

Modèles de sélection des fournisseurs et d'atténuation des risques: une approche holistique

Jiho Yoon ^a, Srinivas Talluri ^{b*}, Hakan Yildiz ^b et William Ho ^c

^a Département de gestion, College of Business Administration, Kansas State University, Manhattan, KS, États-Unis; ^b Département de gestion de la chaîne d'approvisionnement, Eli Broad Graduate School of Management, Michigan State University, East Lansing, MI, États-Unis; ^c Département de gestion et marketing, Université de Melbourne, Carlton, Australie

(Reçu le 24 janvier 2017; accepté le 5 novembre 2017)

Selon une étude menée par PwC et le Business Continuity Institute en 2013, 75% des entreprises subissent au moins une perturbation majeure de la chaîne d'approvisionnement par an et la majorité des perturbations ont été causées par des problèmes liés à l'approvisionnement. Avec un accent croissant sur les risques en amont, la gestion des risques dans la sélection des fournisseurs est devenue un problème critique auquel sont confrontées les entreprises. Bien que des études antérieures aient proposé différentes méthodes et outils pour une efficacité et un effet de sélection judicieuse des fournisseurs, seules quelques approches ont tenté d'incorporer des stratégies d'atténuation des risques dans les décisions de sélection des fournisseurs. Notre étude vise à combler cette lacune en considérant un large éventail de facteurs de risque quantitatifs et qualitatifs dans la sélection des fournisseurs et évalue l'efficacité et la pertinence des stratégies alternatives d'atténuation des risques dans ce contexte. De plus, nous suggérons que les stratégies en amont et en aval soient utilisées simultanément plutôt que de s'appuyer sur un seul type de stratégie. Nous suggérons en outre qu'il est essentiel d'aligner les stratégies d'atténuation des risques en amont et en aval pour réduire les risques. Nous utilisons la simulation multi-objectifs basée sur l'optimisation dans le développement d'un modèle de décision et prenons en compte les données d'un fabricant de pièces automobiles pour démontrer l'application de notre approche.

Mots clés: gestion des risques de la chaîne d'approvisionnement; choix du fournisseur; stratégie d'atténuation des risques; optimisation multi-objectifs; modèles mathématiques

1. Introduction

La gestion des fournisseurs est un enjeu clé dans la gestion de la chaîne d'approvisionnement (SCM) étant donné que le coût des matières premières et des composants représente le coût principal d'un produit. La majorité de la fabrication des entreprises consacrent une part considérable de leurs revenus de vente à l'approvisionnement (Goffin, Lemke et Szwajkowski 2006), allant de 60 à 80% des coûts de production (Dey, Bhattacharya et Ho 2015). La sélection des bons fournisseurs réduit non seulement les coûts d'approvisionnement significativement (Ghodsypour et O'Brien 2001) mais contribue également à l'innovation produit et aide à réaliser des processus de production efficaces (Dey, Bhattacharya et Ho 2015). Par conséquent, la sélection des fournisseurs est considérée comme une question critique dans SCM pour maintenir un avantage concurrentiel. Traditionnellement, la sélection des fournisseurs s'est principalement concentrée sur les coûts, mais récemment, un autre ensemble de facteurs importants, y compris la qualité, la livraison, la flexibilité et la durabilité sociale et environnementale (Sarkis et Talluri 2002; Au milieu, Ghodsypour et O'Brien 2011; Lin 2012; Scott, Ho et Dey 2013; Scott et coll. 2015) ont également été soulignés. Alors que la structure d'une chaîne d'approvisionnement devient plus compliquée, étendue et globalisée, les entreprises de la chaîne d'approvisionnement deviennent de plus en plus dépendantes de leurs fournisseurs. Cela rend également les entreprises vulnérables aux événements de risque imprévus. Par exemple, la Thaïlande catastrophique et les inondations d'octobre 2011 ont affecté les chaînes d'approvisionnement des fabricants d'ordinateurs dépendants des fournisseurs de disques durs de la région. Et les inondations ont également perturbé les chaînes d'approvisionnement des constructeurs automobiles japonais ayant des usines en Thaïlande (Chopra et Sodhi 2014). De même, le tremblement de terre et les tsunamis qui ont frappé le Japon en 2011 ont touché presque tous les grands constructeurs automobiles dans le monde en raison des nombreux fournisseurs de pièces japonaises qui ont été touchés significativement. Dans le cas bien connu d'Ericsson, un incendie dans une usine de semi-conducteurs Phillips en 2000 a conduit à la perte de 400 millions de dollars (Chopra et Sodhi 2004). Ces incidents ont clairement montré que lors de la sélection des fournisseurs, il est nécessaire de prendre en compte des facteurs autres que le coût pour une atténuation efficace des risques.

L'intérêt des universitaires et des praticiens pour la gestion des risques de la chaîne d'approvisionnement (SCRM) s'est accru ces dernières années. Il y a eu une croissance continue du nombre d'articles publiés sur la SCRM à partir de 2003 - 2013 (Ho et al. 2015), passant de huit articles seulement en 2003 à 33 articles en 2013. De plus, huit revues de littérature ont étudié la SCRM au cours de la dernière décennie (Tang 2006; Rao et Goldsby 2009; Tang et Musa 2011; Colicchia et Strozzi 2012; Sodhi, Son et Tang 2012; Fahimnia et coll. 2015; Heckmann, Vient et Nickel 2015; Ho et coll. 2015).

* Auteur correspondant. Email: talluri@broad.msu.edu

La littérature s'est principalement concentrée sur les domaines suivants: (i) l'identification et classification des facteurs de risque (Chopra et Sodhi 2004 ; Kull et Talluri 2008); (ii) l'élaboration de méthodes d'évaluation des risques (Zsidisin et al. 2004 ; Wang et coll. 2012 ; Aqlan et Lam 2015); (iii) de fining des stratégies d'atténuation des risques (Chopra et Sodhi 2004 ; Nishat Faisal, Banwet et Shankar 2006); et (iv) l'évaluation des stratégies de gestion des risques (Talluri et al. 2013 ; Mohammaddust et coll. 2017). Les entreprises du même secteur peuvent être confrontées à différents types de risques, ce qui les amène à reconnaître que l'adaptation de stratégies d'atténuation des risques sur mesure est un aspect clé de leur réussite dans un environnement turbulent (Hauer 2003 ; Chopra et Sodhi 2004). Diverses stratégies d'atténuation des risques ont déjà été proposées pour répondre à la spéci fi c les besoins des entreprises, qui sont avant tout intéressées par les stratégies qui efficacement et ef fi réduire efficacement les risques sans éroder les pro fi ts (Talluri et al. 2013). Yoon (2015) a résolu un large éventail de problèmes de SCRM chez un acheteur - réglage du fournisseur. Dans le prolongement de cette recherche, cet article examine simultanément la question de la sélection des fournisseurs et de la sélection des stratégies d'atténuation des risques dans une chaîne d'approvisionnement. Plus de speci fi cally, nous suggérons que une combinaison de stratégies d'atténuation des risques en amont et en aval devrait être envisagée conjointement avec la sélection des fournisseurs plutôt que de considérer ces décisions séparément et de se concentrer sur l'application d'une seule stratégie. La littérature existante a examiné les stratégies d'atténuation des risques et leur efficacité (p. Ex. Chopra et Sodhi 2004 , 2014 ; Schmitt 2011). Plusieurs de ces stratégies visent à atténuer les risques en amont et sont étroitement liées à la sélection des fournisseurs, telles que avoir des fournisseurs redondants, ie fournisseur diversifi cation. Cependant, cette étude est la fi le premier qui tente de traiter la synergie potentielle entre les stratégies d'atténuation ciblant le risque en aval (comme l'incertitude de la demande) et les stratégies d'atténuation axées sur le risque en amont (comme l'échec de la qualité, la quantité fi échec de l'exibilité). Nous nous attendons à ce qu'un alignement entre les stratégies d'atténuation des risques en amont et en aval au stade de la sélection des fournisseurs puisse créer un ef plus efficace et plus efficace. fi moyen efficace de réduire les risques.

À cette fin, la contribution de cet article est double. Premièrement, nous suggérons des modèles qui intègrent la sélection des fournisseurs et la sélection de la stratégie d'atténuation des risques, deux décisions importantes de SCM, et présentons les raisons de cette considération simultanée. Deuxièmement, en termes de méthodologie, nous construisons des modèles de décision qui utilisent une combinaison d'optimisation et de simulation multi-objectifs qui prend en compte une variété de facteurs de risque, d'attitudes au risque de l'entreprise, d'attributions d'ordres et d'objectifs. L'optimisation multi-objectifs permet de prendre en compte simultanément le coût et le risque (Yildiz et al.

2015), et la simulation active ef fi cacité et efficacité à dériver des solutions sur un horizon de planification à plusieurs périodes (Jung et al. 2004). Ainsi, cette méthodologie hybride offre une approche holistique qui fournit une solution holistique. Le reste de l'article est organisé comme suit. nous fi fournir d'abord une revue de la littérature pour les domaines de la sélection des fournisseurs et de l'atténuation des risques. Section 3 décrit le problème et introduit des stratégies d'atténuation des risques représentatives dérivées d'études antérieures. Ensuite, nous présentons nos modèles et les analyses associées. Section 5 présente les expériences numériques et les résultats. Dans la dernière section, nous discutons des limites de notre étude et des extensions potentielles.

2. Revue de la littérature

Cet article est lié à deux courants de littérature: la sélection des fournisseurs et l'atténuation des risques liés à la chaîne d'approvisionnement. Section 2.1 présente la littérature pertinente sur la sélection des fournisseurs en tenant compte des risques. Section 2.2 discute de la littérature concernant à la fois la chaîne d'approvisionnement générique et les spéci fi c fournir des stratégies d'atténuation des risques. Section 2.3 résume les lacunes des connaissances dans la littérature et identi fi es la nouveauté de cet article.

2.1 Sélection des fournisseurs avec prise en compte des risques

Dans SCM, la sélection des fournisseurs est un problème critique car de mauvaises décisions peuvent entraîner divers problèmes liés à l'approvisionnement. fi cultures telles que les livraisons tardives et les taux élevés de défauts (Smeltzer et Siferd 1998). En outre, la sélection des fournisseurs est un facteur critique pour obtenir un avantage concurrentiel à long terme (González, Quesada et Mora Monge 2004 ; Spekman 1988 ; Ōnüt, Kara et moi § ik 2009). De plus, à mesure que les chaînes d'approvisionnement deviennent mondiales, des facteurs externes, en plus des facteurs internes, commencent à fi la chaîne d'approvisionnement risque davantage. Ainsi, dans cette étude, la sélection des fournisseurs et les facteurs associés sont considérés dans une perspective de gestion des risques.

Tomlin (2006) simpli fi es les risques en deux groupes dans la sélection des fournisseurs, à savoir les risques récurrents et les risques de perturbation, et considère le cas d'un fournisseur peu fiable et d'un fournisseur fiable mais plus cher. Il démontre qu'un fournisseur diversifi cation est meilleure qu'une stratégie de réserve d'inventaire si les événements de risque sont rares mais longs (risque de perturbation), alors qu'une stratégie basée sur l'inventaire est meilleure si les événements de risque sont fréquents mais courts (risque récurrent). Tomlin (2006) suggère en outre que les caractéristiques du fournisseur, y compris la fiabilité et fi la flexibilité et la nature du risque (perturbation ou récurrent) sont des facteurs clés pour une sélection efficace des fournisseurs. D'autres publications présentent également des fi ndings, soulignant l'importance de découpler les risques d'interruption et les risques récurrents et l'importance des caractéristiques des fournisseurs telles que la fiabilité lors de l'évaluation des fournisseurs (Chopra, Reinhardt et Mohan 2007).

