S3	100	56	65	83	261	5	280	50	900
S4	100	386	44	93	0	177	0	0	800
S5	100	58	65	127	229	0	70	550	1 200
S6	0	0	0	397	22	0	0	0	419
Total	500	616	535	954	1248	627	420	720	
Soldé	60	100	60	140	160	90	70	120	
Donné	140	16	175	114	288	87	0	0	

La perte moyenne est de 867 avec une probabilité de 5.1%. Le gain moyen espéré est 4171 avec une probabilité de 94.9%.

La stratégie minimisant la perte moyenne consiste à acheter plus que le vendable. Dans les scénarios où les fournisseurs ne sont pas en rupture, on devra donc solder et donner le surplus. Par suite, les profits seront faibles. Par contre, dans les scénarios où quelques fournisseurs sont en rupture, les quantités livrées permettront de satisfaire la demande et les pertes seront atténuées.

6.5. Détermination de la courbe « profit versus perte »

Nous connaissons maintenant les points extrêmes du courbe profit vs perte. Pour obtenir les points intermédiaires, nous faisons varier la valeur maximale de perte attendue et nous maximisons le profit. Soit NP le nombre de points voulus :

Algorithme calcul des points de la courbe

$X(1) = PMin$ $Y(1) = LMin$

$X(NP) = PMax$ $Y(NP) = Lmax$

$Increment = (LMax - Lmin) / (NP - 1)$

Pour i de 2 à NP-1 faire

$Max = EG - EL$

*Sous contraintes (SETCONST) et $EL \leq LMin + i * Increment + \varepsilon$*

$X(i) = EG - EL$

$Y(i) = LMin + i * Increment$

Fin Pour

6.6. Résolution de l'exemple

Nous avons pris 25 intervalles.

Test	Perte	Profit
1	867	3 304
2	960	6 436
3	1 053	8 279
4	1 146	9 665
5	1 239	10 760
6	1 332	11 814
7	1 426	12 833
8	1 519	14 725
9	1 612	16 351
10	1 705	17 826
11	1 798	19 202
12	1 891	20 510
13	1 984	21 688
14	2 077	22 813
15	2 170	23 870
16	2 263	24 462
17	2 357	24 899
18	2 450	25 326
19	2 543	25 717
20	2 636	26 066
21	2 729	26 086
22	2 822	26 736
23	2 915	26 776
24	3 008	26 815
25	3 101	26 851

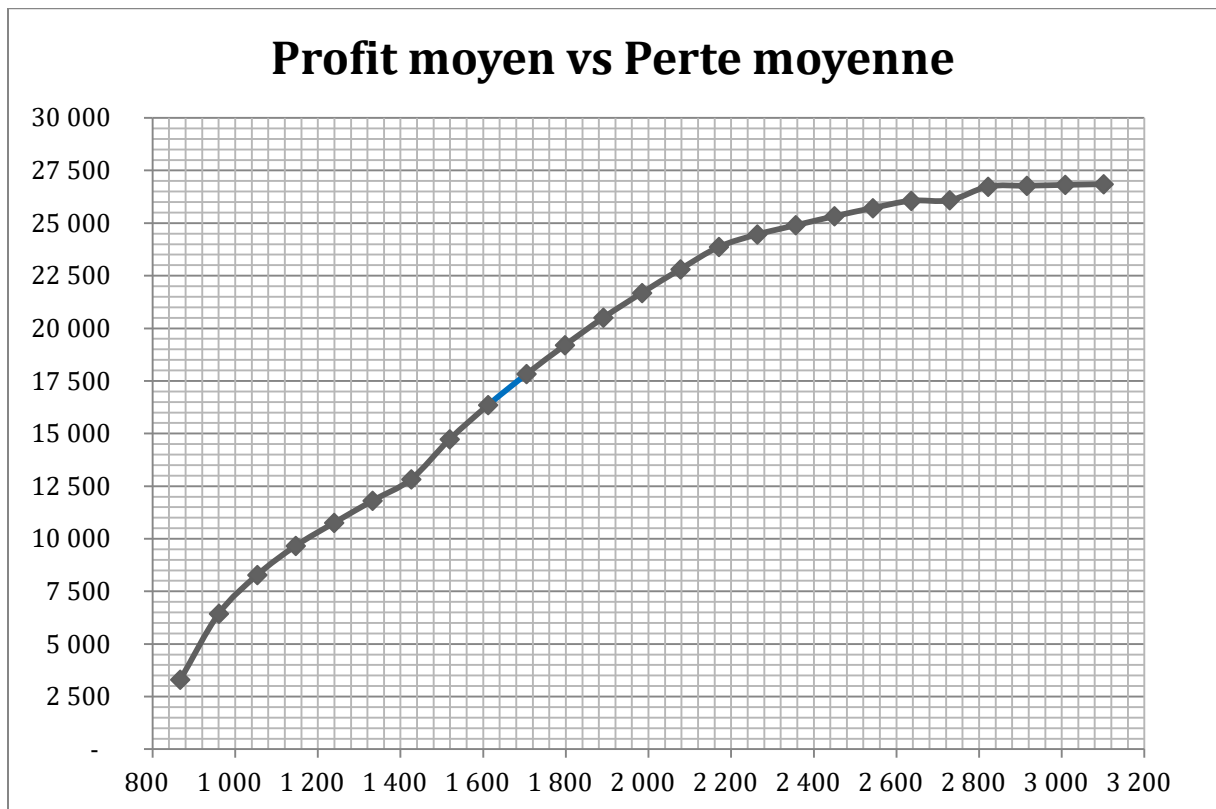


Figure 4-1 : Distribution des profits vs pertes moyenne

On constate que pertes et profit sont corrélés et varient dans le même sens. Vouloir accroître l'espérance du profit augmente l'espérance des pertes.

Cette courbe va permettre aux décideurs de relativiser leur jugement.

Sur cet exemple, on constate que la courbe est très plate à droite. Le décideur voulant maximiser le profit à tout intérêt à accepter de gagner un peu moins pour réduire considérablement les pertes. Comme on peut le voir sur le tableau suivant, accepter par exemple de diminuer le profit de 3% permet de réduire les pertes de 15.0%.

Profit	Perte	Réduction du profit	Réduction des pertes
26 851	3 101		
26 815	3 008	-0,13%	-3,00%
26 776	2 915	-0,28%	-6,00%
26 736	2 822	-0,43%	-9,01%
26 086	2 729	-2,85%	-12,01%
26 066	2 636	-2,92%	-15,01%
25 717	2 543	-4,22%	-18,01%

La courbe est plate sur sa partie gauche. Si on zoome sur cette partie, on constate que le décideur prudent peut de son côté accepter une perte un peu plus élevée pour augmenter le profit ou le rendre positif.

Accepter une perte de 960 permettrait de doubler le profit espéré.

Perte	profit	Augmentation des pertes	Augmentation des profits
867	3304		
960	6436	11%	95%
1053	8279	21%	151%
1146	9665	32%	192%
1239	10760	43%	226%

6.7.Obtention de la solution

La courbe profit vs perte va permettre au décideur de fixer la perte minimale acceptable pour lui, soit P_{Acc} cette valeur. Il reste maintenant à lui fournir la solution optimale correspondante. Pour cela, il suffit de résoudre le programme :

$$Max = EG - EL$$

Sous contraintes

$$(SETCONST) \text{ et } EL \leq P_{Acc} + \varepsilon$$

7.Profit net et profit brut

Dans le cas déterministe, maximiser le profit brut ou le profit net donne le même résultat à une constante prêt : $GP = NP - MP$.

Ce n'est pas le cas dans le cas stochastique. Le schéma suivant donne les courbes obtenues pour les valeurs de marge allant de $MP = 35000$ à $MP = 75000$ par pas de 5000.

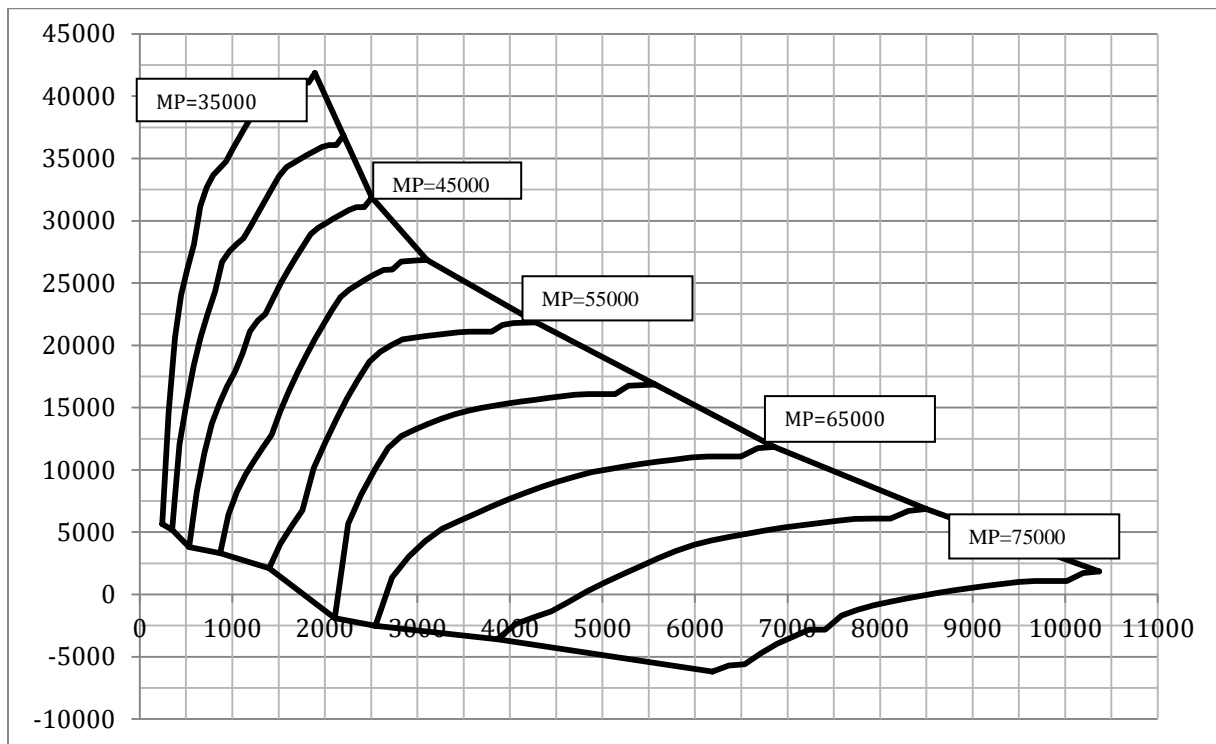


Figure 4-2 : Effet de variation de marge sur le profit et perte

On constate que les courbes ne sont pas translatées les unes des autres. Comme on peut s'y attendre, lorsque la marge visée diminue, en espérance, le profit augmente et la perte diminue.

Mais la répercussion n'est pas directe : diminuer de 5000 la marge visée n'augmente pas automatiquement de 5000 le profit espéré et ne diminue pas de 5000 la perte.

Considérons le cas extrême du décideur risque neutre (point haut droit) qui cherche à maximiser le profit espérer sans s'occuper des pertes. Le tableau suivant donne pour chaque valeur de MP, la perte et le profit espéré, ainsi que la variation de perte et profit entre la ligne i et la ligne i-1.

MP	Perte	Profit	Variation Perte	Variation Profit
35000	1892	41851		
40000	2200	36851	307	-5000
45000	2507	31851	307	-5000
50000	3101	26851	594	-5000
55000	4281	21851	1180	-5000
60000	5568	16851	1287	-5000
65000	6855	11851	1287	-5000
70000	8498	6851	1643	-5000
75000	10 367	1 851	1869	-5000

Ici une augmentation de MP de 5000 induit directement une diminution du profit espéré de 5000. Mais la variation sur la perte est beaucoup plus faible. On peut noter aussi que si MP est supérieur à 65000, la perte est supérieure au profit.

Considérons maintenant le décideur averse au risque qui préférera avant tout limiter le risque de perte (point bas gauche des courbes).

MP	Perte	Profit	Variation Perte	Variation Profit
35000	242	5665		
40000	351	5196	109	-470
45000	533	3810	182	-1386
50000	867	3304	334	-506
55000	1399	2106	532	-1198
60000	2106	-1898	708	-4004
65000	2547	-2526	441	-628
70000	3864	-3587	1317	-1061
75000	6 189	- 6 189	2325	-2602

Ici, lorsque la marge visée augmente de 5000, les pertes elles augmentent beaucoup plus lentement. Lorsque la marge à dégager devient trop élevée (environ 60000 et plus), on remarque que le profit espéré devient négatif et en valeur absolu presque égal à la perte. Pour MP=60000, la perte moyenne est de 2106 et le profit moyen de -1898. Rappelons que le profit est égal au gain moins la perte. Autrement dit, lorsque tout va bien on peut espérer un gain moyen de $2106 - 1898 = 208$. Sinon, on limitera les pertes à 2106. Le décideur prudent prend l'option de gagner très peu lorsque tout se passe bien afin de limiter les pertes dans le cas où les fournisseurs ne livrent pas.

8. Influence du risque de rupture sur la courbe

Dans cette section, nous étudions l'influence de la probabilité de rupture des fournisseurs sur la courbe Profit versus perte. Pour cela nous avons diminué la probabilité de rupture de chaque fournisseur par un coefficient donné (0.9 – 0.8 et 0.5).

Tableau 4-11 : Variation de probabilité de rupture

	Probabilité de rupture π_i					
	S1	S2	S3	S4	S5	S6
* 1,0	15,0%	12,0%	14,0%	8,0%	9,0%	2,0%
* 0,9	13,5%	10,8%	12,6%	7,2%	8,1%	1,8%
* 0,8	12,0%	9,6%	11,2%	6,4%	7,2%	1,6%
*0,5	7,50%	6,00%	7,00%	4,00%	4,50%	1,00%

La figure 4-3, donne les courbes. Comme on pouvait s'y attendre, le risque de perte décroît fortement avec le risque de rupture.