Ho et coll. (2015) classent les risques liés à la chaîne d'approvisionnement en sept catégories et soutiennent que le type de risque le plus étudié est le risque d'approvisionnement, suivi du risque de demande, du risque de fabrication, fi risque nancier, risque macro, risque d'information et risque de transport. Table 1 montre qu'un certain nombre de chercheurs ont étudié le problème de la sélection des fournisseurs en considérant un large éventail de risques d'approvisionnement. Ces facteurs de risque comprennent une mauvaise qualité (Talluri et Narasimhan 2003 ; Talluri, Narasimhan et Nair 2006 ; Fang, Liao et Xie 2016), retard de livraison (Talluri et Narasimhan 2003 ; Talluri, Narasimhan et Nair 2006 ; Fang, Liao et Xie 2016), capacité incertaine (Kumar, Vrat et Shankar 2006 ; Viswanadham et Samvedi 2013), situation géographique dispersée (Chan et Kumar 2007), défaillance du fournisseur (Kull et Talluri 2008 ; Ravindran et coll. 2010 ; Ruiz-Torres, Mahmoodi et Zeng 2013), fournisseur ' s fi stress financier (Lockamy et McCormack 2010), rupture d'approvisionnement (Wu et Olson 2010 ; Meena, Sarmah et Sarkar 2011 ; Sawik 2014 ; Fang, Liao et Xie 2016), service fournisseur médiocre

Tableau 1. Approches de sélection des fournisseurs avec prise en compte des risques.

Auteurs	Méthodes	Applicatio n	
		zones	Facteurs de risque considérés
Talluri et Narasimhan (2003) Kumar, Vrat et Shankar (2006)	Programmation linéaire max-min Théorie des ensembles flous; programmation mathématique multi-objectifs	Pharmaceutique Automobile	Mauvaise qualité; livraison tardive Capacité incertaine
Talluri, Narasimhan et Nair (2006)	Analyse d'enveloppement des données avec contrainte de chance; programmation non linéaire	Pharmaceutique	Mauvaise qualité; livraison tardive
Chan et Kumar (2007)	Théorie des ensembles flous; processus de hiérarchie analytique	Cas hypothétique	Situation géographique dispersée
Kull et Talluri (2008)	Processus de hiérarchie analytique; programmation d'objectifs	Automobile	Échec du fournisseur
Lockamy et McCormack (2010) Ravindran et coll. (2010)	Réseaux bayésiens Programmation linéaire en nombres entiers mixtes multi-objectifs	Automobile Informatique	Fournisseur ' s fi stress financier Échec du fournisseur
Wu et Olson (2010)	Analyse d'enveloppement des données; valeur à risque	Cas hypothétique	Rupture d'approvisionnement
Wu, Choi et Rungtusanatham (2010)	Théorie des ensembles flous; programmation mathématique multi-objectifs	Cas hypothétique	Service fournisseur médiocre
Meena, Sarmah et Sarkar (2011)	Programmation linéaire	Cas hypothétique	Rupture d'approvisionnement
Chaudhuri, Mohanty et Singh (2013)	Théorie des ensembles flous; analyse des modes de défaillance et des effets; moyenne pondérée ordonnée	Aérospatial	Manque d'implication des fournisseurs
Chen et Wu (2013)	Processus de hiérarchie analytique; un modi fi analyse des modes de défaillance et des effets	Électronique	Service fournisseur médiocre
Ruiz-Torres, Mahmoodi et Zeng (2013)	Approche d'arbre de décision; programmation mathématique	Cas hypothétique	Échec du fournisseur
Viswanadham et Samvedi (2013)	Théorie des ensembles flous; processus de hiérarchie analytique; technique de préférence d'ordre par similitude avec la solution idéale (TOPSIS)	Cas hypothétique	Capacité incertaine
Sawik (2014)	Programmation d'entiers mixtes stochastiques	Cas hypothétique	Rupture d'approvisionnement
Moghaddam (2015)	Simulation de Monte Carlo; programmation d'objectifs	Cas hypothétique	Fournisseur ' s risque économique
Fang, Liao et Xie (2016)	Programmation linéaire en nombres entiers multi-objectifs; TOPSIS; analyse relationnelle grise; max-min flou	Cas hypothétique	Mauvaise qualité; livraison tardive; rupture d'approvisionnement
Rao et coll. (2017)	Enchères multi-attributs; degré de corrélation gris	Utilitaire	Fournisseur ' s risque technologique; fournisseur ' s risque d'information; fournisseur ' s gestion du risque; fournisseur ' s risque économique; fournisseur ' s risque environnemental; fournisseur ' s risque sociétal; fournisseur ' s risque éthique

(Wu, Choi et Rungtusanatham 2010 ; Chen et Wu 2013), manque d'implication des fournisseurs (Chaudhuri, Mohanty et Singh 2013), fournisseur ' s risque économique (Moghaddam 2015 ; Rao et coll. 2017), fournisseur ' s risque technologique (Rao et al. 2017), fournisseur ' s risque d'information (Rao et al. 2017), fournisseur ' s gestion des risques (Rao et al. 2017), fournisseur ' s risque environnemental (Rao et al. 2017), fournisseur ' s risque sociétal (Rao et al. 2017) et fournisseur ' s risque éthique (Rao et al. 2017). De la table 1 , nous pouvons observer qu'aucune étude ne s'intéresse à la fois à la sélection des fournisseurs et à l'atténuation des risques.

Au lieu de cela, les chercheurs ont simplement considéré des facteurs de risque particuliers ainsi que des critères traditionnels, notamment le coût, la qualité, la livraison, le service et l'innovation pour l'évaluation et la sélection des fournisseurs. Par exemple, Kull et Talluri (2008) proposent un modèle d'aide à la décision pour la sélection des fournisseurs dans le contexte de la gestion des risques en intégrant efficacement les questions de risque dans l'évaluation des fournisseurs en utilisant une combinaison de processus de hiérarchie analytique (AHP) et de programmation mathématique. Leur approche soutient fi rms en hiérarchisant les objectifs de la chaîne d'approvisionnement, en identifiant les indicateurs de risque, en évaluant la probabilité et l'impact potentiel d'événements négatifs et en dérivant les scores de couverture des risques. Le score de couverture des risques d'un fi rm est de fi ned comme le degré auquel le fi rm peut gérer une variété de risques. Par conséquent, plus le score de couverture du risque est élevé, plus le fi rm est.

2.2 Atténuation des risques liés à la chaîne de fournisseurs

Un ensemble d'actions qui produisent des rendements plus élevés et / ou des capacités de couverture des risques améliorées nécessitent généralement des investissements initiaux. De tels investissements qui augmentent la réactivité et la fiabilité d'une chaîne d'approvisionnement pourraient être considérés comme une assurance contre les fi perte nancière due à d'éventuelles perturbations (Hendricks et Singhal 2005). Cependant, investir dans les changements ou le développement est intrinsèquement risqué (Hallikas et al. 2004). Par conséquent, un examen prudent des décisions d'investissement est une condition nécessaire de la SCRM. Kleindorfer et Saad (2005) a proposé un cadre conceptuel qui concilie les investissements pour l'atténuation des risques, y compris le coût des systèmes de gestion, contre les pertes potentielles causées par les perturbations de la chaîne d'approvisionnement. Une telle approche peut également compléter les décisions de sélection des fournisseurs d'un fi rm. Cependant, les approches d'évaluation des investissements existantes se concentrent uniquement sur les perturbations, qui peuvent avoir des impacts potentiellement importants, mais leur probabilité est généralement faible. En comparaison, les risques récurrents ont généralement un faible impact, mais ils ont une forte probabilité, ce qui rend les risques récurrents tout aussi importants que les perturbations. Par conséquent, nous devons également tenir compte des risques récurrents lors de la prise de décisions d'investissement.

En raison de l'existence d'une variété de sources de risques et d'un large éventail d'approches de gestion des risques, de nombreuses stratégies d'atténuation des risques ont été développées dans la littérature. Certaines études ont cherché à de fi ne stratégies génériques d'atténuation des risques de la chaîne d'approvisionnement en tenant compte des ' fi t ' concept (Jüttner, Peck et Christopher 2003 ; Chopra et Sodhi 2004). Ils notent que les quatre stratégies d'atténuation des risques suivantes peuvent être adaptées aux contextes de la chaîne d'approvisionnement à partir de stratégies génériques introduites par des études antérieures (Miller 1992): (i) évitement; (ii) contrôle; (iii) coopération; et (iv) fi exibility (Jüttner, Peck et Christopher 2003). Les stratégies peuvent également être considérées comme une composition de différents ensembles de catalyseurs qui interagissent les uns avec les autres (Nishat Faisal, Banwet et Shankar 2006). Chaque catalyseur couvre son propre ensemble de facteurs de risque, et l'interaction des catalyseurs conduit à la couverture d'une variété de facteurs de risque à travers différents catalyseurs. Dans ce contexte, Chopra et Sodhi (2004) se concentre sur la catégorisation des facteurs de risque et des stratégies possibles en fonction de l'interaction de divers risques individuels: ajout de capacité, ajout d'inventaire; avoir des fournisseurs redondants, augmenter la réactivité, augmenter

fi flexibilité, agréger ou mutualiser la demande, augmenter la capacité et avoir plus de comptes clients.

L'évaluation des stratégies d'atténuation des risques peut être effectuée à l'aide de méthodes analytiques et / ou empiriques. Utilisant une approche markovienne, Tomlin (2006) évalue quatre stratégies différentes tout en mettant l'accent sur la sélection des fournisseurs. Cette étude suppose un processus de prise de décision séquentiel, où les fournisseurs sont sélectionnés fi d'abord, puis une stratégie d'atténuation des risques peut être appliquée. Talluri et coll. (2013) utilise la simulation d'événements discrets pour évaluer les stratégies susmentionnées, chacune isolément. Certaines de ces stratégies sont axées sur l'amont, par exemple la sélection et l'utilisation de fournisseurs redondants, et d'autres sont axées sur l'aval, par exemple l'augmentation de la capacité de production.

À l'instar des méthodes analytiques, aucune étude antérieure utilisant des méthodes empiriques ne considère simultanément la sélection des fournisseurs et l'atténuation des risques. Au lieu de cela, des études empiriques ont démontré que le risque d'approvisionnement peut être atténué en mettant en œuvre des techniques de gestion fondées sur le comportement (Zsidisin et Ellram 2003), l'établissement de relations stratégiques avec les fournisseurs (Giunipero et Aly Eitantawy 2004 ; Hallikas et coll. 2005), impliquant tôt les fournisseurs (Zsidisin et Smith 2005), en adoptant la planification de la continuité des activités comme technique formelle de gestion des risques (Zsidisin, Melnyk et Ragatz 2005) et en réduisant la complexité de la base d'approvisionnement (Choi et Krause 2006).

2,3 Lacunes

De nombreuses recherches portent sur deux sujets connexes, la sélection des fournisseurs et l'atténuation des risques, séparément ou séquentiellement. Dans la section 2,1 , nous observons que si les chercheurs ont pris en compte les facteurs de risque pour la sélection des fournisseurs, ils

n'a pas réellement considéré la sélection des fournisseurs et l'atténuation des risques simultanément. Dans la section 2.2, nous notons également qu'aucune étude empirique n'a examiné simultanément la sélection des fournisseurs et l'atténuation des risques. Bien que des études analytiques aient tenté de considérer ces aspects conjointement, elles les ont traités de manière séquentielle ou isolée.

Dans cette étude, nous comblons les lacunes de connaissances ci-dessus en envisageant des stratégies d'atténuation à la fois axées en amont et axées en aval simultanément plutôt que séquentiellement pour obtenir un effet synergique plus important. La supériorité de la considération simultanée sur la considération séquentielle vient de deux sources. Premièrement, l'avantage est assez évident, c'est-à-dire que l'espace de solution pour un problème d'optimisation simultanée est au moins aussi grand que l'optimisation séquentielle. Le deuxième bénéfice est moins évident et est lié à la compatibilité des stratégies envisagées simultanément.

3. Description du problème

Nous considérons une chaîne d'approvisionnement à trois échelons composée d'une entreprise focale (fabricant de pièces dans l'industrie automobile), de fournisseurs potentiels et de clients. L'industrie automobile offre un contexte idéal pour étudier divers problèmes de chaîne d'approvisionnement, y compris la sélection des fournisseurs et la gestion des risques, car de nombreux constructeurs automobiles opèrent dans un environnement Just-in-Time (JIT) et attendent un service client très élevé et une fiabilité élevée de la part de leurs fournisseurs, même si cela signifie des coûts supplémentaires (Yildiz et al. 2016). Nous supposons qu'il y a plusieurs clients, mais l'un de ces clients est plus important que les autres et est désigné comme le 'principal client' (voir la figure 1), ce qui est assez courant pour les fabricants de pièces automobiles.

Diversi client fi le cation est l'un des plus dif fi tâches cultes pour les entreprises car signi fi des ressources monétaires et humaines beaucoup plus importantes sont nécessaires pour atteindre plusieurs grands comptes clients. Ainsi, la stratégie pour 'avoir plus de comptes clients', c'est-à-dire avoir plusieurs grands comptes clients, n'est possible que pour quelques grands fabricants de pièces automobiles tels que TRW et Bosch (Yildiz, Ravi et Fairey 2010). Avec cette hypothèse, nous considérons une chaîne d'approvisionnement à trois niveaux avec plusieurs fournisseurs et un seul client de l'entreprise focale ' perspective de s.

La société focale tente de réaliser deux con fl fixer des objectifs, minimiser les coûts et minimiser les risques (ou maximisation de la fiabilité), simultanément en obtenant un fl débit d'approvisionnement de la base d'approvisionnement (atténuation des risques en amont) tout en faisant face à l'incertitude de la demande des clients (atténuation des risques en aval). Nous supposons que chacun des fournisseurs potentiels a un niveau de fiabilité différent. Ainsi, s'approvisionner davantage auprès d'un fournisseur fiable diminue les risques en amont et augmente la fiabilité de l'approvisionnement. De même, pour réduire le risque en aval, la société focale peut effectuer des stocks pour réduire (ou éviter) les pénuries dues à l'incertitude de la demande ou à des problèmes de qualité. Dans ce contexte, nous considérons quatre stratégies qui ont été précédemment étudiées dans la littérature. Les deux stratégies sont liées à la sélection des fournisseurs, ce qui peut atténuer le risque en amont: (i) l'acquisition de fournisseur (s) redondant (ARS) et (ii) fl fournisseur (s) flexible (s) (HFS). Les deux autres concernent les capacités internes, qui peuvent gérer les risques en aval: (iii) augmentation de la capacité (de fabrication) (IC) et (iv) augmentation de la capacité de stock (IV).

Notamment, nous excluons diversi client fi stratégies liées aux cations (telles que 'avoir plus de comptes clients' présenté par Chopra et Sodhi (2004)) car de telles stratégies ne sont possibles que pour quelques grands fabricants de pièces détachées de l'industrie automobile, comme indiqué précédemment. De plus, nous n'envisageons pas de stratégies qui ne s'appliquent qu'à plusieurs paramètres client (comme 'demande globale ou en pool' introduit à Chopra et Sodhi (2004)) car la chaîne d'approvisionnement que nous considérons n'a qu'un seul client. Table 2 résume les stratégies de l'entreprise focale ' perspective de s.

le fi Les deux premières stratégies (ARS et HFS) intègrent intrinsèquement l'aspect de sélection des fournisseurs. Les deux autres stratégies (IC et IV), en revanche, peuvent être appliquées sans modifier la base d'approvisionnement existante. Dans la section suivante, nous fi évaluer d'abord si les stratégies du tableau 2 peut réduire le risque, c'est-à-dire augmenter la fiabilité, et simultanément réduire les coûts (par rapport à un scénario de base, c'est-à-dire sans appliquer de stratégie d'atténuation des risques). De plus, nous examinons si le

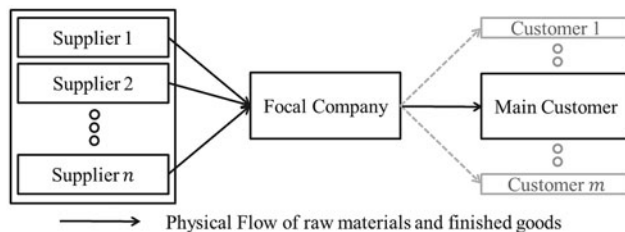


Figure 1. Configuration de la chaîne d'approvisionnement à trois niveaux.

Talluri et coll. 2013).

Stratégie d'atténuation	Approche / Classification	La description
ARS	Atténuation / redondance des risques en amont	Augmenter le nombre de fournisseurs, c'est-à-dire modifier la base d'approvisionnement existante de l'approvisionnement unique à l'approvisionnement double / multiple
HFS	Atténuation des risques en amont / flexibilité	Remplacer le (s) fournisseur (s) existant (s) par de nouveaux fournisseurs offrant plus de volume fi souplesse
IC	Atténuation des risques / redondance en aval	Augmenter la capacité de production / fabrication interne de 20% de la capacité existante
IV	Atténuation des risques / redondance en aval	Augmenter la capacité de stockage des stocks de 20% de la capacité de stockage existante

les stratégies d'atténuation des risques en aval (IC et IV) doivent être envisagées avec les stratégies d'atténuation des risques en amont (ARS et HFS) pour plus d'efficacité et d'efficience fi résultats cients.

4. Modèle mathématique

La sélection des fournisseurs et la sélection de la stratégie d'atténuation des risques est un problème de planification de niveau tactique à moyen terme (Cheaitou et Khan 2015).

Ainsi, nous considérons un horizon de planification d'un an avec une demande hebdomadaire et une reconstitution de l'offre. Nous développons un modèle d'optimisation stochastique multi-période avec 52 périodes en employant la programmation multi-objectifs en nombres entiers mixtes (MOMIP), qui est une approche appropriée pour considérer con fi objectifs.

Nous supposons que l'entreprise focale produit un seul type de produit. Sans perte de généralité, nous supposons en outre que la société focale produit **une unité de fi produit fini à partir d'une unité de matière première (Zimmer 2002).**

4.1 Modèle de base

Le problème est intrinsèquement un problème de décision stochastique en plusieurs étapes dans des variables de fonctionnement impliquant plusieurs ensembles de contraintes opérationnelles et structurelles. Chaque étape de décision correspond à une période de planification (désignée par t).

Variables de décision

X_{jt} quantité commandée auprès du fournisseur j en période t
 Y_{jt} quantité livrée au client dans la période t
 z_{jt} variable binaire qui vaut 1 si fournisseur j est sélectionné, 0 sinon
 S_t société focale ' s niveau de stock de fin de période t
 P_t quantité de pénurie dans la période t
 D_t montant dépassé pendant la période t

Paramètres

c_{je} prix d'achat unitaire pour le fournisseur j
 h_{je} fi coût h_{je} pour le fournisseur j
 h coût de détention des stocks unitaires
 p coût de pénalité unitaire en cas de pénurie
 l coût de transport unitaire
 CA_{je} capacité du fournisseur j
 CA_F capacité de l'entreprise focale
 M_{je} quantité minimum de commande du fournisseur j
 α_{je} le volume fi paramètre d'exibility pour le fournisseur j , $0 \leq \alpha_{je} \leq 1$
 r_t demande aléatoire dans la période t avec paramètre de distribution θ
 IL limite inférieure de l'inventaire (niveau du stock de sécurité de l'entreprise focale)
 UI limite supérieure de l'inventaire (capacité de conservation de l'inventaire de la société focale)
 N nombre de fournisseurs utilisés **Tableau 2. Stratégies d'atténuation des risques (Chopra et Sodhi 2004 ; Tomlin 2006 ;**

r_{je} score de fiabilité du fournisseur $i \in F$
 fiabilité relative de l'entreprise focale

4.1.1 Fonctions objectives

$$\min_{je} P_{je} = \sum_{i \in F} r_{je} X_{je1} + \sum_{i \in F} F_{je} Z_{je1} + \sum_{i \in F} E_{h1} \min_{i \in F} \text{salut}_i | Y_{1i} | Q_{1i} + \sum_{i \in F} p_{je} pS_{1i} + \sum_{i \in F} P_{je} C_{je} X_{je2} \\ + \sum_{i \in F} E_{h2} \min_{i \in F} \text{salut}_i | Y_{2i} | Q_{2i} + \sum_{i \in F} p_{je} pS_{2i} + \sum_{i \in F} P_{je} C_{je} X_{je3} \quad (1)$$

provenant des fournisseurs, du montant des stocks transportés et du montant de la livraison aux clients. Nous utilisons les scores relatifs obtenus en utilisant AHP

$$\max_{je} P_{je} = \sum_{i \in F} r_{je} X_{je1} + \sum_{i \in F} E_{h1} \max_{i \in F} r_{je} | Y_{1i} | Q_{1i} + \sum_{i \in F} p_{je} pS_{1i} + \sum_{i \in F} P_{je} r_{je} X_{je2} \quad (2)$$

inclus dans le calcul de la fiabilité totale de l'entreprise focale. Notamment, l'objectif de fiabilité totale dépend de la fiabilité de l'entreprise focale ainsi que du montant

Sujet à

$$X_{i1} \text{ Californie }_{je} Z_{je} \text{ pour } 8 \text{ je et } t \quad (3)$$

d'approvisionnement ici et maintenant de la période adjacente. Pour la dernière période, c'est-à-dire la période T, l'inventaire n'est d'aucune utilité et n'est donc pas

$$X_{i1} M_{je} Z_{je} \text{ pour } 8 \text{ je et } t \quad (4)$$

$$r_{je} \geq 1 \text{ une }_{je} p_{je} X_{i1} X_{i2} \quad r_{je} \geq 1 \text{ une }_{je} p_{je} X_{i1} \text{ pour } 8 \text{ je et } t \quad (5)$$

totale du T- les décisions d'étape (impliquant les variables de l'inventaire d'attente et le montant de la livraison client) à chaque période et les variables

$$je \text{ t } \frac{1}{2} \text{ je t } \text{ Oui }_{i1} | Y_{1i} | Q_{1i} \quad X_{i1} \text{ pour } 8 \text{ t } [0; je \text{ o } \frac{1}{2} 0 \quad (6)$$

$$IL_{1t} \quad UI \text{ pour } 8 \text{ t } \setminus T; \text{ je } \tau \text{ peut être inférieur à } IL \quad (7)$$

fiabilité, l'équation (2), les fi Le premier terme représente la fiabilité de l'approvisionnement au cours de la période initiale. Le deuxième terme représente la fiabilité

$$je \text{ t } | Y_{1i} | Q_{1i} \quad X_{i1} \text{ Oui }_{i1} \quad UI \text{ pour } 8 \text{ t} \quad (8)$$

$$\text{Oui }_{i1} \text{ Californie }_F \text{ pour } 8 \text{ t} \quad (9)$$

sur-livraison et de pénurie) à chaque période et les variables d'approvisionnement ici et maintenant de la période adjacente. De même, dans la fonction d'objectif de

$$S_{1rét} \quad \text{Oui }_{i1} \text{ pour } 8 \text{ t} \quad (dix)$$

$$O_{1t} \quad \text{Oui }_{i1} \text{ ré }_{i1} \text{ pour } 8 \text{ t} \quad (11)$$

pour le fournisseur sélectionné je. Le dernier terme représente le coût total du T- les décisions d'étape (impliquant l'inventaire attentiste, les variables de livraison /

$$\sum_{z_{je} \in N} X_{z_{je}} \quad (12)$$

$$X_{i1}; \text{Oui }_{i1}; \text{je } \tau; S_{1t}; O_{1t} \quad 0 \text{ et entier et } z_{je} \text{ est binaire pour } 8 \text{ je et } t: \quad (13)$$

le fi premier terme de la fonction d'objectif de coût, l'équation (1), est le coût d'approvisionnement dans le fi première période. Le deuxième terme est un fi coût xe

basé sur les données utilisées à Kull et Talluri (2008) pour les scores de fiabilité unitaire des fournisseurs. Ainsi, s'approvisionner en plus grandes quantités auprès d'un fournisseur plus fiable augmente la fiabilité totale.