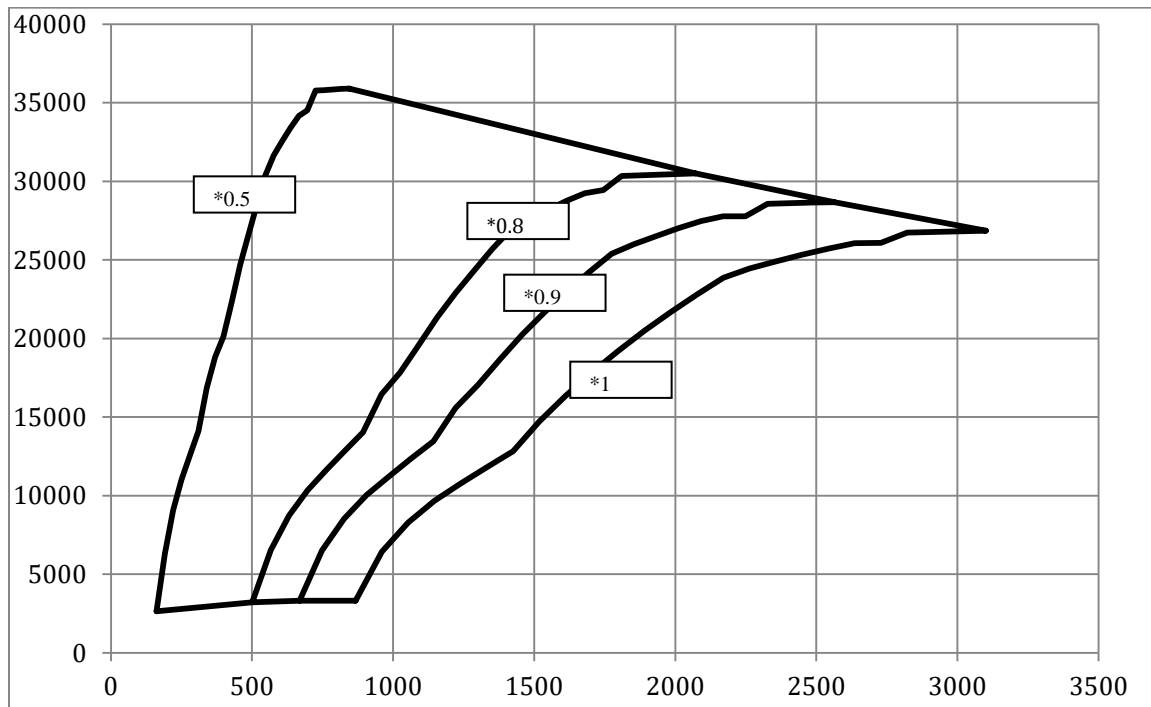


Figure 4-3 : Effet de variation de risque de rupture

Considérons le cas extrême du décideur risque neutre (point haut droit) qui cherche à maximiser le profit espérer sans s'occuper des pertes. Le tableau suivant donne pour les différentes valeur du coefficient, la perte et le profit espéré, ainsi que la variation de perte et profit entre la ligne i et la ligne $i-1$ (en pourcentage).

Coefficient	Perte	Profit	Variation Perte	Variation Profit
1,00	3101	26851		
0,90	2565	28677	-17,3%	6,8%
0,80	2072	30492	-19,2%	6,3%
0,50	874	35 912	-57,8%	17,8%

Pour le décideur risque neutre qui cherche avant tout le profit avoir des fournisseurs fiables permettra d'augmenter le profit mais surtout de diminuer la perte.

Considérons maintenant le tableau pour le décideur averse au risque.

Coefficient	Perte	Profit	Variation Perte	Variation Profit
1,00	867	3304		
0,90	669	3312	-22,9%	0,2%
0,80	501	3214	-25,1%	-3,0%
0,50	161	2 640	-67,8%	-17,8%

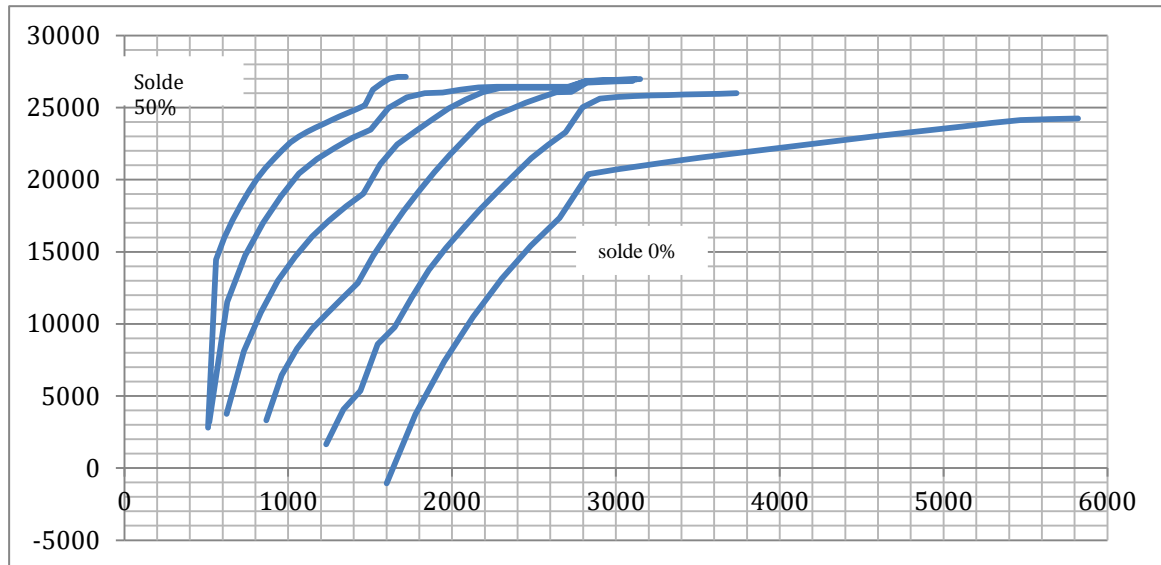
Pour ce décideur averse au risque, avoir des fournisseurs plus fiables va permettre de limiter fortement les pertes. Mais on remarque que le profit espéré lui aussi diminue.

9. Sur-achat et soldes versus atténuation des risques

Nous avons fait l'hypothèse que la centrale d'achat pouvait commander plus que la demande émise par le client. Dans le cas où les fournisseurs choisis livrent sans problème, une partie des produits sera soldé ou donné, ce qui tendra à diminuer le profit. Par contre, si une partie de ces fournisseurs ne livrent pas, les commandes supplémentaires permettront de limiter les pénuries et donc de réduire le risque de perte.

Dans cette section, nous voulons vérifier cette assertion et étudier l'impact du sur-achat et du discount sur les risques. Nous avons fait varier le taux de solde de 0% à 50%. Au-dessus de 50%, les résultats ne changent pas. Les courbes se décalent sur la gauche lorsque le taux de solde augmente.

Figure 4-4 : Effet de variation de taux de solde



On constate tout d'abord que la possibilité de solder permet de réduire essentiellement le risque de pertes et joue peu sur le profit.

Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons développé un algorithme basé sur des modèles stochastiques en nombre entiers mixtes permettant de fournir, à un décideur un outil d'aide à la décision en fonction de son profil vis-à-vis du risque. Cet outil est visuel, sous forme d'une courbe « perte versus profit ». L'examen de cette courbe permet au décideur de fixer la valeur des pertes qu'il accepte. Cette valeur étant connue, il est alors possible de lui fournir de manière optimale la liste des fournisseurs à retenir et les quantités à commander pour chacun des clients.

Sur un cas d'étude, on constate que la courbe est sensible aux différents paramètres tels que la marge de profit fixé, le taux de solde, la probabilité de non livraison des fournisseurs.

CHAPITRE 5. MODÈLES STOCHASTIQUES BASÉ SUR L'ANALYSE DES SCÉNARIOS DE RUPTURE POUR LE PROBLÈME DE SÉLECTION DES FOURNISSEURS ET ALLOCATION DES ORDRES VIA L'INTÉGRATION DES TECHNIQUES DE VAR ET CVar

Introduction

Le dynamisme et la compétitivité croissante de l'économie mondiale exigent que les entreprises appliquent une gestion rigoureuse de leurs processus d'approvisionnement. Qu'il s'agisse de l'achat des matières premières, des composants ou des produits finis, l'estimation et l'analyse du risque doivent guider le choix des fournisseurs, et non seulement les critères financiers (tel que le prix, le discount offert...) et divers autres critères.

L'objectif de ce chapitre est de développer une chaîne logistique à trois étages composée d'un ensemble des fournisseurs, un ensemble de clients avec différents produits et une centrale d'achat qui affecte les commandes des clients. Divers critères seront considérés dans la sélection des fournisseurs tels que le risque de rupture et les critères de discount, le prix... Deux types de rupture seront traités : une rupture locale qui affecte un seul fournisseur et une rupture globale qui affecte tous les fournisseurs simultanément.

Dans ce contexte nous développons deux programmes stochastiques en nombre entiers mixtes : dans le premier, nous cherchons à traiter le cas de sélection des fournisseurs dans un contexte de minimisation de l'espérance du coût alors que dans le deuxième, nous considérons le risque de rupture pour déterminer le choix des fournisseurs tout en intégrons les techniques de valeur en risque (VaR) et la valeur en risque conditionnelle (CVaR).

Dans la première partie de ce chapitre, nous présenterons la description du problème y compris les hypothèses de base. Par la suite, nous présenterons la formulation mathématique du modèle déterministe. Ensuite, nous développons ce modèle en des modèles stochastiques. La troisième partie concerne la présentation et les interprétations des résultats.

1. Description du problème

On s'intéresse à une chaîne logistique à trois étages composée d'un ensemble des fournisseurs, un ensemble des clients et une centrale d'achat qui affecte les différentes commandes de différents produits aux fournisseurs sélectionnées. Le but de cette section, est de présenter les différentes hypothèses.

Un ensemble des fournisseurs

Soit $i \in I = \{1, \dots, m\}$, un ensemble des fournisseurs géographiquement dispersés. Chaque fournisseur est limité par une capacité de stockage des produits bien déterminée. Dans ce travail, nous considérons que le fournisseur est soumis à deux types de rupture :

- Une rupture locale qui peut se réaliser suite à un problème de non-conformité, indisponibilité des équipements, faillite, grève... Dans ce cas, aucune commande des clients ne peut être satisfaite. Ce type de rupture affecte un seul fournisseur indépendamment des autres. En effet, ces types du risque se caractérisent par une fréquence très élevée mais leurs conséquences sont faibles.

Dans ce cas, nous supposons que le nombre des scenarios de rupture est égal à 2^m scénarios. Soit $s = \{1, \dots, 2^m\}$ l'ensemble des scénarios potentiels. Soit π_i la probabilité de rupture locale de fournisseur i et $(RS(i,1))$ désigne si le fournisseur i est soumis à une rupture ; 0 sinon.

La probabilité de réalisation de scénario s est donnée par :

$$P_s = \prod_{i \notin I_s} (1 - \pi_i) \prod_{i \in I_s} \pi_i \quad (1)$$

- La rupture locale et globale, qui affecte tous les fournisseurs simultanément. Ce type de rupture peut engendrer suite à une crise économique, grève de secteur de transport. En effet, la probabilité de réalisation de cet événement est faible mais leurs conséquences sont élevées.

Notons π^* est la probabilité de rupture globale

$$p^*(s) = \begin{cases} (1 - \pi^*) * P(s) & \text{if } I_s \neq \emptyset \\ \pi^* + (1 - \pi^*) \prod_{i \in I} \pi_i & \text{if } I_s = \emptyset \end{cases} \quad (2)$$

Dans ce modèle, nous considérons aussi, que chaque fournisseur offre du discount sur leurs offres. Il existe trois types de discount : discount sur quantité, discount sur le volume d'achat total et un discount incrémental. Dans ce modèle, nous traitons le cas de discount sur la quantité totale.

Centrale d'achat

La centrale d'achat joue le rôle d'intermédiaire entre les fournisseurs et les clients. Le décideur reçoit la commande du client en produit h . Dans un premier lieu, le décideur doit sélectionner les fournisseurs. Soit $y(i,h)=1$, si le fournisseur i est sélectionné, 0 sinon. Si le fournisseur i est sélectionné pour livrer le produit h , un coût de transaction $o(i,h)$ sera payé au fournisseur i pour livrer le produit h .

Le décideur peut choisir entre plusieurs fournisseurs pour s'approvisionner pour un même produit h , ce qui lui permet de répartir ses besoins entre les différents fournisseurs disponibles ceci en fonctions de leurs critères de choix (prix, risque de rupture, discount, qualité...).

Un prix d'achat $CP(i,h)$ est fixé par chaque fournisseur au produit h .

Le fournisseur i offre un discount sur quantité par tranche et par produit.

- a. Il y a $TD(i,h)$ tranche pour le fournisseur i pour le produit h .
- b. La tranche k va de $b(i,h,k-1)$ à $b(i,h,k)$ avec $b(i,h,0)=0$ et $b(i,h,TD(i))=PC(i,h)$
- c. Discount tranche k pour $h = a(i,h,k)$ avec $a(i,h,k) < a(i,h,k+1)$ et $a(i,h,1)=0$

Coût de transport variable pour chaque produit de i à j

Les clients

Soit $j \in J = \{1 \dots n\}$ un ensemble des clients avec différents niveaux de demande de produit h . La quantité commandée des divers produits est différente. Nous supposons que le client peut commander plus que son besoin réel. Si l'offre dépasse la demande : un coût de stockage sera payé pour le stocker ; si la demande dépasse l'offre : un coût de pénalité $CS(j,h)$: sera payé par le client j pour le produit h . Une quantité livrée maximum à ne pas dépasser de produit h pour le client j .

2. Présentation du modèle déterministe

Dans cette section, nous présenterons un modèle déterministe pour un problème de sélection des fournisseurs en présence de discount sur quantité totale. Dans ce cas, l'objectif principal de décideur est de minimiser le coût d'approvisionnement qui dépend du prix d'achat, du prix du transport et du coût de transaction.

Indices

- i : Fournisseurs
- j : Clients
- h : Produits
- k : Intervalle de discount

Paramètres

$CT(i, h)$: Coût de transaction de produit h au fournisseur i .

$CS(j, h)$: Coût de pénurie pour le client j au produit h

$SD(j, h)$: Coût de stock pour le client j au produit h

$CP(i, h)$: Prix de base fixé par le fournisseur i au produit h .

$PC(i, h)$: Capacité de production du fournisseur i pour le produit h .

$DN(j, h)$: Demande normale du produit h du client j .

$DD(j, h)$: Demande de produit h demandé par le client j pour le solder.

$CTR(i, h, j)$: Coût de transport de produit h auprès du fournisseur i au client j .

$CA(i, h)$: Coût d'achat de produit h auprès du fournisseur i .

$AD(i, k, h)$: Taux de discount associé à l'intervalle k de fournisseur i pour le produit h .

$TD(i)$: Nombre d'intervalle de discount du fournisseur i .

$BD(i, h, k)$: Limite supérieur de l'intervalle de discount k du fournisseur i de produit h .

Les variables de décision

$Y(i, h)$: Variable binaire si fournisseur i est sélectionné pour livrer le produit h ; 0 sinon.

$QO(i, h, j)$: Quantité à commander de produit h pour le client j au fournisseur i .

$QD(j, h)$: Quantité de produit h demandée par le client j pour solder (pour stocker).

$QS(j, h)$: Quantité de pénurie de produit h pour le client j .

$QL(j, h)$: Quantité livrée de produit h au client j .

$KD(i, h, k)$: Quantité de produit h située dans l'intervalle de discount k .

$U(i, h, k)$: Variable binaire, si la quantité du produit h appartient à l'intervalle k , 0 sinon

Fonction objectif

L'objectif de ce modèle est de minimiser la valeur de l'espérance du coût qui dépend du coût de transaction, coût d'achat, coût de transport, coût de rupture et coût de stockage.

$$\begin{aligned} Min = & \sum_i \sum_h CT(i, h) * Y(i, h) + \sum_i \sum_h CA(i, h) + \sum_i \sum_h \sum_j CTR(i, h, j) * QO(i, h, j) + \\ & \sum_j \sum_h SD(j, h) * QD(j, h) + \sum_j \sum_h CS(j, h) * QS(j, h) \end{aligned} \quad (3)$$

Les contraintes du modèle

La chaîne logistique est toujours soumise à des contraintes, comme les extrema des capacités, les délais de livraison, l'allocation des ressources Ces contraintes se traduisent dans les modèles sous forme d'équations ou d'inéquations. Dans ce qui suit, nous citerons la liste des contraintes.

$$QL(j, h) = \sum_i QO(i, h, j) \quad j \in J \quad h \in H \quad (4)$$

$$\sum_j QO(i, h, j) < PC(i, h) * y(i, h) \quad i \in I \quad h \in H \quad (5)$$

$$QL(j, h) - DN(j, h) = QD(j, h) - QS(j, h) \quad j \in J, h \in H \quad (6)$$

$$QD(j, h) < DD(j, h) \quad j \in J \quad h \in H \quad (7)$$

$$QA(i, h) = \sum_j QO(i, h, j) \quad i \in I \quad h \in H \quad (8)$$

Détermination de l'intervalle de discount sur quantité

La détermination des quantités à commander en présence de discount sur achat et sur volume est un souci pour le décideur. En effet, le fournisseur offre des escomptes pour inciter le client à commander plus. Dans ce modèle, nous considérons que tous les fournisseurs disponibles offrent des discounts sur la quantité totale.

$$\sum_k KD(i, k, h) = QA(i, h) \quad i \in I \quad j \in J \quad (9)$$

$$KD(i, h, 1) \leq BD(i, h, 1) * U(i, h, 1) \quad i \in I \quad h \in H \quad (10)$$

$$BD(i, h, k-1) * U(i, h, k) \leq KD(i, h, k) \leq BD(i, h, k) * U(i, h, k) \quad \forall i \in I, \forall h \in H, \forall k = 2..TD(i) \quad (11)$$

$$\sum_k U(i, h, k) = 1 \quad i \in I \quad h \in H \quad (12)$$

Calcul du coût d'achat pour le fournisseur i

$$CA(i, h) = P(i, h) * \sum_k KD(i, h, k) * (1 - AD(i, h, k)) \quad i \in I \quad h \in H \quad (13)$$

$$\text{Contrainte binaire et d'intégralité} \quad (14)$$

$$Y(i, h) \in \{0, 1\}$$

$$U(i, h, k) \in \{0, 1\}$$

La contrainte (4) assure que la quantité livrée de produit h au client j est égale à la quantité demandée auprès du fournisseur i de produit h.

La contrainte (5) assure que la quantité commandée ne dépasse pas la capacité du fournisseur i de produit h.

La contrainte (6) assure que la quantité livrée moins la demande normale est égale à la quantité en excès ou la quantité de pénurie.

La contrainte (7) assure que la quantité demandée en excès est limité par un seuil.

La contrainte (8) assure que la quantité achetée auprès du fournisseur i est égale à la quantité commandé de produit h.

3. Présentation des données

Tableau 5-1: Les paramètres des clients avec ces différents produits

	C1		C2		C3		C4		C5		C6		C7		C8	
	h1	h2	h1	h2	h1	h2	h1	h2	h1	h2	h1	h2	h1	h2	h1	h2
Demande normale DNj	374	498	36	42	49	44	32	49	48	33	43	39	41	39	38	48
			2	8	2	2	2	2	5	1	4	2	1	5	6	5
Demande en excès DDj	75	10	72	86	98	88	64	98	97	66	87	78	82	79	77	97
		0														
Coût de stockage SDj	27	26	23	25	25	23	23	22	21	25	25	23	23	22	24	23
Coût de pénurie CSj	45	69	61	61	45	61	60	64	63	63	66	68	69	67	68	62

Tableau 5-1, présente la demande normale de chaque client pour chaque produit. Dans ce cas, on a deux produits. Le client peut commander plus que son besoin réel c'est la demande en excès (cette quantité est égale à 20% de la demande normale). Ce tableau présente aussi le coût de stockage dans le cas où la demande dépasse l'offre et le coût de pénurie en cas du manque de produit pour satisfaire les commandes.

Tableau 5-2 : Coût de transport pour chaque produit du fournisseur i au client j .

C1		C2		C3		C4		C5		C6		C7		C8	
h1	h2	h1	h2	h1	h2	h1	h2	h1	h2	h1	h2	h1	h2	h1	h2
8	9	5	4	6	11	15	17	8	9	5	4	6	11	15	17
7	10	6	7	7	5	10	13	7	10	6	7	7	5	10	13
8	8	13	7	8	10	10	10	8	8	13	7	8	10	10	10
10	10	15	9	11	19	13	12	10	10	15	9	11	19	13	12
12	7	15	5	9	14	12	16	12	7	15	5	9	14	12	16
15	7	15	5	9	14	12	16	12	7	15	5	9	14	12	16

Tableau 5-2, présente le coût de transport auprès du fournisseur i vers le client j pour chaque produit. Tableau 5-3, présente la capacité du fournisseur i pour chaque produit h , les coûts de transaction et les prix d'achats pour chaque produit. Le tableau 5-4, présente les quantités à escompter par tranches. Les taux de discount par tranche pour chaque produit et pour chaque fournisseur seront présentés dans le tableau 5-5.

Tableau 5-3. Capacité de chaque fournisseur, les coûts des transactions et le prix d'achat

Capacité		Coût de transaction		Prix d'achat	
h1	h2	h1	h2	h1	h2
1 100	918	1000	1100	12	12
1 200	1 277	1500	1000	11	13
900	1 129	1000	1200	17	16
800	917	1000	1200	15	12
1 200	1 389	1000	1000	40	35
800	866	1000	1200	35	35

Tableau 5-4. Les tranches de discount

	h1	h2	h1	h2	h1	h2
F1	120	100	500	500	1 100	918
F2	150	120	550	600	1 200	1 277
F3	130	130	600	600	900	1 129
F4	120	150	450	560	800	917
F5	130	130	500	500	1 200	1 389
F6	140	120	600	700	800	866

Tableau 5-5. Le taux de discount par tranche pour chaque produit

	h1	h2	h1	h2	h1	h2
F1	0%	0%	5%	5%	10%	15%
F2	0%	0%	5%	5%	10%	15%
F3	0%	0%	5%	5%	10%	15%
F4	0%	0%	5%	5%	10%	15%
F5	0%	0%	5%	5%	10%	15%
F6	0%	0%	5%	5%	10%	15%

La complexité numérique de ce modèle peut être exprimée en fonction de sa taille qui dépend du nombre des contraintes et des variables de décision.

Nombre des variables : $ih(2k+1) + jh(3+i)$ variables de décision dont (ih) variable de décision binaire.

Nombre des contraintes : $4jh+5ih+ih2K+1$ contraintes.

Ce modèle est appliqué pour un cas de 6 fournisseurs et 10 clients et 2 produits résolu par logiciel lingo 12.5.

Tableau 5-6 . La quantité commandée de chaque client pour chaque produit aux différents fournisseurs.

	Quantité livrée QO																Total	
	C1		C2		C3		C4		C5		C6		C7		C8			
	h1	h2	h1	h2	h1	h2	h1	h2	h1	h2	h1	h2	h1	h2	h1	h2	H1	H2
1	0	0	31 4	42 8	18 6	0	0	0	0	98	0	39 2	0	0	0	0	50 0	918
2	0	20 7	48	0	0	44 2	0	0	68	23 3	43 4	0	0	39 5	0	0	55 0	127 7
3	0	0	0	0	0	0	32 2	0	0	0	0	0	0	0	27 8	35 1	60 0	351
4	0	29 1	0	0	0	0	0	49 2	41 7	0	0	0	0	0	33	13 4	45 0	917
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	41 1	0	18 9	0	60 0	0
Tota l	0	49 8	36 2	42 8	18 6	44 2	32 2	49 2	48 5	33 1	43 4	39 2	41 1	39 5	50 0	48 5		
QD	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
QS	37 4	0	0	0	19 2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		

Le tableau 5-6, présente l'allocation des ordres des produits de différents clients aux différents fournisseurs. En se basant sur ce modèle, la valeur du coût est de l'ordre de 206473.9 et les fournisseurs sélectionnées pour livrer le produit h1 sont : F1, F2, F3, F4, F6 à l'exception de F5 alors que pour le produit h2 les fournisseurs sélectionnés sont : F1, F2, F3, F4 à l'exception des fournisseurs F5, F6 qui ne sont pas sélectionnés.

Dans ce modèle, la solution optimale est obtenue sur la base de certains composants du coût tel que le coût d'achat, le coût de transport... sans tenir compte du risque que le fournisseur ne puisse pas livrer suite à une rupture locale ou globale. Dans ce qui suit, nous étendrons ce présent modèle en intégrant la notion du risque de rupture via l'analyse de scénario de rupture des fournisseurs et en considérant certains paramètres aléatoires et les techniques d'estimation du risque la VaR et CVaR.

4. Modèles stochastiques

Dans ce présent travail, nous développons deux programmes stochastiques en nombre entiers mixtes pour une chaîne logistique à trois étages. Les différentes notations seront présentées comme suit :

Indices

Des clients $j \in J = \{1 \dots n\}$

Des fournisseurs $i \in I = \{1 \dots m\}$

Des produits $h \in H = \{1 \dots l\}$

k : intervalle de discount

Des scénarios $s \in S = \{1 \dots h\}$

Paramètres dépendant de scénario s

$RS(i, s)$: Paramètre binaire égale 1 si le fournisseur est soumis à une rupture 0 sinon

PS_s : La probabilité de réalisation de scénario de rupture

Variables ne dépendent pas de scénario s

$QO(i, j, h)$: Quantité commandée du produit h au fournisseur i par le client j

$Y(i, h)$: Variables binaire est égal à 1, si le fournisseur i est sélectionné pour le produit h ; 0 sinon.

$KD(i, h, k)$: Quantité de produit h située dans l'intervalle de discount k.

$U(i, h, k)$: Si la quantité du produit h appartient à l'intervalle k, 0 sinon.

Variables dépendantes de scénario s

$QD(s, j, h)$: Quantité de produit h demandée par le client j pour stocker dans le scénario s.

$QS(s, j, h)$: Quantité de pénurie de produit h pour le client j dans le scénario s.

$QL(s, j, h)$: Quantité livrée de produit h au client j dans le scénario s.

Modèle 1 : Minimiser la valeur de l'espérance du coût : E(X)

$$\begin{aligned} \text{Min } E(X) = & \sum_i \sum_h CT(i, h) * Y(i, h) + \sum_i \sum_h \sum_s PS_s * (1 - RS(i, s)) * CA(i, h) + \\ & \sum_i \sum_h \sum_j \sum_s PS_s * CTR(i, h, j) * QO(i, h, j) * (1 - RS(i, s)) + \\ & \sum_j \sum_h \sum_s PS_s SD(j, h) * QD(j, h) + \sum_j \sum_h \sum_s PS_s * CS(j, h) * QS(j, h) \end{aligned} \quad (15)$$

Sous contraintes

$$QL(s, j, h) = \sum_i \sum_h (1 - RS(i, s)) * QO(i, h, j) \quad \forall j, \forall s$$

(16)

$$QL(s, j, h) - DN(j, h) = QD(s, j, h) - QS(s, j, h) \quad \forall j, \forall s \quad (17)$$

$$QD(s, j, h) < DD(j, h) \quad \forall j, \forall s \quad (18)$$

Les contraintes (5), (8) (9),(10)(11)(12)(13) et (14)

Modèle 2 : Minimiser l'espérance du coût dans le pire cas : CVaR

$$\text{Min CVaR} = VaR + (1 + \alpha)^{-1} * \sum_s PS_s * TS_s \quad (17)$$

Sous contraintes

Les contraintes (5), (8), (9),(10)-(14), (16)-(18)

La contrainte du risque

La distribution de queue de coût dans le scénario s est la valeur non négative pour laquelle le coût dépasse la valeur de VaR dans le scénario s.

$$\begin{aligned} & \sum_i \sum_h CT(i, h) * Y(i, h) + \sum_i \sum_h CA(i, h) * (1 - RS(i, s)) + \\ & \sum_i \sum_h \sum_j CTR(i, h, j) * QO(i, h, j) * (1 - RS(i, s)) + \sum_j \sum_h SD(j, h) * QD(j, h) + \\ & \sum_j \sum_h CS(j, h) * QS(j, h) - VaR \leq TS_s \quad s \in S \end{aligned} \quad (18)$$

Les variables binaires et les variables non négatives. (19)

$$Y(i, h), U(i, h, k)$$

$$QO(i, j, h), KD(i, h, k), QD(s, j, h), QS(s, j, h), QL(s, j, h) \text{ et } TS_s \geq 0$$

Taille du modèle

Nombre des variables :

- Cas de minimisation de l'espérance du coût : $3(s,h,j) + (i,j,h) + 2(i,h) + 2(i,h,k)$ variables entières et $ih(1+k)$ variables binaires.