Les attentes imbriquées de $E_{h_1} E_{h_2} \dots$ indiquent que l'espérance est calculée sur la distribution de probabilité de la demande cumulée rétroactive avec un ensemble de paramètres θ_t jusqu'à chaque période de planification t , où l'attente intérieure est conditionnée à la réalisation de la demande incertaine de l'attente extérieure. Ainsi, les variables d'approvisionnement (quantités de commande) X_{it} sont déterminés après la demande jusqu'à la période $t - 1$ ont été réalisés mais avant les résultats de la demande pour la période t et les périodes ultérieures sont connues. Par conséquent, la décision sur les variables d'approvisionnement pour la période t doit tenir compte de l'état au début de la période de planification t et les résultats possibles de la demande dans les périodes ultérieures. Ceci est formulé par la contrainte (6), qui lie les décisions de deux périodes de planification consécutives. Les variables d'approvisionnement (quantités livrées) O_{it} prendre en compte les résultats de la demande pour la période de planification t et servent à contraindre les variables d'état je_t , O_t et S_t .

Les contraintes, les équations (3) - (12), sont développés pour chaque chemin d'échantillon de demande (scénario) à chaque période de la formulation équivalente déterministe. Équation (3) limite le montant de l'approvisionnement à chaque fournisseur 's capacité. Équation (4) limite le montant minimum d'approvisionnement pour les fournisseurs. Équation (5) définit les limites supérieure et inférieure des montants d'approvisionnement en fonction du volume flexibilité offerte par les fournisseurs. Équation (6) est une équation typique d'équilibre des stocks entre des périodes consécutives. Notez que l'entreprise focale 's fin des inventaires je_t est déterminé en fonction de la réalisation de la demande jusqu'à la période t . Équation (7) fixe une limite supérieure pour les niveaux de stock en raison de la capacité de stockage des stocks de l'entreprise focale et une limite inférieure pour les niveaux d'inventaire en raison du stock de sécurité établi par l'entreprise focale. Équation (8) contraint l'entreprise focale 's capacité de production. Équation (9) limite l'entreprise focale 's montant de la livraison au client. Équations (10) et (11) représentent des contraintes de pénurie et de sur-livraison, respectivement. Équation (12) limite le nombre de fournisseurs sélectionnés.

Si la distribution de la demande était une fonction discrète, la structure arborescente peut représenter l'évolution des demandes aléatoires au fil du temps. Cependant, le nombre total de scénarios sera extrêmement important. Par exemple, s'il y a Σ possibles réalisations de la demande pour la période suivante à chaque nœud, le nombre total de scénarios sur T périodes est Σ^T . Ainsi, pour le calcul de l'efficacité, nous utilisons une stratégie d'approximation par simulation (Jung et al. 2004) plutôt que d'appliquer des processus de décision de Markov à temps discret en utilisant une approche de programmation dynamique.

4.2 Base MOMIP avec modèle déterministe

Nous avons dérivé des modèles déterministes de la formulation originale du programme stochastique présentée dans la section précédente pour leur exécution dans la simulation. De plus, les modèles déterministes sont transformés en MOMIP pour une prise en compte simultanée du coût et de la fiabilité.

4.2.1 Fonctions objectives déterministes

$$\min X \sum_{je} F_{je} z_{je} \sum_t X_{it} + c_{je} X_{it} + \sum_t \text{salut}_t \beta I Y \alpha \beta O_t + \beta \rho p S_t \tag{14}$$

$$\max X \sum_{je} X_{it} \beta X_{it} + r_{je} \beta O_{it} + \beta ? + r_{je} \tau \tag{15}$$

Sous réserve d'équations (3) - (9), (12), (13)

$$S_t E \frac{1}{2} r \epsilon_t \quad O_{it} \quad \text{pour } 8 t \tag{16}$$

$$O_t \quad O_{it} \quad E \frac{1}{2} r \epsilon_t \quad \text{pour } 8 t \tag{17}$$

Le premier terme de l'équation (14) représente les coûts d'approvisionnement totaux sur l'horizon de planification. Le deuxième mandat de l'équation (14) représente le total des frais de tenue, de livraison et de pénalité des stocks. Le dernier terme de l'équation (14) est le coût xe pour la sélection des fournisseurs. De même, le premier terme de l'équation (15) représente la fiabilité totale de l'approvisionnement sur l'horizon de planification. Le deuxième terme de l'équation (15) implique une fiabilité totale depuis l'inventaire et la livraison au client sur l'horizon de planification. Le dernier terme de l'équation (15) implique la déduction de la fiabilité de la dernière période ' inventaire de s . Intuitivement, des coûts inférieurs et une fiabilité plus élevée sont meilleurs. Ainsi, la fonction d'objectif de coût, l'équation (14), doit être minimisée mais la fonction d'objectif de fiabilité, l'équation (15), doit être maximisée. Bien que la majorité

des contraintes utilisées dans le modèle de base (le modèle décrit dans la section 4.1) sont conservées, les équations (dix) et (11) sont modi fi en appliquant la demande attendue, E [D_q], au lieu de la demande stochastique, ré t, dans le but d'exécuter la simulation. Les détails de la simulation sont discutés dans la section 5 .

Comme mentionné précédemment, nous considérons un problème d'optimisation multi-objectif avec deux con fi icting des fonctions objectives. Nous équilibrons les deux objectifs en utilisant un min - approche max pour obtenir des solutions optimales proches de Pareto. Cette approche compare les écarts relatifs par rapport aux solutions optimales pouvant être obtenues séparément en résolvant les problèmes d'optimisation pour chaque objectif séparément, c'est-à-dire en résolvant le problème d'optimisation avec toutes les contraintes de l'équation (14) et l'équation (15) séparément pour identifier le meilleur coût possible (coût le plus bas) et la meilleure fiabilité possible (fiabilité la plus élevée). Une fois que nous avons obtenu les meilleures valeurs possibles, les deux modèles séparés sont combinés en un MOMIP avec trois variables supplémentaires et deux contraintes supplémentaires. La formulation principale suivante est développée à cet effet:

4.2.2 MOMIP déterministe pour le modèle de base

$$\min Q \tag{18}$$

Sous réserve d'équations (3) - (9), (12), (13), (16), (17)

$$\frac{X_R R K BR}{BR} \leq Q \tag{19}$$

$$\frac{X_C C S BC}{\text{avant JC}} \leq Q \tag{20}$$

où Q est une variable équilibrant les deux objectifs, $Q \geq 0$. Nous utilisons un min - approche max qui minimise les écarts maximaux par rapport aux valeurs des deux fonctions objectives lorsque (14) et (15) sont optimisés isolément, en fonction de l'ensemble de poids donné pour le coût et la fiabilité, (ω_C, ω_R). Notez que les équations de contraintes (dix) et (11) sont remplacés par les équations (16), (17) en raison du passage d'une approche stochastique à une approche déterministe. De plus, nous avons deux variables de décision supplémentaires et quatre paramètres supplémentaires comme suit.

4.2.3 Variables de décision supplémentaires CS

	$\frac{X_R R K BR}{BR} \leq Q$	$\frac{X_C C S BC}{\text{avant JC}} \leq Q$
RK	valeur totale de la fonction de coût, c.-à-d. CS $\frac{1}{2}$ P	valeur totale de la fonction de fiabilité, c.-à-d. RK $\frac{1}{2}$ P

4.2.4 Paramètres supplémentaires

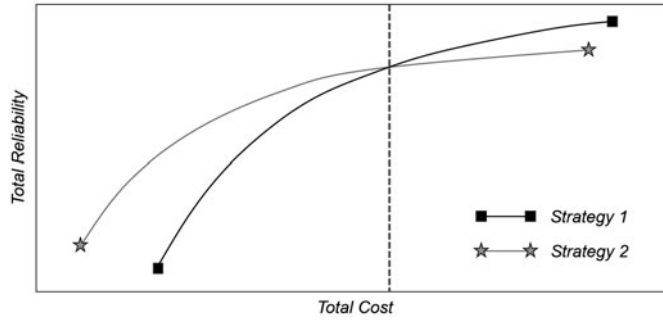
- ω_C poids pour le coût
- ω_R poids pour la fiabilité
- avant JC coût atteint lorsque la fonction d'objectif de coût (équation (14)) est optimisé de manière isolée
- BR fiabilité obtenue lorsque la fonction objectif de fiabilité (équation (15)) est optimisé de manière isolée

Notez que les pondérations projettent l'attitude au risque d'une entreprise focale ' s focus; le plus élevé (inférieur) ω_C est comparé à ω_R , plus l'entreprise est axée sur les coûts (fiabilité). Nous effectuons l'analyse de Pareto en modifiant ces poids.

4.3 Modèles de sélection de stratégie unique

Nous nous attendons à ce que l'analyse de Pareto puisse aboutir à une courbe de forme croissante monotone, c'est-à-dire que la fiabilité totale augmente en coût total. En d'autres termes, comme $X_R - X_C$ augmente les courbes de la figure 2 passerait du coin inférieur gauche au coin supérieur droit. Cependant, chaque stratégie a son propre jeu de paramètres, ce qui implique que chaque stratégie ' s avant JC et BR sera différent. Ainsi, en comparant le Q les valeurs des stratégies pour une certaine combinaison de poids, ω_C et ω_R , n'est pas vraiment très significatif. Ainsi, estimer séparément les courbes coût / fiabilité des stratégies fi Tout d'abord, puis en les comparant à un certain coût total ou à un certain niveau de fiabilité totale, on obtient des résultats plus significatifs.

Comme le montre la figure 2 , à un niveau de coût total donné, la courbe grise montre de meilleures performances par rapport au noir courbe sur le côté gauche de la ligne de rentabilité (la ligne pointillée verticale), tandis que la courbe noire fonctionne mieux sur 3644



différentes.

Tableau 3. Modifications pour la sélection de la seule stratégie.

Stratégie d'atténuation	Variables de décision (Original → Modifié)	Paramètres (Original → Modifié)	Modi fi et / ou contraintes supplémentaires (Original → Modifié)
ARS	$X_{i1} X_{ARS}$ Oui et Oui _{ARS} je et je _{ARS}	$S_{it} S_{ARS}$ $O_{it} O_{ARS}$	$RK! RK_{ARS}$ $CS! CS_{ARS}$ P je z je ¼ NI! P je z _{ARS} ¼ N _{ARS} ; où N _{ARS} [N Contrainte supplémentaire: z _{ARS} je z je
HFS	$X_{i1} X_{HFS}$ Oui et Oui _{HFS} je et je _{HFS}	$S_{it} S_{HFS}$ $O_{it} O_{HFS}$	$RK! RK_{HFS}$ $CS! CS_{HFS}$ Contrainte supplémentaire: P je une je z je je une je z je
IC	$X_{i1} X_{IC}$ Oui et Oui _{IC} je et je _{IC}	$S_{it} S_{IC}$ $O_{it} O_{IC}$	$RK! RK_{IC}$ $CS! CS_{IC}$ California F! California _{IC} Contrainte supplémentaire: z _{IC} je ¼ z je
IV	$X_{i1} X_{IV}$ Oui et Oui _{IV} je et je _{IV}	$S_{it} S_{IV}$ $O_{it} O_{IV}$	$RK! RK_{IV}$ $CS! CS_{IV}$ IU! UI _{IV} Contrainte supplémentaire: z_{IV} je ¼ z je}

Modi fi fonction d'objectif de coût ed min P

supplémentaires sont nécessaires. Le modi fi les cations et les ajouts sont résumés dans le tableau 3. Figure 2. Représentation de la comparaison prévue entre deux stratégies avant JC et BR correspondent aux meilleurs coûts et fiabilité possibles lorsque le problème de stratégie k est résolu de manière isolée sur la base des fonctions d'objectif de coût et de fiabilité, respectivement.

le côté droit, car un niveau de fiabilité plus élevé peut être atteint avec le même coût. Chaque stratégie ' La courbe s (stratégie de la sole) peut être dessinée séparément en utilisant les modèles suivants.