- Cas de minimisation de l'espérance du coût dans le pire de cas : $(s,h,j) + (i,j,h) + 2(i,h) + 2(i,h,k) + s$ variables entières et $ih(1+k)$ variables binaires.

Nombre des contraintes :

- Cas de minimisation de l'espérance du coût : $3(s,j,h) + 8(i,h) + 1$.
- Cas de minimisation de l'espérance du coût dans le pire de cas : $3(s,j,h) + 8(i,h) + s + 1$.

5. Présentation des données

Ces deux modèles sont basés sur l'analyse des scénarios. Les deux modèles sont appliqués pour un cas de 6 fournisseurs, 10 clients et 2 produits. Le nombre des scénarios potentiels est égal à 2^6 ; soit 64 scénarios.

Les paramètres

La résolution de ces modèles est basée sur certains paramètres aléatoires :

$DN(j,h) : [100;500]$

$p(i,h) : [10;40]$

$\pi_i : [0.03; 0.3]$

$CTR : [5;40]$

Le reste des paramètres ont les mêmes valeurs que le modèle déterministe.

Tableau 5-7 : Solution optimale pour le modèle 1 :

	C1		C2		C3		C4		C5		C6		C7		C8		Total	
	h1	h2	h1	h2	h1	h2	h1	h2	h1	h2	h1	h2	h1	h2	h1	h2	H1	H2
1	0	0	28 6	0	21 4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	50 0	0
2	0	0	14 6	0	0	58 8	0	0	0	0	40 4	0	0	31 3	0	29 9	55 0	120 0
3	0	0	0	0	10 8	0	17 0	0	0	0	0	0	0	0	32 2	0	60 0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	43 5	0	0	0	0	0	15	0	45 0	0
5	0	0	0	12 1	0	0	0	54 8	0	54 2	0	0	0	0	0	17 6	0	138 7
6	0	52 3	0	0	0	0	0	0	0	9	0	33 4	37 2	0	22 8	0	60 0	866
Tota l	0	52 3	43 2	12 1	32 2	58 8	17 0	54 8	43 5	55 1	40 4	33 4	37 2	31 3	56 5	47 5		

Le tableau 5.7 présente la solution optimale pour l'allocation des commandes de différents produits. Les fournisseurs sélectionnés sont (1111 01) pour le produit h1 et (010011) pour le produit h2. La valeur de l'espérance du coût égale à 185600.6.

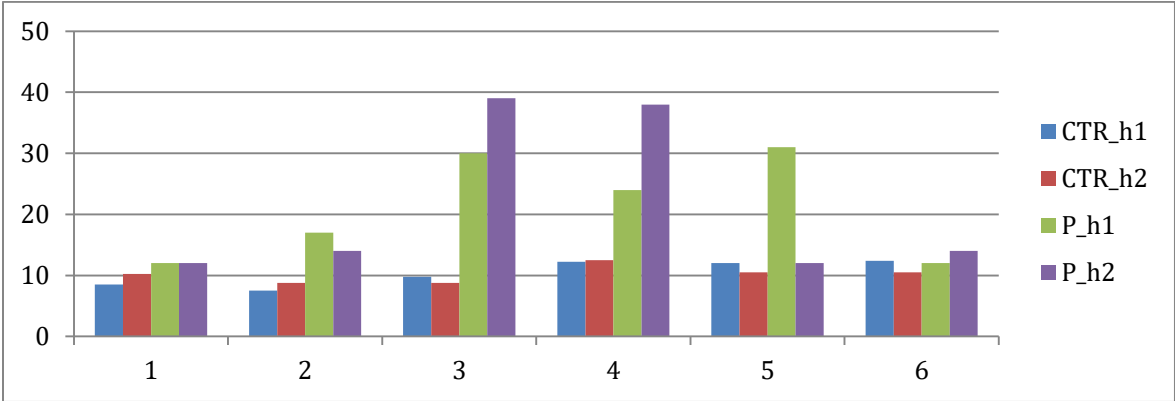


Figure 5-1 : Prix d'achat fixé par le fournisseur i et le moyen du coût de transport pour chaque produit

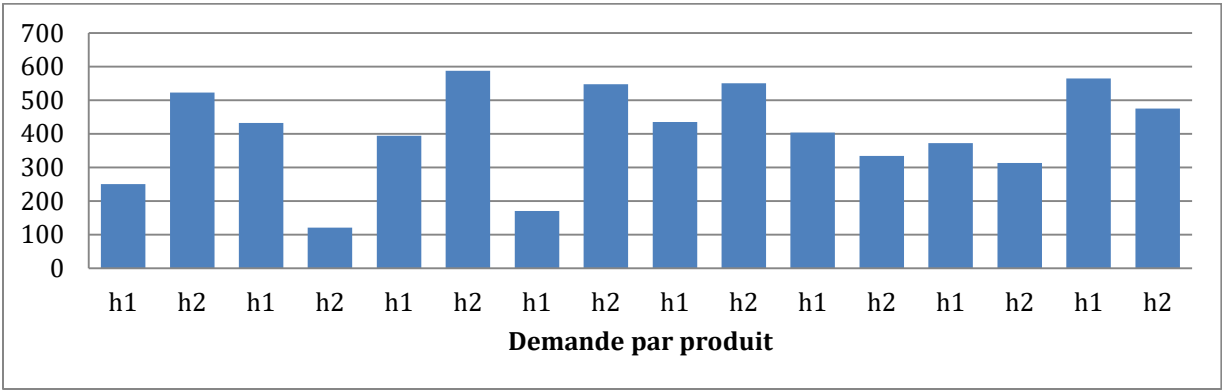


Figure 5-2 : Le niveau de la demande pour chaque produit de chaque client

La figure 5-1 présente le niveau du prix et le moyen du coût de transport généré aléatoirement pour chaque produit, chaque clients et pour chaque fournisseurs. La figure 5-2 présente le niveau de demande pour chaque produit et pour chaque client.

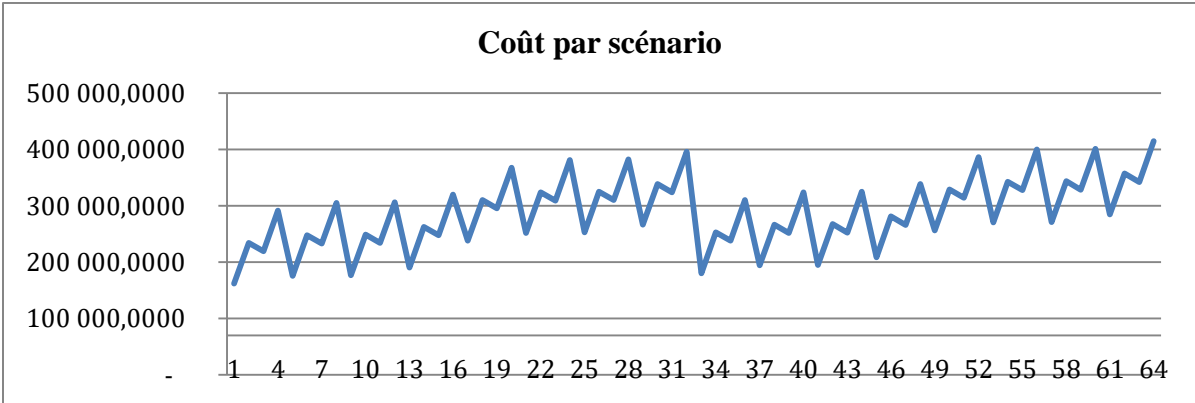


Figure 5-3: Coût par scénario

La figure 5-4 présente la distribution du coût par scénario. La valeur du coût varie entre 161901,300 comme valeur minimale du coût, cette valeur présente le scénario où tous les fournisseurs ne sont pas en rupture et peuvent livrer normalement, et 414773 la valeur la plus élevée où tous les fournisseurs sont en rupture.

En se basant sur ces différents scénarios, la valeur de l'espérance du coût est égale à 185600,6.

Les fournisseurs sélectionnés pour livrer : le produit h1 sont (111101) et pour le produit h2 sont (010011).

Calcul de la valeur en risque (VaR)

- Trier d'une façon croissante les valeurs du coût par scénario
- Calculer la probabilité cumulée
- Fixer le niveau de confiance et déterminer la valeur du coût qui lui correspond
- Une analyse de sensibilité est effectuée pour identifier et analyser l'effet de préférence du risque. Dans ce contexte six différents niveaux de confiance sont choisis (0,5 ; 0,75 ; 0,9 ; 0,95 ; 0,99 ; 0,995) alors que les autres paramètres restent inchangés.

Pour chaque niveau, on détermine la valeur de VaR, la valeur de CVaR puis la valeur de l'espérance du coût dont l'objectif est de déterminer la valeur de l'espérance du coût en fonction du niveau de confiance.

La valeur de α , reflète le niveau de confiance du décideur vis-à-vis du risque de rupture. Le décideur averse au risque accorde une importance aux valeurs du coût les plus élevées bien que la probabilité de réalisation de ces scénarios est très faible. Alors que le décideur à risque neutre se concentre uniquement sur les risques les plus élevés avec une probabilité élevée.

Tableau 5-8 . Solutions des valeurs de : VaR, CVaR et E(X) en fonction du niveau de confiance.

Niveau de confiance α	0,5	0,75	0,9	0,95	0,99	0,995
Esperance du coût	185600,6	202276,5	235709	228454,3	250098,6	253232,5
VaR	161901,3	194213,3	237943,9	252709,8	295374,4	310364,4
CVaR	209300	226466,3	249950,1	262696,3	300861,3	314170,4
Nombre des fournisseurs sélectionnés	5	6	6	6	6	6
	3	4	4	4	5	5

Le tableau 5-8 présente les différentes valeurs de VaR, CVaR et l'espérance du coût et le nombre des fournisseurs sélectionnés pour chaque produit et pour chaque niveau de confiance. Pour $\alpha = 0,75$, la valeur de l'espérance du coût est égale à 202276,5 alors qu'il y a une chance de 75% que la valeur de coût ne dépasse pas 194213,3, certes comme il est

mentionné précédemment la technique de VaR est incapable d'estimer les événements rares et le pire des cas de valeur l'espérance des coûts. D'où le recours à la technique de CVaR. Dans ce cas, il y a une probabilité de 75% que la valeur de l'espérance du coût ne dépasse pas 226466,3 dans le pire de cas.

D'après ce tableau, les valeurs de VaR et CVaR augmentent en fonction de niveau de confiance. La figure 5-4 présente la distribution de ces notions avec le niveau de confiance fixé. De plus, le nombre des fournisseurs sélectionnés augmente en fonction de niveau de confiance α ce qui signifie que le risque de rupture peut être atténué par la diversification des fournisseurs et l'allocation des ordres. Notons aussi que la valeur de l'espérance du coût est plus élevée que la valeur de VaR avec le niveau de confiance $\alpha=0.5$ et $\alpha=.75$. Notons aussi que la valeur de VaR s'approche de valeur de CVaR avec le niveau de confiance de 0.995.

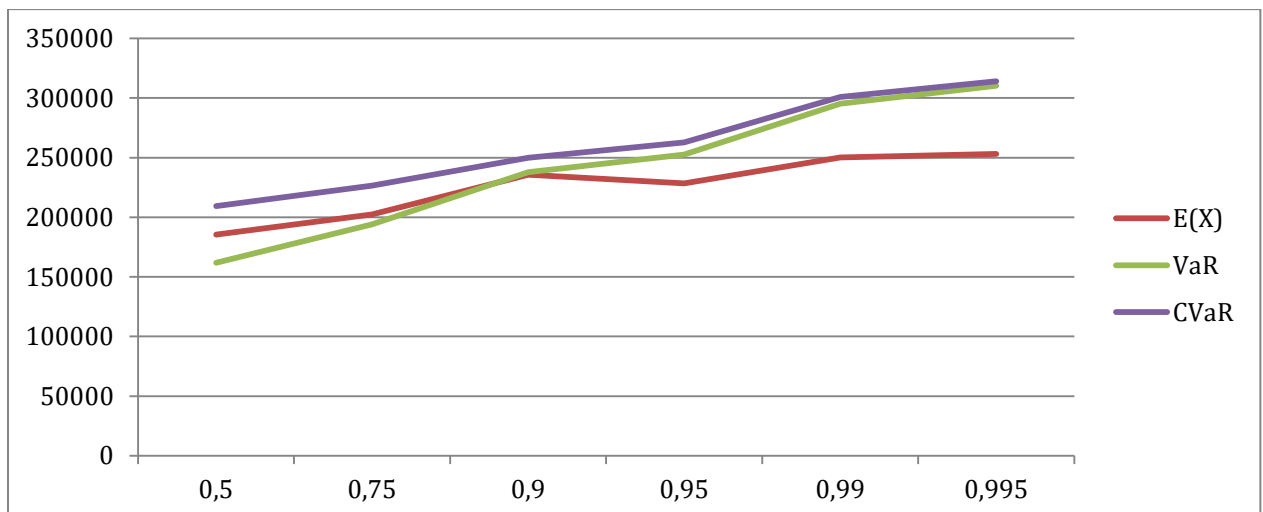


Figure 5-4 : Distribution des valeurs de $E(X)$, VaR et CVaR

La quantité totale à commander de différents produits varie en fonction de niveau de confiance. Tableau 5-8 :5-14, présentent les quantités de chaque produit à commander aux différents fournisseurs, dans ce cas l'allocation des ordres varie d'un niveau de confiance à l'autre.