Sur la base du (des) fournisseur (s) sélectionné (s) dans le MOMIP de base, soit z_j s deviennent des paramètres dans la sélection de la stratégie, nous modifions l'équation (1) - (20) avec plusieurs variables et paramètres de décision supplémentaires et contraintes associées. Scénario k désigne la stratégie, c'est-à-dire j 2 f ARS, HFS, IC, IV g.

4.3.1 MOMIP déterministe pour chaque stratégie k

$$\min Q_j \tag{21}$$

Sous réserve d'équations (3) - (9), (12), (13), (16), (17), (19) et (20) avec l'ajout d'exposant k sur toutes les variables de décision et certains paramètres focaux de l'entreprise.

De plus, l'objectif fonctionne Equations (14) et (15) et leurs valeurs de fonction objective à une solution optimale avant JC et BR doit être recalculé en fonction de l'ensemble révisé de paramètres de stratégie k. Pour résoudre MOMIP pour chaque stratégie, plusieurs contraintes

4.3.2 Modèles de sélection simultanée de stratégies

En utilisant les stratégies individuelles susmentionnées, nous de fi ne quatre combinaisons différentes de stratégies en amont et en aval: ARS + IC, ARS + IV, HFS + IC et HFS + IV. Bien qu'il puisse y avoir d'autres combinaisons telles que IC + IV, ARS + HFS, ARS + HFS + IC + IV, en pratique, nous nous concentrons sur la fi quatre premières combinaisons pour simplifier le modèle. Similaire à la sélection de stratégie unique, les modèles sont modi fi ed basé sur le MOMIP du modèle de base. Chaque modèle reprend la stratégie en amont ' s contraintes liées aux fournisseurs tout en adoptant la stratégie aval ' s modi fi paramètres ed. Par exemple, la combinaison ARS + IC peut avoir ARS ' s modi fi et des contraintes supplémentaires plutôt que d'avoir IC ' s contrainte supplémentaire comme indiqué dans le tableau 3 , c'est à dire P

combinaison appliquera le modi fi société focale ed ' capacité s, ie Californie ARS p IC $\frac{1}{4}$ N ARS $\frac{1}{4}$ N ARS p IC et z ARS p IC z_{je} . Cependant, ce société focale ' s capacité de production. De plus, les coûts d'investissement sont les mêmes que les stratégies en aval ' les coûts d'investissement, c'est-à-dire EST ARS p IC $\frac{1}{4}$ EST ic car les coûts d'investissement pour l'ARS sont comptabilisés par fi coûts xes dans l'équation (20), et il n'y a pas de coûts d'investissement supplémentaires autres que fi coûts fixes de la sélection.

5. Expériences et résultats numériques

Le modèle de base, le modèle de sélection de stratégie unique et le modèle de sélection simultanée de stratégies sont initialement résolus avec MOMIP déterministe en utilisant les demandes attendues sur l'horizon de planification. Ensuite, les opérations de la chaîne d'approvisionnement sont simulées à plusieurs reprises sur la base des solutions initiales, chacune avec un échantillon de demandes Monte Carlo donné. Dans chaque simulation, une série de problèmes de planification sont résolus dans le cadre du schéma d'horizon de planification moyennant le rapport de la demande. 3646

Étape 0: Exécutez la base déterministe MOMIP avec un état donné (basé sur la demande prévue) pour obtenir la décision d'approvisionnement X_t pour la période t (à $t = 1$).

Étape 1: Exécutez la simulation d'événements discrets avec les résultats de la demande (demande réalisée à partir de l'échantillonnage de Monte Carlo) pour la période t , ie réviser O_{jt} , S_{jt} , O_{jt} et je_t . Notez que les résultats de la demande sont enregistrés pour les étapes futures. **Étape 2:** mettre à jour et enregistrer je_t à la fin de la période de planification t et paramétrer z_{je} ' s, ie ensemble z_{je} $\frac{1}{4}$ z_{je} .

Étape 3: définir $t = t + 1$ et passez à l'étape 0 jusqu'à $t = T$.

Étape 4: définir $t = 1$ et initialiser z_{je} $\frac{1}{4}$ z_{je} .

Étape 5: Exécutez séparément les modèles déterministes MOMIP (y compris quatre stratégies uniques et quatre sélections simultanées de stratégies) avec un état conforme à la fi résultats de Yildiz et al. (2015). Figure 3a représente le résultat moyen des 100 ensembles de demandes différents, et la figure 3b est l'allocation donnée (en fonction de la demande prévue enregistrée à l'étape 1) pour obtenir la décision d'approvisionnement X_t pour la période t .

Étape 6: Exécutez séparément les simulations d'événements discrets pour les huit modèles avec des résultats de demande (enregistrés à l'étape

1) pour la période t , ie réviser O_{jt} t ; S_{jt} ; O_{jt} ; et je_t t .

Étape 7: mettre à jour et enregistrer je_t t en fin de période t et paramétrer z_{je} ' s, ie fi X_t z_{je} $\frac{1}{4}$ z_{je} .

Étape 8: définir $t = t + 1$ et passez à l'étape 5 jusqu'à $t = T$.

En répétant la procédure ci-dessus, un sur fi nombre de fois, 2 nous estimons la performance de chaque stratégie d'atténuation individuelle ainsi que de chaque stratégie combinée. Nous exécutons les modèles avec l'ensemble des paramètres d'entrée utilisés dans Kull et Talluri (2008), y compris les informations relatives aux fournisseurs, à l'entreprise focale et à la demande des clients. Pour le coût d'investissement

Table 5 Les résultats nous l'approche de capacité employée dans Talluri et al. (2010), dans lequel les données du United States Census Bureau et de CAPS Research (un centre de recherche mondial pour la gestion stratégique de l'offre) sont résumées par code SCIAN pour utiliser une gamme de coûts typiques par rapport à la valeur de la capacité totale. Les coûts d'investissement sont calculés à l'aide d'estimations des coûts annuels industriels. Celles-ci Les chiffres sont ensuite mis à l'échelle à la taille de notre société simulée. Pour plus de détails, nous renvoyons le lecteur à Talluri et al. (2013). Table 4 indique tous les paramètres utilisés dans l'analyse avec les sources et hypothèses correspondantes.

Nous générons 100 ensembles de données de demande synthétiques normalement distribuées en appliquant l'approche d'échantillonnage de Monte Carlo. Similaire à Toktay et Wein (2001) et Dobos et Richter (2004), nous supposons une demande stationnaire ré: sur l'horizon de planification (52 semaines), soit $\theta_1 = \theta_2 = \dots = \theta_{52}$ avec $\mu = 2\,000\,000/52$ et $r_{2,ns} \frac{1}{4} 0: 21$ ré. Sur la base des données de demande synthétiques et du modèle de simulation, nous exécutons initialement le modèle de base MOMIP (modèle de référence).

Prendre en compte une variété de compromis coût / fiabilité de la part de l'entreprise focale ' s point de vue, nous exécutons le modèle sur différents ensembles de poids

Paramètres d'entrée.

Paramètres	Paramètres du fournisseur		
	Fournisseur A	Fournisseur B	Fournisseur C
Capacité hebdomadaire Californie _{je} Ⓛ		2 000 000/52	
Quantité minimum d'achat MI _{je} ré Ⓛ		40 000/52	
Coûts fixes F _{je} Ⓛ Ⓛ		2 000 \$	
Prix unitaire c _{je} Ⓛ Ⓛ	0,3925 \$	0,3850 USD	0,3850 USD
La flexibilité une _{je} Ⓛ Ⓛ	0,63	0,11	0,26
Fiabilité une r _{je} Ⓛ Ⓛ	0,36	0,33	0,31

Paramètres	Paramètres d'entreprise focaux			
	ARS	HFS	IC	IV
Coût d'investissement _s	n / a	n / a	EST ic ¼ 4052: 50	EST iv ¼ 973: 08
Coût de pénalité unitaire _e p Ⓛ Ⓛ		p ¼ c _{in}	1: 5 1: 5	
Coût de détention des stocks unitaires _h h Ⓛ Ⓛ		h ¼ c _{je}	0: 2	
Coût de livraison unitaire _l l Ⓛ Ⓛ		l ¼ c _{je}	1: 5 0: 18	
Capacité de charge de l'inventaire _r		UI = 2 000 000/52 IL = UI × 0,2		UI iv ¼ UI 120% IL = UI × 0,2
Capacité hebdomadaire	Californie _r = 2 000 000/52		Californie _r Californie _r 120%	Californie _r ¼ 2; 000; 000 = 52

Ⓛ Nous supposons que l'entreprise focale 's la fiabilité est égale à la fiabilité moyenne des fournisseurs, c'est-à-dire r F ¼ r je. —

Ⓛ Talluri et coll. (2013).

Ⓛ Nous supposons que le coût du matériel est de 60 - 65% du coût de fi produits finis; le coût de la pénalité est de 150% de la recette unitaire (recette unitaire = 150% × coût unitaire).

Ⓛ Le coût de détention des stocks est calculé en fonction de la valeur de la matière première.

Ⓛ <http://www.smartgrowthamerica.org/complete-streets/complete-streets-fundamentals/factsheets/transportation-costs> .

Ⓛ Nous supposons que la capacité maximale initiale est la quantité de production hebdomadaire et que la capacité minimale est la quantité de production d'un jour en supposant que le nombre de jours de fonctionnement par semaine est fi cinq jours.

Tableau 5. Ensembles de poids.

	Coût seulement	Ensemble 1	Ensemble 2	Ensemble 3	Ensemble 4	Ensemble 5	Jeu 6	Jeu 7	Jeu 8	Jeu 9	Rel. Seulement
ω _c	1,0	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3	0,2	0,1	0,0
ω _r	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0

Lorsque nous comparons les ' coût seulement ' et ' Ensemble 1 ' solutions en figure 3a , on note qu'une forte amélioration de la fiabilité

est obtenu avec une augmentation relativement faible du coût total. Cependant, lorsque nous examinons les autres solutions suivantes dans le même graphique (Ensemble 2, Ensemble 3, ... Rel. seulement nous fi et que les gains de fiabilité diminuent à mesure que la fiabilité est davantage accentuée et que le coût est moins accentué (la pente de la courbe diminue lorsque ω_c / ω_r diminue). Figure 3b présente les fournisseurs sélectionnés et le montant provenant d'eux sur l'horizon de planification pour trois ensembles différents d'ensembles de pondérations de coût et de fiabilité pour le modèle de base. Ces ensembles comprennent l'ensemble 1 (en bleu), qui met l'accent sur le coût, l'ensemble 5 (en noir), qui est neutre en mettant l'accent sur le coût et la fiabilité et l'ensemble 9 (en rouge), qui met l'accent sur la fiabilité. Ce graphique et d'autres graphiques similaires (Figures 4c - 4f , 5c , 5j , 6c , 6j , 7c , 7j) sont appelés ' sélection et attribution des fournisseurs ' graphiques dans le reste de l'article. Ce graphique montre que le modèle de base est contraint par un fournisseur unique (seul le fournisseur A est sélectionné sur différents ensembles de pondérations, et rien ne provient des deux autres fournisseurs), ce qui signifie que ce modèle réduit le risque (augmente la fiabilité) uniquement en modifiant le le montant de l'approvisionnement, le montant de la livraison au client et le niveau de stock. La prochaine série de fi gures montre les effets des stratégies individuelles.