Tableau 5-9: Allocation des ordres avec le niveau de confiance $\alpha=0.5$

$\alpha = 0.5$	Quantité livrée QO																	
	C1		C2		C3		C4		C5		C6		C7		C8		Total	
	h1	h2	h1	h2	h1	h2	h1	h2	h1	h2	h1	h2	h1	h2	h1	h2	H1	H2
1	0	0	286	0	214	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	500	0
2	0	0	146	0	0	588	0	0	0	0	404	0	0	313	0	299	550	1200
3	0	0	0	0	108	0	170	0	0	0	0	0	0	0	322	0	600	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	435	0	0	0	0	0	15	0	450	0
5	0	0	0	112	0	0	0	548	0	551	0	0	0	0	0	176	0	1387
6	0	523	0	9	0	0	0	0	0	0	0	334	372	0	228	0	600	866
Total	0	523	432	121	322	588	170	548	435	551	404	334	372	313	565	475		

Tableau 5-10 : Allocation des ordres avec le niveau de confiance $\alpha=0.75$

$\alpha = 0.75$	Quantité livrée QO																	
	C1		C2		C3		C4		C5		C6		C7		C8		Total	
	h1	h2	h1	h2	h1	h2	h1	h2	h1	h2	h1	h2	h1	h2	h1	h2	H1	H2
1	0	105	27	73	0	0	0	95	14	110	404	67	55	63	0	0	500	511
2	0	105	405	24	32	588	0	95	14	110	0	67	55	188	44	24	550	1200
3	0	0	0	0	290	0	170	0	41	0	0	0	55	0	44	0	600	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	351	0	0	0	55	0	44	0	450	0
5	0	105	0	24	72	0	0	359	14	270	0	67	55	63	44	451	185	1339
6	0	314	0	24	0	0	0	95	14	170	0	200	152	63	434	0	600	866
Total	0	628	432	145	394	588	170	643	449	661	404	401	427	376	609	475		

Tableau 5-11. Allocation des ordres avec le niveau de confiance $\alpha = 0.9$

$\alpha=0.9$	Quantité livrée QO																	
	C1		C2		C3		C4		C5		C6		C7		C8		Total	
	h1	h2	h1	h2	h1	h2	h1	h2	h1	h2	h1	h2	h1	h2	h1	h2	H1	H2
1	0	0	312	0	0	0	0	0	44	0	92	0	52	0	0	0	500	0
2	0	105	66	24	301	586	4	110	44	110	0	67	22	164	113	95	550	1260
3	0	0	0	0	0	0	96	0	176	0	60	0	22	0	247	0	600	0
4	0	49	54	0	0	0	0	329	172	0	171	0	52	0	0	182	450	560
5	0	266	66	97	75	60	70	110	44	441	81	67	52	149	113	210	500	1400
6	0	207	21	24	0	2	4	110	44	110	81	267	245	63	205	83	600	866
Total	0	628	518	145	376	648	174	658	522	661	485	401	446	376	678	570		

Tableau 5-12 : Allocation des ordres avec le niveau de confiance $\alpha = 0.95$

$\alpha = 0.95$	Quantité livrée QO																	
	C1		C2		C3		C4		C5		C6		C7		C8		Total	
	h1	h2	h1	h2	h1	h2	h1	h2	h1	h2	h1	h2	h1	h2	h1	h2	H1	H2
1	0	105	152	97	0	118	0	296	44	110	211	67	37	31	56	95	500	918
2	0	0	280	0	18	470	34	110	44	0	81	0	37	282	56	108	550	969
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	112	0	37	0	451	0	600	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	348	0	0	0	101	0	1	0	450	0
5	0	105	0	24	329	118	34	252	44	426	0	67	37	31	57	367	500	1390
6	0	418	86	24	0	0	136	0	44	125	81	267	197	31	57	0	600	866
Total	0	628	518	145	346	706	204	658	522	661	485	401	446	376	678	570		

Tableau 5-13 : Allocation des ordres avec le niveau de confiance $\alpha = 0.99$

$\alpha = 0.99$	Quantité livrée QO																	
	C1		C2		C3		C4		C5		C6		C7		C8		Total	
	h1	h2	h1	h2	h1	h2	h1	h2	h1	h2	h1	h2	h1	h2	h1	h2	H1	H2
1	0	0	23 8	24	0	11 8	0	93	0	0	26 2	0	0	69	0	48	50 0	352
2	0	0	19 4	0	19 8	47 0	34	16	44	0	81	0	0	18 5	0	48	55 0	719
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20 7	0	39 4	0	60 0	0
4	0	41 8	0	0	0	0	0	34 1	39 2	43	0	67	0	0	59	48	45 0	917
5	0	10 5	86	97	14 9	11 8	34	20 7	44	14 8	0	67	74	12 1	11 3	42 8	50 0	128 9
6	0	10 5	0	24	0	0	13 6	0	44	47 0	14 2	26 7	16 6	0	11 3	0	60 0	866
Total	0	62 8	51 8	14 5	34 6	70 6	20 4	65 8	52 2	66 1	48 5	40 1	44 6	37 6	67 8	57 0		

Tableau 5-14 : Allocation des ordres avec le niveau de confiance $\alpha = 0.995$

$\alpha = 0.995$	Quantité livrée QO																	
	C1		C2		C3		C4		C5		C6		C7		C8		Total	
	h1	h2	h1	h2	h1	h2	h1	h2	h1	h2	h1	h2	h1	h2	h1	h2	H1	H2
1	0	52	14 8	24	0	11 8	0	43	0	20	32 3	67	29	16 0	0	32	50 0	516
2	0	0	28 4	0	0	46 0	34	0	12 3	0	81	0	29	15 3	0	32	55 0	645
3	0	0	0	0	0	0	0	0	14 2	0	0	0	17	0	44 1	0	60 0	0
4	0	47 1	0	0	0	0	0	12 7	0	20	0	26 7	32 6	0	12 4	32	45 0	917
5	0	52	86	3	34 6	12 8	67	42 1	0	90	0	0	0	63	0	44 3	50 0	120 0
6	0	52	0	11 8	0	0	10 3	67	25 8	53 1	81	67	46	0	11 3	32	60 0	866
Total	0	62 8	51 8	14 5	34 6	70 6	20 4	65 8	52 2	66 1	48 5	40 1	44 6	37 6	67 8	57 0		

6. Risque de rupture locale et globale

Dans cette section, nous traitons le cas de sélection des fournisseurs en présence du risque local et global. Ce type de rupture peut survenir suite à un événement qui affecte et bloque tous les fournisseurs simultanément. Ce risque peut arriver suite à une grève générale dans le secteur de transport, une crise économique, les attaques terroristes.... Rappelons que la rupture des fournisseurs local et global est exprimée en fonction de $P^*(s)$, comme il est mentionné dans l'équation(2). Dans ce cas, on génère de nouveau les paramètres du modèle toute en considérant la probabilité de rupture locale et globale. La valeur de l'espérance du coût est égale à 145756,8. Les fournisseurs sélectionnés pour livrer le produit h1 sont (110101) et pour livrer le produit h2 sont (110010). La valeur maximale du coût par scénario est égale à 314747,000 et la valeur minimale est égale à 127286,000.

Tableau 5-15 : Allocation des ordres pour le cas de minimisation de l'espérance du coût en présence de rupture locale et globale

	Quantité livrée QO																	
	C1		C2		C3		C4		C5		C6		C7		C8		Total	
	h1	h2	h1	h2	h1	h2	h1	h2	h1	h2	h1	h2	h1	h2	h1	h2	H1	H2
1	0	87	223	370	0	0	0	146	0	0	277	315	0	0	0	0	500	918
2	0	0	91	0	216	494	0	140	243	0	0	0	0	157	0	486	550	1277
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	293	0	157	0	0	0	0	0	0	0	450	0
5	0	35	0	0	0	0	0	0	0	182	0	0	0	0	0	0	0	217
6	0	0	0	0	0	0	73	0	0	0	0	0	157	0	370	0	600	0
Total	0	122	314	370	216	494	366	286	400	182	277	315	157	157	370	486		

Tableau 5-16: Risque de rupture locale et globale

Niveau de confiance	0,5	0,75	0,9	0,95	0,99	0,995
Esperance du coût	145756,8	157511,0	181672,9	181920,2	198814,7	195676,2
VaR	127286,0	149006,2	198380,2	206220,6	225924,2	235812,4
CVaR	162965,9	180071,4	201246,7	209702,6	231885,9	240355,2
Nombre des fournisseurs sélectionnés	4	5	5	5	5	5
	3	4	4	4	5	5

Tableau 5-17 : Allocation des ordres avec le niveau de confiance $\alpha = 0.5$

0.5	C1		C2		C3		C4		C5		C6		C7		C8		Total	
	h1	h2	h1	h2	h1	h2	h1	h2	h1	h2	h1	h2	h1	h2	h1	h2	H1	H2
1	0	87	223	370	0	0	0	146	0	0	277	315	0	0	0	0	500	918
2	0	0	91	0	216	494	0	140	243	0	0	0	0	157	0	486	550	1277
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	293	0	157	0	0	0	0	0	0	0	450	0
5	0	35	0	0	0	0	0	0	0	182	0	0	0	0	0	0	0	217
6	0	0	0	0	0	0	73	0	0	0	0	0	157	0	370	0	600	0
Total	0	122	314	370	216	494	366	286	400	182	277	315	157	157	370	486		

Tableau 5-18 : Allocation des ordres avec le niveau de confiance $\alpha = 0.75$

0.75	C1		C2		C3		C4		C5		C6		C7		C8		Total	
	h1	h2	h1	h2	h1	h2	h1	h2	h1	h2	h1	h2	h1	h2	h1	h2	H1	H2
1	0	24	10 3	33 5	0	0	0	57	45	36	27 7	18 9	31	0	43	52	50 0	693
2	12 1	24	21 1	18	97	49 4	0	57	45	36	0	63	31	15 7	43	35 0	55 0	120 0
3	0	0	0	0	0	0	33 5	0	45	0	0	0	31	0	43	0	45 5	0
4	11 2	0	0	0	0	0	0	0	26 4	0	0	0	31	0	43	0	45 0	0
5	0	73	0	18	0	0	0	17 2	0	10 9	0	63	0	0	0	84	0	519
6	0	24	0	18	22 1	0	31	57	45	36	0	63	63	0	24 0	52	60 0	251
Total 1	23 3	14 6	31 4	38 8	31 8	49 4	36 6	34 3	44 5	21 8	27 7	37 8	18 8	15 7	41 3	53 8		

Tableau 5-19 : Allocation des ordres avec le niveau de confiance $\alpha = 0.9$

0.9	C1		C2		C3		C4		C5		C6		C7		C8		Total	
	h1	h2	h1	h2	h1	h2	h1	h2	h1	h2	h1	h2	h1	h2	h1	h2	H1	H2
1	0	24	114	296	64	54	27	0	80	33	151	79	31	77	33	0	500	563
2	58	0	200	0	64	440	73	57	60	4	55	0	0	80	41	97	550	678
3	0	0	0	0	0	0	163	0	60	0	0	0	94	0	284	0	600	0
4	0	0	0	0	0	0	46	0	260	0	71	0	31	0	41	0	450	0
5	0	98	0	74	0	45	0	229	0	149	0	122	0	31	0	205	0	953
6	0	24	63	74	254	54	130	57	20	33	55	177	31	0	45	281	600	700
Total	58	146	377	444	382	593	439	343	480	218	332	378	188	188	444	583		

Tableau 5-20 : Allocation des ordres avec le niveau de confiance $\alpha = 0.95$

0.95	C1		C2		C3		C4		C5		C6		C7		C8		Total	
	h1	h2	h1	h2	h1	h2	h1	h2	h1	h2	h1	h2	h1	h2	h1	h2	H1	H2
1	0	24	146	256	64	49	0	57	42	36	222	63	24	22	3	49	500	557
2	53	0	168	0	64	445	73	0	42	0	55	0	24	135	71	49	550	628
3	0	0	0	0	0	0	220	0	42	0	0	0	109	0	229	0	600	0
4	0	0	0	0	0	0	39	0	317	0	0	0	24	0	71	0	450	0
5	0	98	0	114	0	49	0	180	0	146	0	252	0	22	0	49	0	909
6	4	24	63	74	254	49	107	106	38	36	55	63	7	10	71	437	600	800
Total	58	146	377	444	382	593	439	343	480	218	332	378	188	188	444	583		

Tableau 5-21 : Allocation des ordres avec le niveau de confiance $\alpha = 0.99$

0.99	C1		C2		C3		C4		C5		C6		C7		C8		Total	
	h1	h2	h1	h2	h1	h2	h1	h2	h1	h2	h1	h2	h1	h2	h1	h2	H1	H2
1	0	0	205	74	64	99	0	29	40	36	138	63	16	61	37	32	500	394
2	58	0	109	0	163	395	73	0	40	0	55	0	16	96	37	0	550	491
3	0	0	0	0	0	0	0	0	138	0	0	0	141	0	321	0	600	0
4	0	98	4	0	0	0	73	257	222	0	139	24	0	0	12	421	450	800
5	0	24	0	296	0	99	0	29	0	146	0	107	0	31	0	65	0	797
6	0	24	59	74	155	0	293	29	40	36	0	184	16	0	37	65	600	413
Total	58	146	377	444	382	593	439	343	480	218	332	378	188	188	444	583		

Tableau 5-22 : Allocation des ordres avec le niveau de confiance $\alpha = 0.995$

0.995	C1		C2		C3		C4		C5		C6		C7		C8		Total	
	h1	h2	h1	h2	h1	h2	h1	h2	h1	h2	h1	h2	h1	h2	h1	h2	H1	H2
1	0	0	122	114	64	99	0	29	40	36	222	63	16	64	37	0	500	405
2	58	0	192	0	79	395	73	0	40	0	55	0	16	93	37	0	550	488
3	0	44	0	0	0	0	126	257	0	0	0	0	141	31	333	268	600	600
4	0	0	32	0	0	0	2	0	360	0	55	0	0	0	0	0	450	0
5	0	78	0	256	0	99	0	29	0	146	0	107	0	0	0	218	0	933
6	0	24	30	74	239	0	238	29	40	36	0	208	16	0	37	97	600	468
Total	58	146	377	444	382	593	439	343	480	218	332	378	188	188	444	583		

La résolution de ces différents modèles montre que :

- La solution optimale varie selon le comportement de décideur qu'il soit d'un décideur à risque neutre et un décideur à risque averse.
- Les valeurs de la VaR, CVaR, et l'espérance du coût est sensible au niveau de confiance à l'autre. Dans ce cas, plus le niveau de confiance augmente plus ces valeurs augmentent.

Plus le niveau de confiance augmente, plus l'allocation des ordres varie plus le nombre des fournisseurs sélectionnés augmente aussi.

La résolution de ce modèle est basée sur certains paramètres aléatoires cependant une seule génération a été effectuée. Il est recommandé d'utiliser la méthode de simulation pour tester l'effet de variabilité des paramètres sur la valeur de solution optimale.

Conclusion

Au cours de ce chapitre, nous avons développé, dans une première partie, un modèle déterministe de chaîne logistique à trois étages en présence de multi produits du problème de sélection des fournisseurs tout en considérant les contraintes de discounts. Cette notion est considérée parmi les prétentions communes pour ce présent problème.

Dans une deuxième partie, nous avons étendu ce modèle en deux programmes stochastiques en nombre entiers mixtes tout en considérant les notions du risque de rupture via l'analyse des scénarios. Le but cette partie est d'estimer et de calculer les dépassements du coût dans le pire des cas. Dans cette partie, on a intégré les techniques de mesure du risque tel que la VaR et la CVaR.

L'approche proposée est capable de déterminer et d'optimiser le problème de sélection fournisseurs et l'allocation des ordres via le calcul de la valeur en risque et par minimiser la valeur en risque conditionnelle.

Conclusion générale

Pour répondre aux challenges posés par la globalisation de la chaîne logistique et assurer la pérennité et la croissance de l'entreprise, le décideur est appelé à gérer ses approvisionnements en tenant compte des risques sur l'ensemble de la chaîne logistique. L'objectif principal est de minimiser les impacts indésirables des risques potentiels.

Dans cette thèse, nos travaux de recherche se sont focalisés sur le problème de sélection des fournisseurs et d'allocation des commandes lorsque chacun des fournisseurs présente un risque de ne pas livrer les commandes passées. Ce travail traite le cas de rupture des fournisseurs par l'analyse des scénarios.

Dans une première partie, nous avons réalisé une étude bibliographique étendue permettant de présenter une classification des problèmes traités et de montrer les limites des travaux effectués sur ce domaine.

Dans une deuxième partie, nous avons développé des modèles stochastiques pour la sélection des fournisseurs et allocation des commandes d'approvisionnements dans un contexte de rupture. Ce travail est basé sur l'analyse des scénarios en prenant en considération deux comportements extrêmes du décideur :

- Un décideur à risque neutre qui cherche à maximiser sa part de marché sans considération des pertes qui pourraient arriver si tout ou partie des fournisseurs sélectionnés est dans l'incapacité de livrer.
- Un décideur à risque averse qui cherche à maximiser le profit en limitant la perte qui pourrait découler suite aux ruptures de fournisseurs.

Nous fournissons un outil visuel d'aide à la décision dans ce contexte pour un décideur qui chercherait à trouver un compromis entre « profit et perte ». Dans ce cas, le décideur cherche à limiter la perte tout en maximisant sa part de marché. Sur un cas d'étude, les résultats montrent que divers facteurs peuvent influencer le niveau du profit. Parmi ces facteurs on trouve la marge fixée par le décideur, la probabilité de rupture, le pourcentage de produit en excès que l'on peut solder.

Dans la troisième partie, nous avons développé un autre modèle dans lequel nous gardons le même comportement du décideur tout en intégrant les techniques quantitatives du risque tel que la VaR pour estimer le seuil du coût et la CVaR. Dans un premier lieu, l'objectif est de minimiser l'espérance du coût. En se basant sur cette formulation, nous dégageons la valeur

du risque avec un niveau de confiance fixé. Puis nous avons déterminé la valeur de l'espérance du coût dans le pire des cas. Dans cette formulation, le calcul traite l'écart entre la VaR et l'espérance du coût.

Dans cette partie, nous avons considéré deux types de risques : « le risque de rupture locale » celle qui touche un seul fournisseur et « le risque de rupture locale et globale » qui affecte tous les fournisseurs simultanément. Le résultat montre que la valeur du coût est sensible au niveau de confiance. Il en est de même pour le nombre des fournisseurs et les quantités à allouer.

L'approche proposée permet d'optimiser le portefeuille d'un fournisseur par calcul de la valeur en risque du coût et de minimiser la valeur de l'espérance du coût dans le pire de cas.

Comme extensions de ce travail :

- Utiliser une méthode de type méta heuristique sur de grandes instances.
- Développer ce modèle par l'intégration de divers types de discount simultanément tel que le discount sur quantité, le discount incrémental et le discount sur le volume total.
- Intégrer la notion de dynamisme dans la formulation pour traiter le problème en fonction du temps.
- Considérer le cas de risque de rupture semi-global. Ce type du risque affecte l'ensemble des fournisseurs localisés dans une même région
- Utiliser la méthode de copule pour modéliser la dépendance symétrique et la dépendance non symétrique entre les demandes.

Cette thèse a fait l'objet des publications suivantes :

1) Communications dans des conférences internationales

Faiza HAMDI, Ahmed GHORBEL & Faouzi MASMOUDI: Supplier Selection Under Disruption Risks Using Stochastic Mixed Linear Programming Techniques. In Proceedings of the International Conference on Advanced Logistics and Transport (ICALT 2014), Hammamet, Tunisia, May 2014, IEEE.

Faiza HAMDI, Ahmed GHORBEL & Faouzi MASMOUDI: Optimization of supply portfolio in context of supply chain risk management: Literature review: In Proceedings of the International Conference on Advanced Logistics and Transport (ICALT 2014), Hammamet, Tunisia, May 2014, IEEE.

Faiza HAMDI, Ahmed GHORBEL, Faouzi MASMOUDI & Lionel DUPONT: Supplier selection under supply chain disruption risks with stochastically dependent demand, TORS 2015, Sousse, Tunisia.

Faiza HAMDI, Lionel DUPONT, Ahmed GHORBEL & Faouzi MASMOUDI (2015) Supplier selection and order allocation under disruption risk, IFAC-Papers On Line 49-12 (2016) 449–454. Selected paper for the special issue of the international journal of production research”.

Faiza HAMDI, Faouzi MASMOUDI & Lionel DUPONT (2017), Supply chain risk management, conceptual framework, The Seventh International Congress Design and Modelling of Mechanical Systems, 27-29 March 2017, Hammamet-Tunisia (accepted paper)

2) Publication dans un journal de spécialité

Faiza HAMDI, Ahmed GHORBEL, Faouzi MASSMOUDI & Lionel DUPONT (2015): Optimization of a supply portfolio in the context of supply chain risk management: literature review, Journal of Intelligent Manufacturing, DOI 10.1007/s10845-015-1128-3.

Références

- Ahiska, S. S., Appaji, S. R., King, R. E., & Warsing, D. P, Jr. (2013). A Markov decision process-based policy characterization approach for a stochastic inventory control problem with unreliable sourcing. *International Journal of Production Economics*, 144, 485–496.
- Alinezad, A., Seif, A., & Esfandiari, N. (2013). Supplier evaluation and selection with QFD and FAHP in a pharmaceutical company. *International Journal Advanced Manufacturing Technology*, 68, 355–364. doi:10.1007/s00170-013-4733-3.
- Amorim, P., Curcio, E., Almada-Lobo, B., Barbosa-Póvoa, A. P. F. D., & Grossmann, I. E. (2016). Supplier Selection in the Processed Food Industry under Uncertainty. *European Journal of Operational Research*, 252 (3), 801-814. <http://doi.org/10.1016/j.ejor.2016.02.005>.
- Arcelus, F. J., Kumar, S., & Srinivasan, G. (2012). Risk tolerance and a retailer's pricing and ordering policies within a newsvendor framework. *Omega*, 40, 188–198.
- Arkan, A., Hejazi, S. R., & Golmah, V. (2011). Supplier selection in supply chain management with disruption risk and credit period concepts. *Journal of Industrial Engineering International*, 7 (15), 51–59.
- Artzner, P., F. Delbaen, J. M. Eber, & D. Heath, (1999), "Coherent Measures of Risk," *Mathematical Finance*, 9 (3), 203–228.
- Awasthi, A., Chauhan, S. S., Goyal, S. K., & Proth, J. M. (2009). Supplier selection problem for a single manufacturing unit under stochastic demand. *International Journal of Production Economics*, 117, 229–233.
- Azadeh, A., & Alem, S. A. (2010). A flexible deterministic, stochastic and fuzzy data envelopment analysis approach for supply chain risk and vendor selection problem: Simulation analysis. *Expert Systems with Applications*, 37, 7438–7448.
- Azaron, A., Brown, K. N., Tarim, S. A., & Modarres, M. (2008). A multi-objective stochastic programming approach for supply chain design considering risk. *International Journal of Production Eco-nomics*, 116, 129–138.
- Baghalian, A., Rezapour, S., & Farahani, R. Z. (2013). Robust sup-ply chain network design with service level against disruptions and demand uncertainties: A real-life case. *European Journal of Operational Research*, 227, 199–215.

- Berger, P. D., & Zeng, A. Z. (2006). Single versus multiple sourcing in the presence of risks. *Journal of the Operational Research Society*, 57, 250–261.
- Berger, P. D., Gerstenfeld, A., & Zeng, A. Z. (2004). How many suppliers are best? A decision-analysis approach. *Omega*, 32, 9–15.
- Bhattacharya, A., Geraghty, J., & Young, P. (2010). Supplier selection paradigm: An integrated hierarchical QFD methodology under multiple-criteria environment. *Applied Soft Computing*, 10, 1013–1027.
- Bilsel, R. U., & Ravindran, A. (2011). A multiobjective chance constrained programming model for supplier selection under uncertainty. *Transportation Research Part B*, 45, 1284–1300.
- Bowersox, D.J., Closs, D.J. & Cooper, M.B. (2007). *Supply Chain Logistics Management* 2nd , McGrawHill Irwin, Boston.
- Burke, G. J. (2009). Sourcing decisions, with stochastic supplier reliability and stochastic demand. *Production and Operations Management*, 18 (4), 475–484.
- Burke, G. J., Carrillo, J., & Vakharia, A. J. (2008). Heuristics for sourcing from multiple suppliers with alternative quantity discounts. *European Journal of Operational Research*, 186, 317–329.
- Burke, G. J., Erenguc, S. S., & Vakharia, A. J. (2008). Optimal requirement allocation among quantity discount quoting suppliers. *Operations Management Research*, 1, 53–60.
- Carrera, D. A., & Mayorga, R. V. (2008). Supply chain management: A modular Fuzzy Inference System approach in supplier selection for new product development. *Journal of Intelligent Manufacturing*, 19, 1–12.
- Çebi, F. & Otay, I. (2016), A two-stage fuzzy approach for supplier evaluation and order allocation problem with quantity discounts and lead time, *Information Sciences* ,339 ,143–157.
- Chai, J., James, N. K. L., & Eric, W. T. N. (2013). Application of decision-making techniques in supplier selection: A systematic review of literature. *Expert Systems with Applications*, 40, 3872–3885.
- Chamodrakas, I., Batis, D., & Martakos, D. (2010). Supplier selection in electronic marketplaces using satisficing and fuzzy AHP. *Expert Systems with Applications*, 37, 490–498.
- Chan, F. T. S., & Kumar, N. (2007). Global supplier development considering risk factors using fuzzy extended AHP-based approach. *Omega*, 35, 417–431.

- Chen, J., Zhao, X., & Zhou, Y. (2012). A periodic-review inventory system with a capacitated backup supplier for mitigating supply disruptions. *European Journal of Operational Research*, 219, 312–323.
- Chen, K., & Zhuang, P. (2011). Disruption management for a dominant retailer with constant demand-stimulating service cost. *Computers & Industrial Engineering*, 61, 936–946.
- Chen, Y.S., Cheng, C.H., & Lai, C.J. (2012). Extracting performance rules of suppliers in the manufacturing industry: An empirical study, *Journal of Intelligent Manufacturing*, 2037–2045. doi:10. 1007/s10845-011-0530-8
- Cheng, L., Wan, Z., & Wang, G. (2009). Bilevel newsvendor models considering retailer with CVaR objective. *Computers & Industrial Engineering*, 57, 310–318.
- Cheyroux, L., (2003). Sur l'évaluation de performances des chaînes logistiques, Thèse de Doctorat, INPG, Grenoble, France.
- Chiu, M. C., & Okudan, G. (2014). An investigation on the impact of product modularity level on supply chain performance metrics: an industrial case study. *Journal of Intelligent Manufacturing*, 25, 129–145.
- Choi, T.-M., Li, D., & Yan, H. (2008). Mean-variance analysis of a single supplier and retailer supply chain under a returns policy. *European Journal of Operational Research*, 184, 356–376.
- Chopra, S. & Sodhi, M.S., (2004). Managing risk to avoid supply chain breakdown. *MIT Sloan Management Review* 46 (1), 53–62.
- Choudhary, D., & Shankar, R. (2013). Joint decision of procurement lot-size, supplier selection, and carrier selection. *Journal of Purchasing & Supply Management*, 19, 16–26.
- Choudhary, D., & Shankar, R. (2014). A goal programming model for joint decision making of inventory lot-size, supplier selection and carrier selection. *Computers & Industrial Engineering*, 71, 1–9.
- Christopher M, & Peck H. (2004); Building the resilient supply chain. *Int J Logistics Manage* 15 (2):1–14
- Closs DJ, McGarrell EF (2004); Enhancing security through the supply chain. Special Report Series, IBM Center for The Business of Government, available at: www.businessofgovernment.org.
- Cooper, Martha, C. & Lisa M. Ellram (1993); “Characteristics of Supply Chain Management and the Implication for Purchasing and Logistics Strategy,” *The International Journal of Logistics management*, Vol. 4, No. 2, pp. 13-24.

- Davarzani, H., Zegordi, S. H., & Norrman, A. (2011). Contingent management of supply chain disruption: Effects of dual or triple sourcing. *Scientia Iranica E*, 18 (6), 1517–1528.
- Demirtas, E. A., & Ustun, O. (2008). An integrated multi-objective decision making process for supplier selection and order allocation. *Omega*, 36 (1), 76–90
- Demirtas, E. A., & Ustun, O. (2009). Analytic network process and multi-period goal programming integration in purchasing decisions. *Computers & Industrial Engineering*, 56, 677–690.
- Degraeve, Z., Labro, E. & Roodhooft, F., (2000). An evaluation of vendor selection methods from a total cost of ownership perspective. *European Journal of Operational Research*, 125, 34-58.
- Dickson, G. W. (1966). An analysis of vendor selection systems and decisions. *Journal of Purchasing*, 2 (1), 5–17.
- Dominguez, H. R. S. Lashkari. (2004); Model for integrating the supply chain of an appliance company a value of information approach, *International Journal of Production Research*, 42, No 11, 2113-2140
- Duan, Q., & Liao, T. W. (2013). Optimization of replenishment policies for decentralized and centralized capacitated supply chains under various demands. *International Journal of Production Economics*, 142, 194–204.
- Dupont L., (2003); "Solutions pratiques : logistique et supply chain, questions réponses". Editions Weka, tome 1.
- Eng, S.W.L., Chew, E.P., & Lee, L.H. (2013). Impacts of supplier knowledge sharing competences and production capacities on radical innovative product sourcing. *European Journal of Operational Research*. doi:10.1016/j.ejor.2013.06.031.
- Fang, Chao, Liao, X., & Xie, M., (2015) 'A Hybrid Risks-Informed Approach for the Selection of Supplier Portfolio', *International Journal of Production Research*, 53(11), 1–16
<<http://dx.doi.org/10.1080/00207543.2015.1076947>>
- Federgruen, A., & Yang, N. (2008). Selecting a portfolio of suppliers under demand and supply risks. *Operations Research*, 56 (4), 916– 936.
- Finch, P. (2004); Supply Chain Risk Management", *Supply Chain Management*, 9 (2), 183–196.
- Finke, G.R., Schmitt, A.J., Singh, M. (2010). Modeling and simulating supply chain schedule risk. In: *Proceedings of the Winter Simulation Conference*.
- Gan, X., Sethi, S. P., & Yan, H. (2005). Channel coordination with a risk-neutral supplier and a downside-risk-averse retailer. *Production and Operations Management*, 14, 80–89.