Avec l'ensemble de paramètres et les données de demande synthétiques utilisées, les stratégies d'atténuation des risques en amont (ARS et HFS) ne semblent pas entraîner beaucoup d'amélioration par rapport aux résultats de référence lorsqu'aucune stratégie d'atténuation n'est utilisée (Figure 4a), tandis que les stratégies d'atténuation des risques en aval (IC et IV) améliorent l'entreprise focale ' s performances en termes d'objectifs de coût et de fiabilité (Figure 4b). Speci fi En règle générale, lorsque l'ARS est utilisé, une disponibilité accrue de l'approvisionnement à partir d'un double approvisionnement des fournisseurs A et B ne signifie pas fi augmenter la société focale ' performance de s, comme le montre la figure 4a , parce que le montant de l'approvisionnement est limité par l'entreprise focale ' s capacité de fabrication. Comme le montre la figure 4c , l'entreprise focale s'approvisionne plus (que sa capacité de fabrication) auprès des fournisseurs sélectionnés au cours des périodes précédentes (semaines 1 et

2) parce que sa capacité de stockage peut accueillir ces montants supplémentaires au cours de ces premières périodes. Cependant, une fois le tableau 4.

la capacité de stockage des stocks est pleinement utilisée, l'effet de l'augmentation de la disponibilité d'approvisionnement disparaît. Dans le cas de HFS, on note que la figure 4e est presque identique au graphique d'allocation des commandes du modèle de référence de la figure 3b. Comme le montre clairement la figure 4a, HFS ne signifie pas modifier la courbe de performance par rapport au modèle de référence. La seule différence significative est indiquée dans la solution d'ensemble de pondérations au coût uniquement (point extrême gauche des courbes). Cela se produit parce que dans le modèle de référence, la société focale ne sélectionne pas le fournisseur A, car il est plus cher que les deux autres fournisseurs. Cependant, la stratégie HFS oblige l'entreprise focale à sélectionner le fournisseur A, ce qui crée la différence que nous observons.

En chiffres 4b, on peut d'abord confirmer notre première conjecture que la meilleure stratégie peut varier en fonction de l'entreprise focale : l'accent mis sur le coût par rapport à la fiabilité, c'est-à-dire une entreprise axée sur les coûts par rapport à une entreprise axée sur la fiabilité. L'IC est une meilleure stratégie lorsque l'entreprise focale se concentre sur les coûts. Cependant, IV devient la meilleure stratégie lorsque l'entreprise focale se concentre sur la fiabilité. Cette différence peut s'expliquer par la faible capacité de production de l'entreprise focale. L'augmentation de la capacité de fabrication (IC) permet à l'entreprise focale de réduire les ventes perdues et d'augmenter la satisfaction de la demande. Comme le montre la figure 4j, IC permet à l'entreprise focale de se procurer une plus grande quantité auprès du fournisseur sélectionné (fournisseur A) au cours des périodes de planification par rapport au modèle de référence des ensembles 1 et 5 (courbes bleues et noires, respectivement). Cela peut réduire les coûts totaux et augmenter simultanément la fiabilité lorsque l'entreprise focale ne se concentre pas sur la fiabilité. Cependant, cet effet positif est atténué au fur et à mesure que l'entreprise se concentre davantage sur la fiabilité, puisque l'entreprise focale se procurera une plus grande quantité et livrera une plus grande quantité sous cette attitude, même dans le cas de base (de référence). Comme le montre la figure 4j, la courbe de l'ensemble 9 (courbe rouge) est presque identique à la courbe de la figure 3b. Ce comportement dans le modèle de référence peut être renforcé avec IV de sorte que les performances peuvent être augmentées pour une entreprise hautement axée sur la fiabilité. Comme le montre la figure 4f, les allocations sous IV sont similaires à celles du modèle de référence, comme le montre la figure 3b. Cependant, l'augmentation de la capacité d'inventaire permet à l'entreprise focale de transporter plus d'inventaire afin que la courbe de performance puisse être améliorée, tout en conservant la forme générale de la courbe de performance.

En termes de stratégies combinées ou individuelles, figure 5a montre que la stratégie combinée (ARS + IC) se traduit par des performances supérieures par rapport aux stratégies individuelles (ARS uniquement et IC uniquement). Ce résultat peut être interprété comme un indicateur de l'importance de l'alignement entre les stratégies individuelles dans une stratégie combinée de la manière suivante : Puisque la capacité de l'entreprise focale est serrée (c'est-à-dire que la demande attendue est égale à la capacité), l'augmentation de la capacité (IC) permet à l'entreprise focale de profiter de la disponibilité accrue de l'approvisionnement obtenue grâce au double sourcing (ARS). Figure 5c

montre que l'entreprise focale pourrait vouloir utiliser le fournisseur A (fournisseur fiable) plus que le fournisseur B (fournisseur moins cher) à mesure que l'accent sur la fiabilité augmente. Différente de l'allocation de commande sous ARS uniquement, la société focale utilise toujours le fournisseur A plus que le fournisseur B, c'est-à-dire que le montant de l'approvisionnement du fournisseur A est supérieur à celui du fournisseur B, sur la plupart des périodes lors de l'utilisation de l'ensemble de poids 5 (courbe noire) sous ARS + IC. En chiffres 5b, la stratégie combinée n'entraîne pas une amélioration similaire par rapport aux stratégies uniques car il n'y a pas d'alignement entre ces stratégies : avec l'augmentation de la capacité d'inventaire (IV) et l'augmentation de la disponibilité d'approvisionnement (ARS), bien que l'entreprise focale puisse stocker des stocks supplémentaires, elle ne peut pas augmenter sa livraison de produits finis au même niveau en raison d'une capacité de fabrication limitée, ce qui limite sa capacité à augmenter la fiabilité totale. Comme le montre la figure 5j, on observe que l'allocation sous ARS + IV est similaire à celle sous ARS (Figure 4c). Des résultats similaires sont obtenus dans les figures 6a et 6b, qui montrent que les combinaisons de HFS et de risque en aval

les stratégies d'atténuation (IC ou IV) n'améliorent pas les performances d'atténuation des risques par rapport aux meilleures performances obtenues parmi les seules stratégies. En d'autres termes, la combinaison de HFS et IC ne signifie pas surperformer largement la stratégie IC uniquement (la meilleure stratégie parmi HFS uniquement et IC uniquement). L'augmentation de la capacité focale de l'entreprise (IC) augmente la fiabilité totale en augmentant le montant de livraison au client et en évitant les coûts de pénurie. Pour atteindre cet effet, la société focale doit se procurer des montants redondants auprès du fournisseur sélectionné. Cependant, comme nous l'avons noté dans le graphique de sélection et d'allocation des fournisseurs de la figure 3, Le fournisseur A est déjà sélectionné dans le modèle de référence. Ainsi, HFS peut ne pas améliorer les performances de IC uniquement. Comme on peut s'y attendre, le graphique d'allocation pour HFS + IC illustré dans la figure 6c est le même que le graphique d'allocation d'IC montré dans la figure 4j. IV atténue les risques en augmentant le niveau de capacité de l'inventaire. Ainsi, cette stratégie conduit l'entreprise focale à s'approvisionner auprès du fournisseur pour certaines sommes redondantes. Cependant, pour la même raison (le fournisseur A est sélectionné dans le modèle de référence), HFS ne signifie pas augmenter cantily le ef fi-

capacité de l'utilisation de la perfusion intraveineuse uniquement et allocation de la figure 6j est le même que celui de la figure 4f.

Comme le montrent tous les graphiques d'allocation des commandes, nous observons que le resserrement des capacités (c'est-à-dire que la capacité hebdomadaire est égale à la demande hebdomadaire attendue) joue un rôle critique. L'étanchéité de la capacité augmente l'entreprise focale : l'utilisation de la capacité de fabrication, qui à son tour augmente fortement le fournisseur : l'utilisation de la capacité même lors de l'utilisation de l'ensemble 1, ce qui met l'accent sur le coût plutôt que sur la fiabilité. Par conséquent, nous testons également nos modèles avec une demande plus faible, c'est-à-dire $\mu_D = 1,500,000 / 52 = 75\%$ de l'entreprise focale : l'utilisation de la capacité de fabrication tout en conservant les autres valeurs de paramètres.

Comme on peut s'y attendre, l'effet positif de IC disparaît (voir Figure 7a) dans ce scénario. Comme le montrent les figures 7b et 7c, la capacité de fabrication accrue ne sera pas utilisée si l'accent mis sur la fiabilité n'est pas très élevé de sorte que 3648

fournisseurs sélectionnés (La capacité du fournisseur A de l'ensemble 5 et du fournisseur B de l'ensemble 1) ne sera pas pleinement utilisée. Ainsi, des performances et un comportement d'approvisionnement très similaires sont observés dans les ensembles 1 et 5. Cependant, lorsque l'accent mis sur la fiabilité devient très élevé, la société focale tente d'augmenter la fiabilité totale en envoyant des unités supplémentaires à son client, ce qui augmente l'utilisation du produit sélectionné. fournisseur 's (Fournisseur A) capacité. Ce comportement s'étend à la queue droite de la courbe de performance mais n'améliore pas la société focale 's performances, comme indiqué dans la figure 7a . Cependant, comme nous l'avons observé dans les résultats sous l'ensemble de paramètres initial, IV maintient un comportement d'approvisionnement similaire, c'est-à-dire Figure 7j est similaire

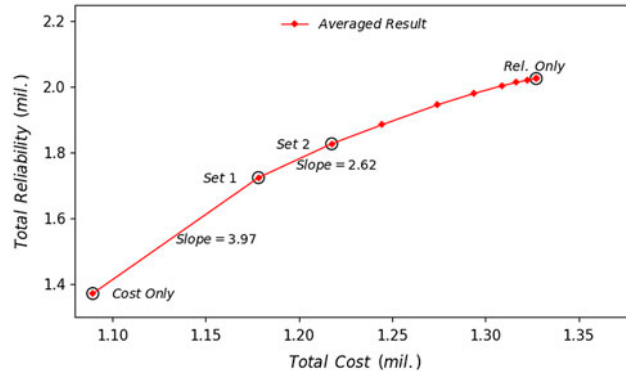


Figure 3a. Résultats moyens de la base MOMIP (référence).

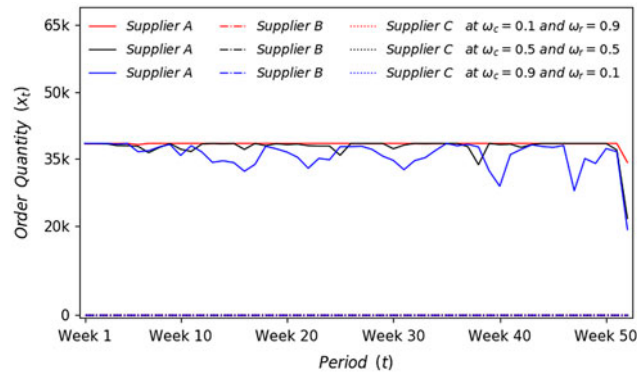


Figure 3b. Sélection des fournisseurs et attribution de la base MOMIP.

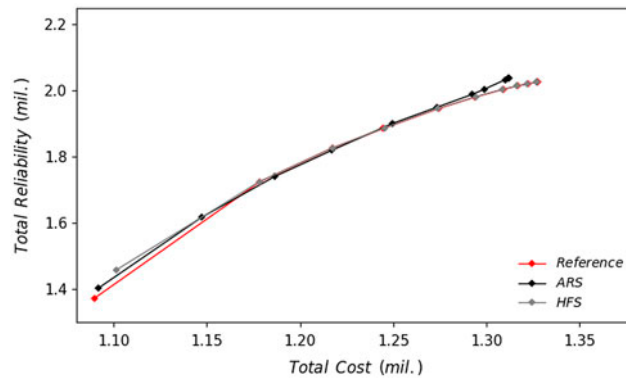


Figure 4a. Performance des atténuations des risques en amont.

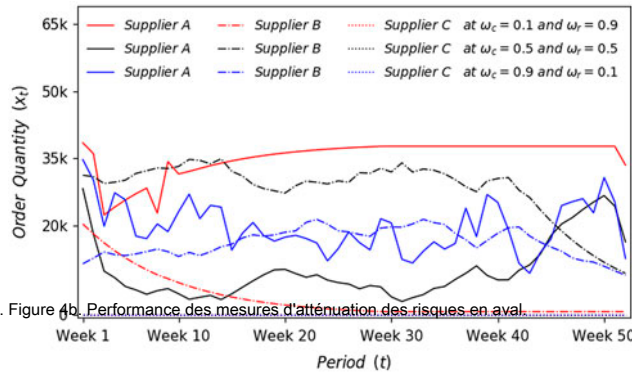
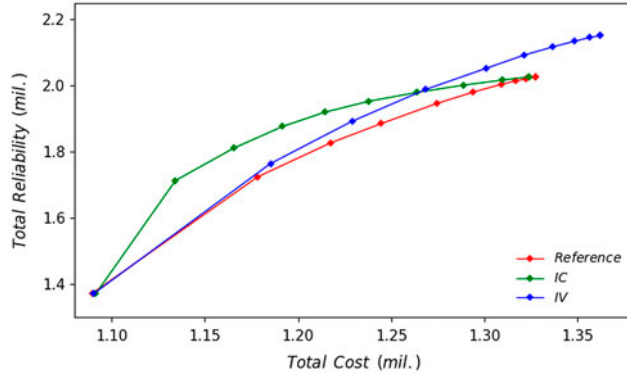


Figure 4b. Performance des mesures d'atténuation des risques en aval.

Figure 4c. Sélection des fournisseurs et attribution de l'ARS.

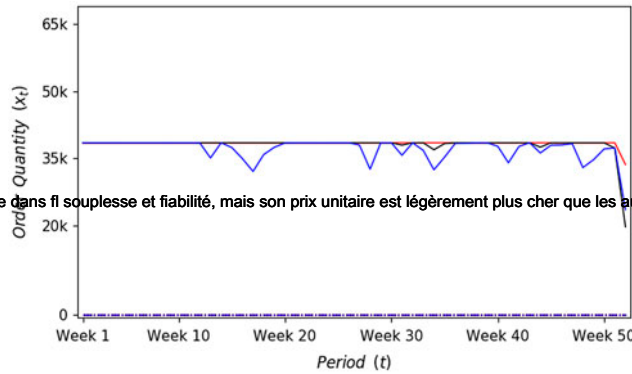
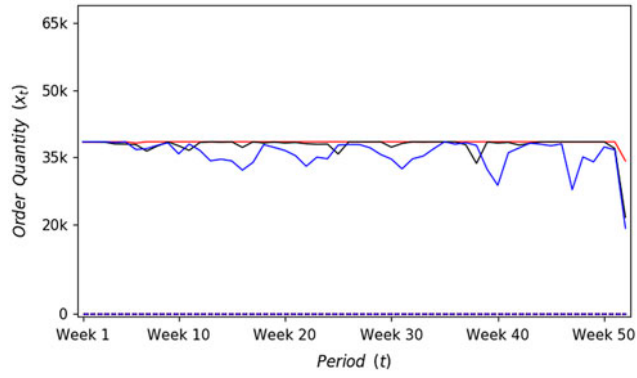


Figure 4d. Sélection des fournisseurs et attribution d'IC. 3650

à la figure 7b, mais améliore l'entreprise focale 's performances sous une demande plus faible. Notamment, ARS, HFS, ARS + IC et HFS + IC n'entraînent pas de signifi amélioration des performances par rapport au modèle de référence, et ARS + IV et HFS + IV ne signifi améliorer la courbe de performance de IV uniquement.

Nous effectuons également une analyse de sensibilité sur certains paramètres clés des fournisseurs (prix unitaire et fiabilité), comme indiqué dans le tableau 6. Dans le jeu de



HFS.

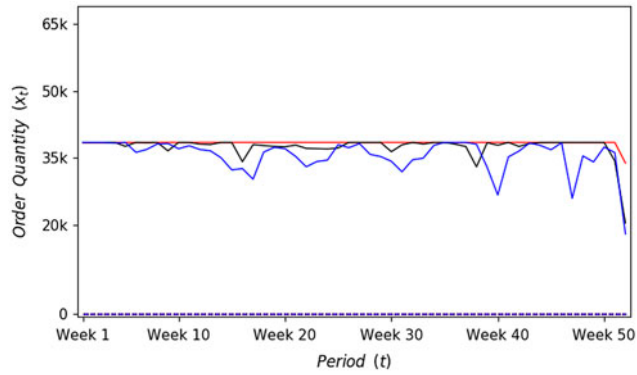


Figure 4f. Sélection des fournisseurs et attribution de IV.

est plus élevé que sur la fiabilité (coût). De plus, la combinaison de l'ARS et de l'IC surpasse les autres stratégies. Figure 4e. Sélection des fournisseurs et attribution de

l'entreprise focale ' les performances, alors que les stratégies en aval fournissent des fi amélioration impossible. IC (M) sera préféré lorsque l'accent mis sur le coût (fiabilité)

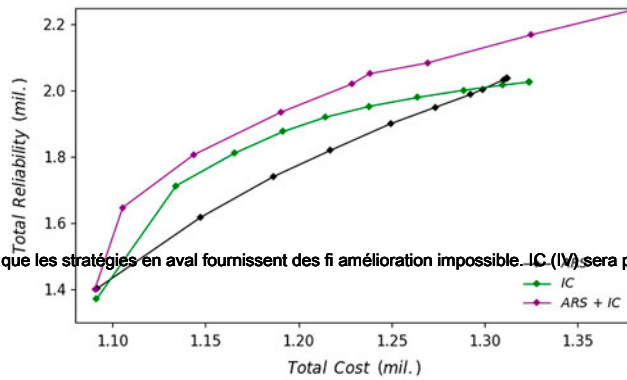
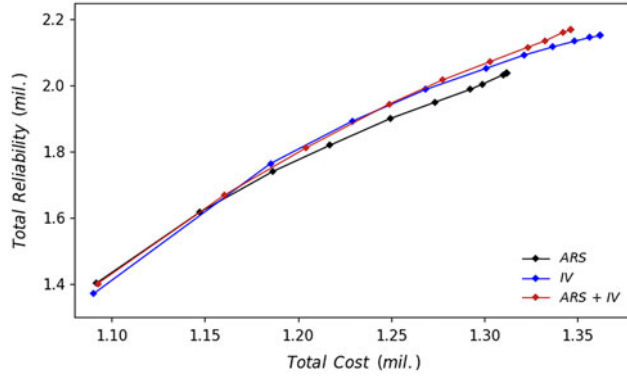


Figure 5a. Performances de l'ARS + IC.

Comme le montrent les figures 8a - 8f, l'efficacité globale de chaque stratégie d'atténuation est maintenue (par rapport à résultats sous le jeu de paramètres d'origine avec une demande plus élevée). Les stratégies en amont, notamment ARS et HFS, n'améliorent pas de manière significative



d'ARS + IV.

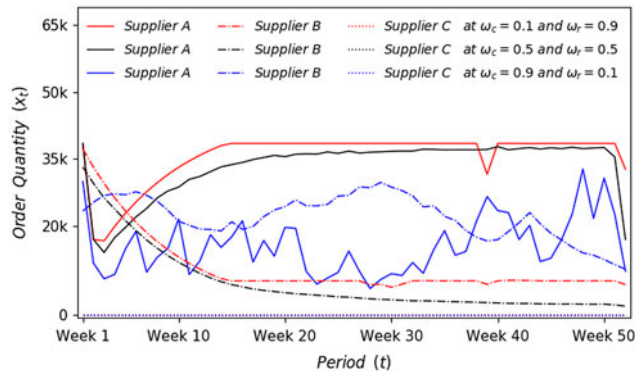
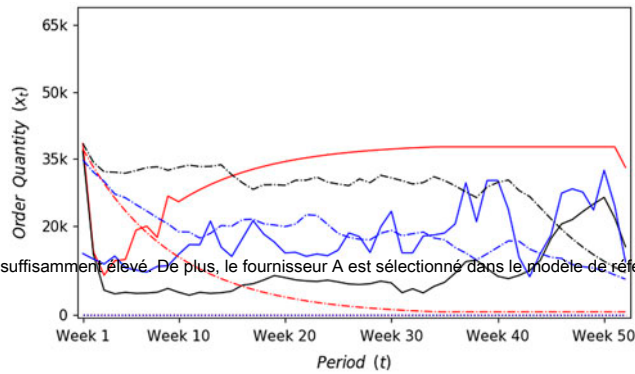


Figure 5c. Sélection des fournisseurs et attribution d'ARS + IC.

élevé, ce qui implique que la courbe de performance du modèle de référence et du HFS converge à mesure que le poids sur la fiabilité augmente. Figure 5b. Performance



lorsque l'accent mis sur la fiabilité n'est pas suffisamment élevé. De plus, le fournisseur A est sélectionné dans le modèle de référence lorsque le poids pour la fiabilité est

Figure 5d. Sélection des fournisseurs et attribution d'ARS + IV. 3652

Fait intéressant, nous remarquons que HFS fait un grand écart par rapport au modèle de référence (Figures 8a, 8e et 8f). Comme montré dans le tableau 6, Fournisseur A (la plupart fl exible fournisseur) est plus cher que les deux autres fournisseurs. Ainsi, HFS n'est pas une stratégie intéressante

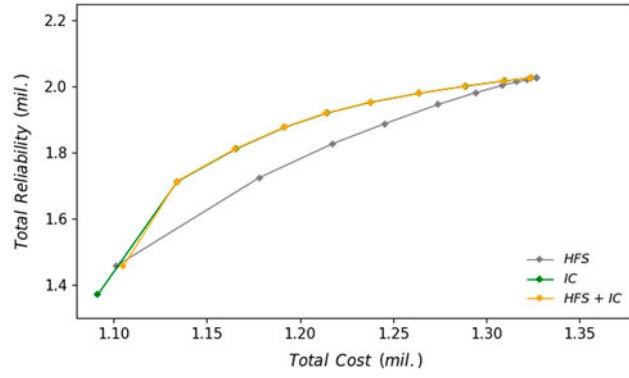
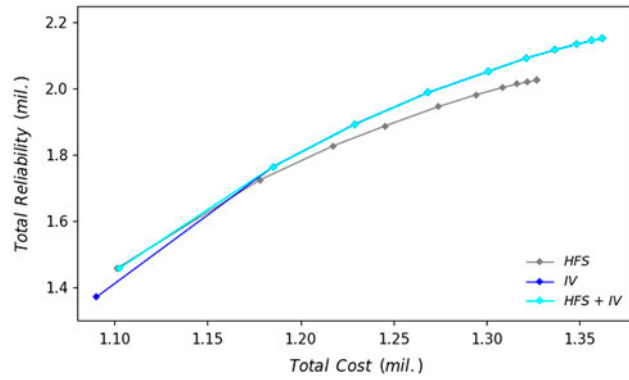


Figure 6a. Performances de HFS + IC.



Performance de HFS + IV.

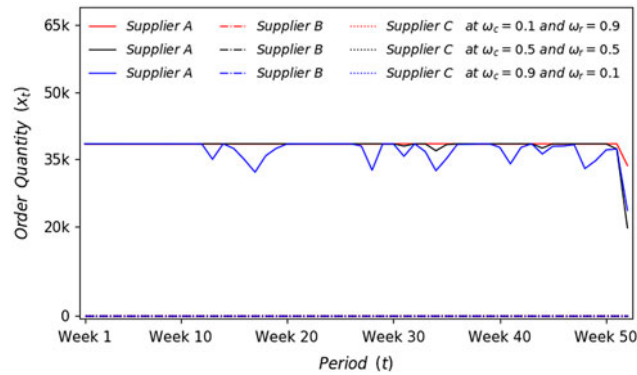


Figure 6c. Sélection des fournisseurs et attribution de HFS + IC. Figure 6b.