- Génin, P. (2003); Planification tactique robuste avec usage d'un A.P.S. : Proposition d'un mode de gestion par plan de référence», Thèse de doctorat, Ecole des Mines de Paris.
- George A. Zsidisin, G.A., (2003); A grounded definition of supply risk, *Journal of Purchasing & Supply Management*, 9, 217–224.
- Giri, B. C. (2011). Managing inventory with two suppliers under yield uncertainty and risk aversion. *International Journal of Production Economics*, 133, 80–85.
- Goankar RS, Viswanadham N (2007); Analytic framework for the management of risk in supply chains. *IEEE Transactions on Automation Science and Engineering* 4 (2):265–273.
- Guo, C., & 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.
- Hammami, R., Frein, Y., & Hadj-Alouane, A. B. (2012). An international supplier selection model with inventory and transportation management decisions. *Journal of Flexible Service Manufacturing*, 24, 4–27.
- Hammami, R., Temponi, C., & Frein, Y. (2014). A scenario-based stochastic model for supplier selection in global context with multiple buyers, currency fluctuation uncertainties, and price discounts. *European Journal of Operational Research*, 233, 159–170.
- Hammer M. & Champy J., (1993); *Reengineering the Corporation*, Harper Business.
- He, Y., & Zhao, X. (2012). Coordination in multi-echelon supply chain under supply and demand uncertainty. *International Journal of Production Economics*, 139, 106–115.
- Hosseini nasab, A. & Ahmadi, A. (2015) , Selecting a supplier portfolio with value, development, and risk consideration. *European Journal of Operational Research*, 245, 146–156.
- Hou, J., Zeng, A. Z., & Zhao, L. (2010). Coordination with a backup supplier through buy-back contract under supply disruption. *Transportation Research Part E*, 46, 881–895.
- Hou, J., Zeng, A.M. & Zhao, L., (2010), Coordination with a backup supplier through buy-back contract under supply disruption. *Transportation Research Part E* 46 (6), 881–895.
- Hsieh, C. C., Chang, Y. L., & Wu, C. H. (2014). Competitive pricing and ordering decisions in a multiple-channel supply chain. *International Journal of Production Economics*, 154, 156–165.

- Hsieh, C.-C. H., & Lu, Y.T. (2010). Manufacturer's return policy in a two-stage supply chain with two risk-averse retailers and random demand. *European Journal of Operational Research*, 207, 514– 523.
- Hull, J., (2006), "VaR vs Expected Shortfall", *Risk* 19, 12, 48-49.
- Jain, R., Singh, A. R., Yadav, H. C., & Mishra, P. K. (2014). Using data mining synergies for evaluating criteria at pre-qualification stage of supplier selection. *Journal of Intelligent Manufacturing*, 25, 165–175. doi:10.1007/s10845-012-0684-z.
- Juttner U, Peck H. & Christopher M. (2003). Supply chain risk management: outlining an agenda for future research. *International Logistics Research Application* 6 (4):197–210.
- Juttner, U., Peck, H., & Christopher, M. (2003). Supply chain risk management: Outlining an agenda for future research. *International Journal of Logistics Research Application*, 6 (4), 197–210.
- Kang, H. Y., Lee, A. H. I., & Yang, C. Y. (2012). A fuzzy ANP model for supplier selection as applied to IC packaging. *Journal of Intelligent Manufacturing*, 23, 1477–1488.
- Kar, A.K., (2010). Risk in supply chain management. [http:// business-fundas.com/2010/risk in-supply-chain-management/](http://business-fundas.com/2010/risk-in-supply-chain-management/)
- Kleindorfer, P.R., Saad, G.H., (2005), "Managing disruption risks in supply chains". *Production and Operations Management*, 14 (1), 53–68.
- Klimov, R.A., Merkuriev, Y.A. (2006). Simulation-based risk measurement in supply chains, in: *Proceeding of 20th European conference in modeling and simulation*.
- Kokangul, A., & Susuz, Z. (2009). Integrated analytical hierarch process and mathematical programming to supplier selection problem with quantity discount. *Applied Mathematical Modelling*, 33 (3), 1417– 1429.
- Kubat, C., & Yuce, B. (2012). A hybrid intelligent approach for supply chain management system. *Journal of Intelligent Manufacturing*, 23, 1237–1244. doi:10.1007/s10845-010-0431-2. 139, 155–167.
- Kull, T. J., & Talluri, S. (2008). A supply risk reduction model using integrated multi criteria decision making. *IEEE Transactions on Engineering Management*, 55 (3), 409.
- Kull, T., & Closs, D. (2008). The risk of second-tier supplier failures in serial supply chains: Implications for order policies and distributor autonomy. *European Journal of Operational Research*, 186, 1158– 1174.

- La Londe et Masters, (1994), Emerging Logistics Strategies: Blueprints for the Next Century, *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 24 (7), 35 - 47
- Lauras M. (2004), Méthodes de diagnostic et d'évaluation de performance pour la gestion de chaînes logistiques : application à la coopération maison-mère – filiales internationales dans un groupe pharmaceutique et cosmétique". Thèse de Doctorat, L'Institut National Polytechnique de Toulouse.
- Le, H. Q., Arch-int, S., Nguyen, H. X., & Arch-int, N. (2013). Association rule hiding in risk management for retail supply chain collaboration. *Computer Industry*, 2013. doi:10.1016/j.compind. 04.011
- Lee H.L. et Billington, C. (1993), Material management in decentralized supply chain, *Operation Research*, 41, ,5.
- Lee, A. H. L. (2009). A fuzzy supplier selection model with the consideration of benefits, opportunities, costs and risks. *Expert Systems with Applications*, 36, 2879–2893.
- Li, B., Chen, P., Li, Q., Wang, W. (2014). Dual-channel supply chain pricing decisions with a risk averse retailer. doi:10.1080/ 00207543.2014.939235
- Li, J., Wang, S., & Cheng, T. C. E. (2010). Competition and cooperation in a single-retailer two-supplier supply chain with supply disruption. *International Journal of Production Economics*, 124, 137–150.
- Li, L., & Zabinsky, Z. B. (2011). Incorporating uncertainty into a supplier selection problem. *International Journal of Production Economics*, 134, 344–356.
- Li, S., & Zeng, W. (2014). Risk analysis for the supplier selection problem using failure modes and effects analysis (FMEA). *Journal of Intelligent Manufacturing*. doi:10.1007/s10845-014-0953-0
- Lummus R.R. et Vokurka R.J. (1999), Defining supply chain management: a historical perspective and practical guidelines», *Industrial Management & Data Systems* ,24, 7,35-47.
- Ma, L., Liu, F., Li, S., & Yan, H. (2012). Channel bargaining with risk-averse retailer. *International Journal of Production Economics*, 139,(9),155,167
- Ma, L., Zhao, Y., Xue, W., Cheng, T. C. E., & Yan, H. (2012). Loss-averse newsvendor model with two ordering opportunities and market information updating. *International Journal of Production Economics*, 140, 912–921.

- Manerba, D., & Mansini, R. (2014). An effective matheuristic for the capacitated total quantity discount problem. *Computers & Operations Research*, 41, 1–11.
- Mansini, R., Savelsbergh, M. W. P., & Tocchella, B. (2012). The supplier selection problem with quantity discounts and truckload shipping. *Omega*, 40, 445–455.
- Meena, P. L., & Sarmah, S. P. (2013). Multiple sourcing under supplier failure risk and quantity discount: A genetic algorithm approach. *Transportation Research Part E*, 50, 84–97.
- Meena, P. L., Sarmah, S. P., & Sarkar, A. (2011). Sourcing decisions under risks of catastrophic event disruptions. *Transportation Research Part E*, 47, 1058–1074.
- Memon, M. S., Lee, Y. H., & Mari, S. I. (2015). Group multi-criteria supplier selection using combined grey systems theory and uncertainty theory. *Expert Systems with Applications*, 42 (21), 7951-7959. <http://doi.org/10.1016/j.eswa.2015.06.018>.
- Mentzer, J.T., DeWitt, W., Keebler, J.S., Min, S., Nix, N.W., Smith, C.D. & Zacharia, Z.G. (2001), What is supply chain management. in Mentzer, J.T. (Ed.), *Supply Chain Management*, Sage, Thousand Oaks, CA, 1-25.
- Mirahmadi, N., Saberi, E., & Teimoury, E. (2012). Determination of the optimal number of suppliers considering the risk: Emersun Company as a case study. *Advanced Materials Research*, 433–440, 5873–5880.
- Moghaddam, K. S. (2015). Fuzzy multi-objective model for supplier selection and order allocation in reverse logistics systems under supply and demand uncertainty. *Expert systems with Applications*, 42 , 6237–6254.
- Mortureux Y., (2002), Arbres de défaillance, des causes et d'événement, techniques de l'ingénieur.
http://www.techniquesingenieur.fr/dossier/arbres_de_defaillance_des_causes_et_d_ev_enement/ SE4050.
- Nejad, A. E., Niroomand, I., & Kuzgunkaya, O. (2014). Responsive contingency planning in supply risk management by considering congestion effects. *Omega*, 48, 19–35.
- Nekooie , M. A., Sheikhalishahi, M. & Hosnavi, R (2015); Supplier selection considering strategic and operational risks: a combined qualitative and quantitative approach, *Production Engineering. Research. Development*. Vol. 9: pp. 665–673 ; DOI 10.1007/s11740-015-0643-6.
- Norrman, A., Lindroth, R., (2004), “Categorization of Supply Chain Risk and Risk Management”, in Brindley C. (Ed.) *Supply Chain Risk*, London, UK: Ashgate, 14-28.

- Pal, B., Sana, S. S., & Kripasindhu, K. (2012). A multi-echelon supply chain model for reworkable items in multiple-markets with supply disruption? *Economic Modelling*, 29, 1891–1898.
- Pang, B., & Bai, S. (2013). An integrated fuzzy synthetic evaluation approach for supplier selection based on analytic network process. *Journal of Intelligent Manufacturing*, 24, 163–174. doi:10.1007/s10845-011-0551-3.
- Patra, K., & Mondal, S. K. (2015). Multi-item Supplier Selection Model with Fuzzy Risk Analysis Studied by Possibility and Necessity Constraints. *Fuzzy Information and Engineering*, 7 (4), 451–474. <http://doi.org/10.1016/j.fiae.2015.11.004>
- Peidro, D., Mula, J., Jiménez, M., & Botella, M. D. M. (2010). A fuzzy linear programming based approach for tactical supply chain planning in an uncertainty environment. *European Journal of Operational Research*, 205, 65–80.
- Pinto, R., Mettler, T., & Taisch, M. (2013). Managing supplier delivery reliability risk under limited information: Foundations for a human-in-the-loop DSS. *Decision Support Systems*, 54, 1076–1084.
- Qi, L. (2013). A continuous-review inventory model with random disruptions at the primary supplier. *European Journal of Operational Research*, 225, 59–74.
- Rabbani, M., Khalili, S. M., Janani, H., & Shiripour, M. (2014). Optimization of a dynamic supply portfolio considering risks and discount's constraints. *Journal of Industrial Engineering and Management*, 7 (1), 218–253. <http://doi.org/10.3926/jiem.880>.
- Ravindran, A. V., Bilsel, R. U., Wadhwa, V. V., & Yang, T. (2010). Risk adjusted multicriteria supplier selection models with applications *International Journal of Production Research*, 48 (2), 405–424.
- Ray, P., & Jenamani, M. (2014). Sourcing decision under disruption risk with supply and demand uncertainty: A newsvendor approach. *Annals of Operations Research*. doi:10.1007/s10479-014-1649-8.
- Rockafellar RT, Uryasev S. (2002) ; Conditional value-at-risk for general loss distributions. *Journal of Banking and Finance* ;26 (7):1443–71.
- Ruiz-Torres, A. J., & Mahmoodi, F. (2006). A supplier allocation model considering delivery failure, maintenance and supplier cycle costs. *International Journal of Production Economics*, 103, 755–766.
- Ruiz-Torres, A. J., & Mahmoodi, F. (2007). The optimal number of suppliers considering the costs of individual supplier failures. *Omega*, 35, 104–115.

- Ruiz-Torres, A. J., Mahmoodi, F., & Zeng, A. Z. (2013). Supplier selection model with contingency planning for supplier failures. *Computers & Industrial Engineering*, 66, 374–382.
- Sanayei, A., Mousavi, S. F., & Yazdankhah, A. (2010). Group decision making process for supplier selection with VIKOR under fuzzy environment. *Expert Systems with Applications*, 37, 24–30.
- Sarkar, A., & Mohapatra, P. K. J. (2009). Determining the optimal size of supply base with the consideration of risks of supply disruptions. *International Journal of Production Economics*, 119, 122–135.
- Sawik, T. (2011a). Selection of supply portfolio under disruption risks. *Omega*, 39, 194–208.
- Sawik, T. (2010). Single vs. multiple objective supplier selection in a make to order environment. *Omega*, 38, 203–212.
- Sawik, T. (2011b). Supplier selection in make-to-order environment with risks. *Mathematical and Computer Modelling*, 53, 1670–1679.
- Sawik, T. (2013a). Selection of resilient supply portfolio under disruption risks. *Omega*, 41, 259–269.
- Sawik, T. (2013b). Integrated selection of suppliers and scheduling of customer orders in the presence of supply chain disruption risks. *International Journal of Production Research*, 51, 23–24.
- Sawik, T. (2014). Joint supplier selection and scheduling of customer orders under disruption risks: Single vs. dual sourcing. *Omega*, 43, 83–95.
- Sawik, T. (2014). Optimization of cost and service level in the presence of supply chain disruption risks: Single vs. multiple sourcing. *Computers & Operations Research*, 51, 11–20.
- Sayın, F., Karaesmen, F., & Özekici, S. (2014). Newsvendor model with random supply and financial hedging: Utility-based approach. *International Journal of Production Economics*, 154, 178–189.
- Schmitt, A. J. (2011). Strategies for customer service level protection under multi-echelon supply chain disruption risk. *Transportation Research Part B*, 45, 1266–1283.
- Schmitt, A. J., & Singh, M. (2012). A quantitative analysis of disruption risk in a multi-echelon supply chain. *International Journal of Production Economics*, 139, 22–32.
- Schmitt, A. J., & Snyder, L. V. (2012). Infinite-horizon models for inventory control under yield uncertainty and disruptions. *Computers & Operations Research*, 39, 850–862.

- Schmitt, A. J., Snyder, L. V., & Shen, Z.-J. M. (2010). Inventory systems with stochastic demand and supply: Properties and approximations. *European Journal of Operational Research*, 206, 313–328.
- Schmitt, A.J., & Singh M. (2009) Quantifying supply chain disruption risk using Monte Carlo and discrete-event simulation, In: *Proceedings of the winter simulation conference*.
- Sen, , A., Yaman, H., Güler, K., & Körpeoglu, ~ E. (2014). Multi-period supplier selection under price uncertainty. *Journal of the Operational Research Society*, 65, 1636–1648.
- Serel, D. A. (2007). Capacity reservation under supply uncertainty. *Computers & Operations Research*, 34, 1192–1220.
- Serel, D. A. (2008). Inventory and pricing decisions in a single-period problem involving risky supply. *International Journal of Production Economics*, 116, 115–128.
- Sharma, S., & Balan, S. (2013). An integrative supplier selection model using Taguchi loss function. TOPSIS and multi criteria goal programming. *Journal of Intelligent Manufacturing*, 24, 1123–1130. doi:10.1007/s10845-012-0640-y.
- Sherwin, M. D., Medal, H., & Lapp, S. A. (2016). Proactive cost-effective identification and mitigation of supply delay risks in a low volume high value supply chain using fault tree analysis. *International Journal of Production Economics*, 175, 153–163. <http://doi.org/10.1016/j.ijpe.2016.02.001>
- Shina, H., Benton, W. C., & Jun, M. (2009). Quantifying suppliers' product quality and delivery performance: A sourcing policy decision model. *Computers & Operations Research*, 36, 2462–2471.
- Silbermayr, L., & Minner, S. (2014). A multiple sourcing inventory model under disruption risk. *International Journal of Production Economics*. doi:10.1016/j.ijpe.2013.03.025
- Simichi-Levi D., Kamnisky P., et Simchi-Levi E., (2003), *Designing and managing the supply chain : Concepts, strategies and case studies*», McGraw-Hill/ Irwin, New York, second edition.
- Sinha, P.R., Whitman, L.E., Malzahn, D., (2004), “Methodology to mitigate supplier risk in an aerospace supply chain,., *Supply Chain Management*, 9 (2), 154–168.
- Sodenkamp, M. A., Tavana, M., & Di Caprio, D. (2016). Modeling synergies in multi-criteria supplier selection and order allocation: An application to commodity trading. *European Journal of Operational Research*, 254, 859-874. <http://doi.org/10.1016/j.ejor.2016.04.015>

- Song, D.-P., Dong, J.-X., & Xu, J. (2014). Integrated inventory management and supplier base reduction in a supply chain with multiple uncertainties. *European Journal of Operational Research*, 232, 522–536.
- Stadtler, H. (2002), «Supply Chain Management, An Overview, in Stadtler/kilger 7-12.
- Sun, G., Liu, Y., & Lan, Y. (2011). Fuzzy two-stage material procurement planning problem. *Journal of Intelligent Manufacturing*, 22, 319– 31. doi:10.1007/s10845-009-0306-6.
- Tabrizi, B. H., & Razmi, J. (2013). Introducing a mixed-integer non-linear fuzzy model for risk management in designing supply chain networks. *Journal of Manufacturing Systems*, 32, 295–307.
- Wang, T. Y., & Yang, Y. H. (2009). A fuzzy model for supplier selection in quantity discount environments. *Expert Systems with Applications*, 36, 12179–12187.
- Talluri, S., Narasimhan, R., & Chung, W. (2010). Manufacturer cooperation in supplier development under risk. *European Journal of Operational Research*, 207, 165–173.
- Tang, C., (2006), Perspectives in supply chain risk management. *International Journal of Production Economics* 103 (2), 451–488.
- Tang,C.S., &Tomlin,B., (2008), “The power of flexibility form mitigating supply chain risks.” *International Journal of Production Economics*,116 (1), 12–27.
- Tapiero, C. S., & Kogan, K. (2007). Risk and quality control in a supply chain: Competitive and collaborative approaches. *Journal of the Operational Research Society*, 58, 1440–1448.
- Taskin, S., & Lodree, E. L, Jr. (2010). Inventory decisions for emergency supplies based on hurricane count predictions. *International Journal of Production Economics*, 126, 66–75.
- Tehrani, M. B., Xu, S. H., Kumara, S., & Li, H. (2011). A single-period analysis of a two-echelon inventory system with dependent supply uncertainty. *Transportation Research Part B*, 45, 1128–1151.
- Tomlin, B. (2006). On the value of mitigation and contingency strategies for managing supply chain disruption risks. *Management Science*, 52 (5), 639–657.
- Tse, Y. K., & Tan, K. H. (2012). Managing product quality risk and visibility in multi-layer supply chain. *International Journal of Production Economics*, 139, 49–57.
- Tummala, R. and Schoenherr, T., (2011), Assessing and managing risks using the Supply Chain Risk Management Process (SCRMP). *Supply Chain Management: An International Journal*, 16 (6), 474 – 483.

- Ustun, O., & Demirtas, E. A. (2008). An integrated multi-objective decision-making process for multiperiod lot-sizing with supplier selection. *Omega*, 36, 509–521.
- Vinodh, S., Ramiya, R. A., & Gautham, S. G. (2011). Application of fuzzy analytic network process for supplier selection in a manufacturing organization. *Expert Systems with Applications*, 38, 272–280.
- Viswanadham, N., & Gaonkar, R. A. (2003). Conceptual and analytical framework for the management of risk in supply chains. In: *Proceedings of IT-MLS December 15–16*.
- Wadhwa, V. and Ravindran, A.R. 2007. Vendor selection in outsourcing. *Computers and Operations Research*, 34(12): 3725-3737
- Wang, T. Y., & Yang, Y. H. (2009). A fuzzy model for supplier selection in quantity discount environments. *Expert Systems with Applications*, 36, 12179–12187.
- Wang, Q. (2013). A periodic-review inventory control policy for a two-level supply chain with multiple retailers and stochastic demand. *European Journal of Operational Research*, 230, 53–62.
- Waters, D. (2007). *Global logistics new directions in supply chain management*. London and Philadelphia: Kogan ,184-185.
- Waters, D., (2007), *Supply Chain Risk Management: Vulnerability and Resilience in Logistics*. Kogan Page limited, London
- Weber, C. A., Current, Jr, & Benton, W. C. (1991). Vendor selection criteria and methods. *European Journal of Operational Research*, 50, 2–18.
- Wehmeier S, McIntosh C, Turnbull J (2005), *Oxford advanced learner's dictionary*. Oxford University Press, Oxford
- Williams Z, Lueg JE, LeMay SA (2008), Supply chain security. An overview and research agenda. *International Journal of Logistics Manage* 19 (2):254–281.
- Wu, D. D., Zhang, Y., Wu, D., & Olson, D. L. (2010). Fuzzy multi-objective programming for supplier selection and risk modeling: A possibility approach. *European Journal of Operational Research*, 200, 774–787.
- Wu, D., & Olson, D. L. (2008). Supply chain risk, simulation, and vendor selection. *International Journal of Production Economics*, 114, 646–655.
- Wu, D., Wu, D. D. W., Zhang, Y., & Olson, D. L. (2013). Supply chain outsourcing risk using an integrated stochastic-fuzzy optimization approach. *Information Sciences*, 235, 242–258.

- Wu, T., Blackhurst, J., & Chidambaram, V. (2006). A model for inbound supply risk analysis. *Computers in Industry*, 57, 350–365.
- Xanthopoulos, A., Vlachos, D., & Iakovou, E. (2012). Optimal newsvendor policies for dual-sourcing supply chains: A disruption risk management framework. *Computers & Operations Research*, 39, 350–357.
- Xiang, W., Song, F., & Ye, F. (2014). Order allocation for multiple supply demand networks within a cluster. *Journal of Intelligent Manufacturing*, 25, 1367–1376. doi:10.1007/s10845-013-0735-0.
- Xiao, T., & Yang, D. (2008). Price and service competition of supply chains with risk-averse retailers under demand uncertainty. *International Journal of Production Economics*, 114, 187–200.
- Xiao, T., Jin, J., Chen, G., Shi, J., & Xie, M. (2010). Ordering, whole-sale pricing and lead-time decisions in a three-stage supply chain under demand uncertainty. *Computers & Industrial Engineering*, 59, 840–852.
- Xiao, Z., Chen, W., & Li, L. (2012). An integrated FCM and fuzzy soft set for supplier selection problem based on risk evaluation. *Applied Mathematical Modelling*, 36, 1444–1454.
- Yan, & Nishi, (2014). A supply chain planning model with supplier selection under uncertain demands and asymmetric information. *Procedia CIRP*, 17, 639–644.
- Yang, S., Yang, J., & Abdel-Malek, L. (2007). Sourcing with random yields and stochastic demand: A newsvendor approach. *Computers & Operations Research*, 34, 3682–3690.
- Yu, H., Zeng, A. Z., & Zhao, L. (2009). Single or dual sourcing: Decision-making in the presence of supply chain disruption risks. *Omega*, 37, 788–800.
- Zegordi, S. H., & Davarzani, H. (2012). Developing a supply chain disruption analysis model: Application of colored Petri-nets. *Expert Systems with Applications*, 39, 2102–2111.
- Zhang, D. Y., Cao, X., Wang, L., & Zeng, Z. (2012). Mitigating the risk of information leakage in a two-level supply chain through optimal supplier selection. *Journal Intelligent Manufacturing*, 23, 1351–1364.
- Zhang, J. L., & Zhang, M. Y. (2011). Supplier selection and purchase problem with fixed cost and constrained order quantities under stochastic demand. *International Journal of Production Economics*, 129, 1–7.
- Zhang, J.-L., & Chen, J. (2013). Supplier selection and procurement decisions with uncertain demand, fixed selection costs and quantity discounts. *Computers & Operations Research*, 40, 2703–2710.

- Zhu, J., & Fu, S. (2013). Ordering policies for a dual sourcing supply chain with disruption risks. *Journal of Industrial Engineering and Management*, 6 (1), 380–399.
- Zouggari, A., & Benyoucef, L. (2012). Simulation based fuzzy TOP-SIS approach for group multi-criteria supplier selection problem. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 25, 507–519.

Optimization and planning of supply chain under supplier disruption risk

Trade liberalization, the development of mean of transport and the development economic of emerging countries which lead to globalization of supply chain is irreversible phenomenon. They can reduce costs, in return, they multiply the risk of disruption from upstream stage to downstream stage. In this thesis, we focus on the inbound supply chain stage. We treat more specifically the case of a purchasing central to select suppliers and allocate the orders. Each of the suppliers cannot deliver its orders due to internal reasons (poor quality problems) or external reasons (natural disasters, transport problems). According to the selected suppliers deliver their orders or not, the transaction operation will generate a profit or loss .The objective of this thesis is to provide decision support tools to a decision maker faced with this problem by taking into account the behavior of decision maker toward risk. We proposed stochastic mixed integer linear programs to model this problem. In the first part, we focuses on the development of a decision support visual tool that allows a decision maker to find a compromise between maximizing the expected profit and minimize the risk of loss. In the second part, we integrated the techniques of estimation of risk VaR and CVaR in this probleme. The objective is to help decision maker to minimize the expected cost and minimize the conditional value at risk simultaneously via calculating of VaR. Result shows that the decision maker must tack into account the different scenarios of disruption regardless their probability of realization.

Key Words: Selection supplier, Risk of disruption, Optimization, Value at risk, Conditional value at risk, Expected cost, Expected profit.

Optimisation et planification de l'approvisionnement en présence du risque de rupture des fournisseurs

La libéralisation des échanges, le développement des moyens de transport de marchandises à faible coût et l'essor économique des pays émergents font de la globalisation (mondialisation) des chaînes logistiques un phénomène irréversible. Si ces chaînes globalisées permettent de réduire les coûts, en contrepartie, elles multiplient les risques de rupture depuis la phase d'approvisionnement jusqu'à la phase finale de distribution. Dans cette thèse, nous nous focalisons sur la phase amont. Nous traitons plus spécifiquement le cas d'une centrale d'achat devant sélectionner des fournisseurs et allouer les commandes aux fournisseurs retenus. Chacun des fournisseurs risque de ne pas livrer ses commandes pour des raisons qui lui sont propres (problèmes internes, mauvaise qualité) ou externes (catastrophe naturelle, problèmes de transport). Selon que les fournisseurs sélectionnés livrent ou non leurs commandes, l'opération dégagera un profit ou sera déficitaire. L'objectif de cette thèse, est de fournir des outils d'aide à la décision à un décideur confronté à ce problème tout en prenant en compte le comportement du dit décideur face au risque. Des programmes stochastiques en nombre entiers mixtes ont été proposés pour modéliser ce problème. La première partie du travail porte sur l'élaboration d'un outil visuel d'aide à la décision permettant à un décideur de trouver une solution maximisant le profit espéré pour un risque de perte fixé. La deuxième partie applique les techniques d'estimation et de quantification du risque VAR et CVaR à ce problème. L'objectif est d'aider un décideur qui vise à minimiser la valeur de l'espérance du coût (utilisation de VaR) ou à minimiser la valeur de l'espérance du coût dans le pire des cas (utilisation de VAR et CVaR). Selon nos résultats, il apparaît que le décideur doit prendre en compte les différents scénarios possibles quelque soit leurs probabilités de réalisation, pour que la décision soit efficace.

Mots clés : Sélection des fournisseurs, Risque de rupture, Optimisation, Valeur en risque, Valeur en risque conditionnelle, Espérance de profit, Espérance du coût.