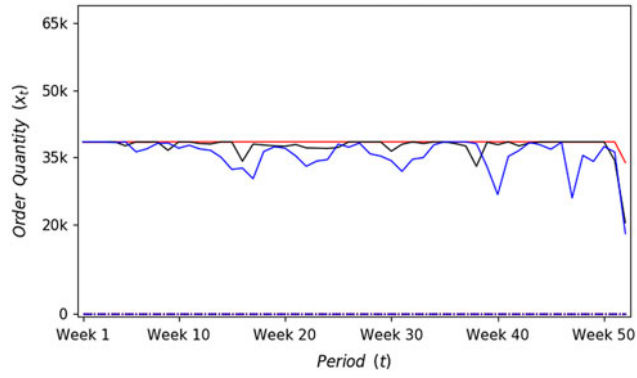


Figure 6d. Sélection des fournisseurs et attribution de HFS + IV.

Performance de référence, IC et IV. 3654

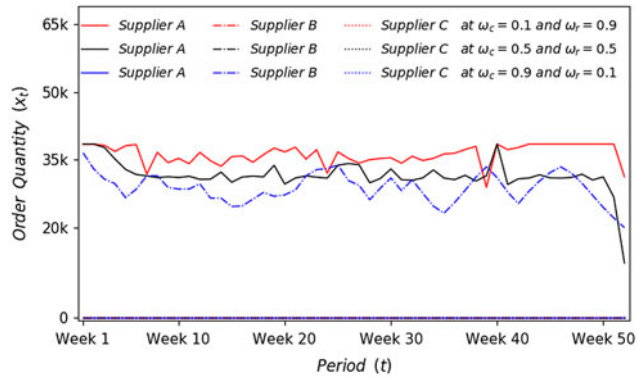
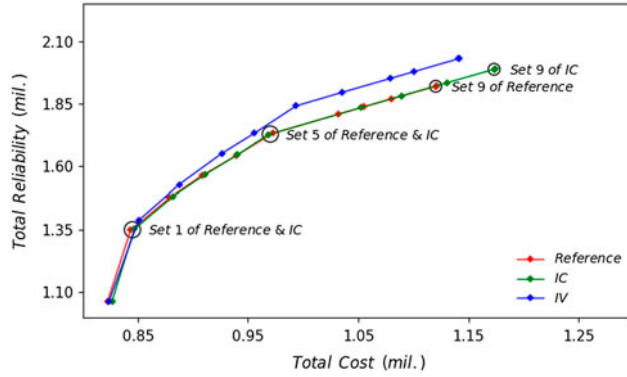


Figure 7b. Sélection du fournisseur et attribution de la référence. Figure 7a.

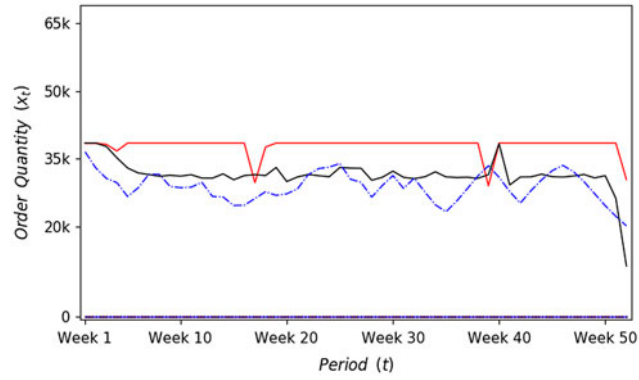


Figure 7c. Sélection des fournisseurs et attribution d'IC.

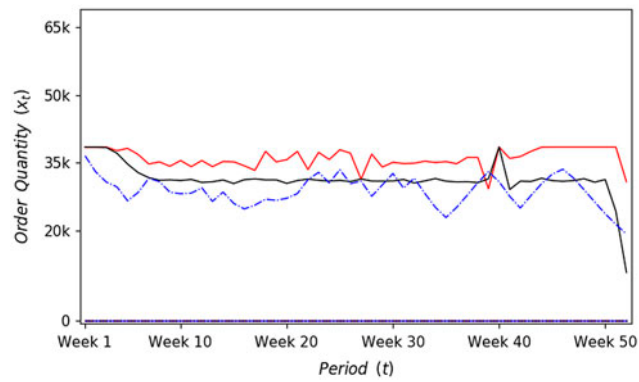


Figure 7d. Sélection des fournisseurs et attribution de IV.

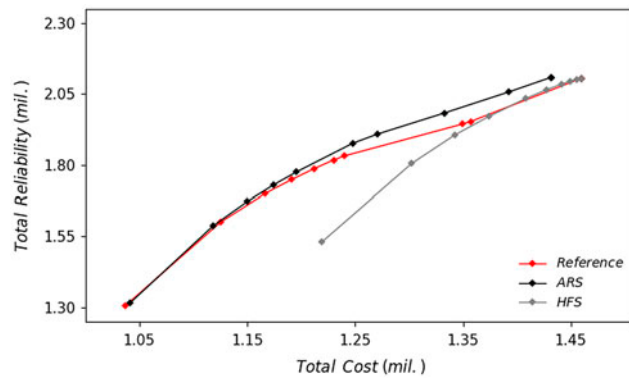


Figure 8a. Performances de référence, ARS et HFS.

Tableau 6. Modi fi paramètres du fournisseur.

Modi fi Paramètres du fournisseur ed (Original → Modi fi ed)			
Prix unitaire c_{je} $\delta \triangleright$	0,3925 \$ → \$ 0,45	0,3850 USD → \$ 0,40	0,3850 USD → \$ 0,35
Fiabilité r_{je} $\delta \triangleright$	0,36 → 0,40	0,33 → 0,325	0,31 → 0,275

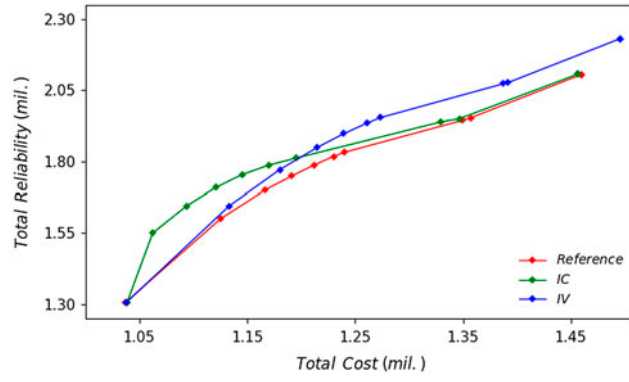


Figure 8b. Performance de référence, IC et IV.

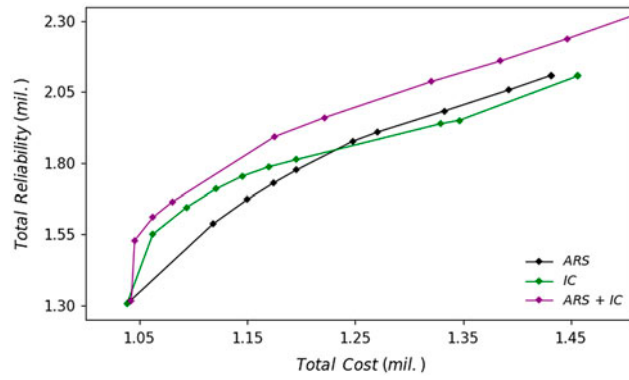


Figure 8c. Performances de l'ARS + IC.

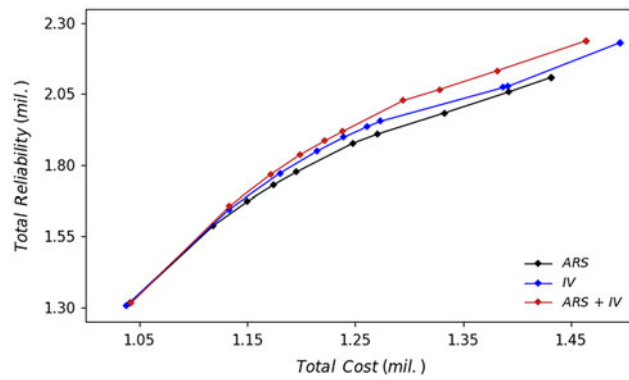
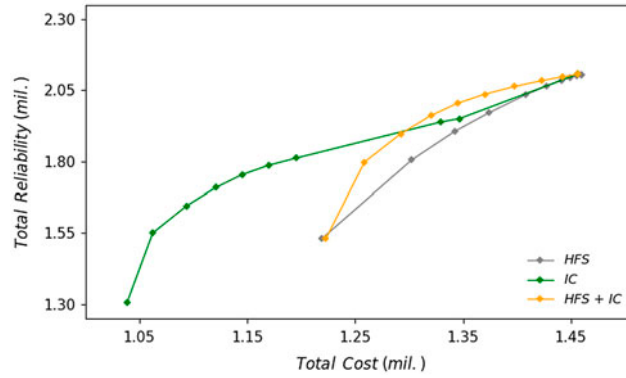
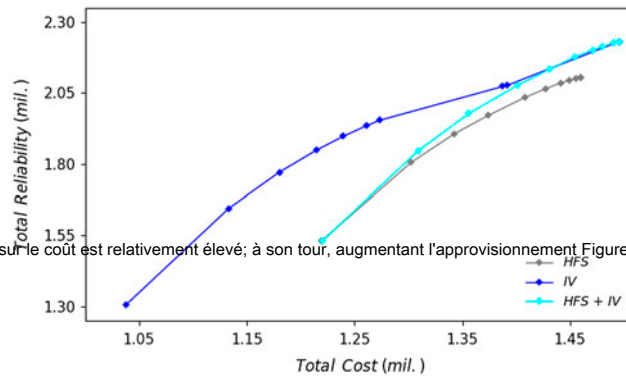


Figure 8d. Performance d'ARS + IV. 3656



capacité de fabrication lorsque l'accent mis sur le coût est relativement élevé; à son tour, augmentant l'approvisionnement Figure 8e. Performances de HFS + IC.



étroite). Notamment, l'efficacité d'IC disparaît lorsque l'entreprise focale ' s la capacité de fabrication est suffisamment élevée, car l'entreprise cible n'utilisera pas pleinement sa Figure 8f. Performance d'ARS + IV.

6. Conclusions et extensions

En utilisant l'optimisation et l'analyse multi-objectifs, nous montrons que différentes stratégies d'atténuation des risques sont mieux adaptées pour lorsque l'accent mis sur le coût est relativement élevé, tandis que IV est préférée lorsque l'accent mis sur la fiabilité est relativement élevée (étant donné que la capacité est fi rms avec des préférences différentes concernant les compromis de coût et de fiabilité, c'est-à-dire se concentrer sur le coût par rapport à la fiabilité. De plus, nous abordons simultanément la question de la sélection des fournisseurs avec la sélection de la stratégie d'atténuation des risques. Nous suggérons que une combinaison de stratégies d'atténuation des risques en amont et en aval devrait être envisagée conjointement avec la sélection des fournisseurs plutôt que de considérer ces décisions séparément et de se concentrer sur l'application d'une seule stratégie. Les résultats montrent que la prise en compte simultanée de stratégies d'atténuation des risques en amont et en aval a le potentiel d'être une stratégie gagnante, car elle améliore les performances des fournisseurs en amont et en aval, ce qui est une plus grande mesure de performance. De plus, ces résultats ce qui signifie que l'alignement entre les stratégies dans une combinaison est essentiel pour une meilleure performance.

De plus, la demande - relation de capacité dans fl réduit l'efficacité des stratégies d'atténuation des risques. Speci fi si la capacité n'est pas serrée, c'est-à-dire l'entreprise focale ' s capacité de fabrication et fournisseurs sélectionnés ' la capacité est suffisamment élevée (par rapport à la demande), la majorité des stratégies uniques ne signifient pas une amélioration de performance. Dans notre cas, IV est la seule stratégie qui peut signifier une amélioration de la performance, ce qui implique que les inventaires peuvent gérer plus efficacement les risques que d'augmenter la disponibilité de l'approvisionnement (ARS), en augmentant l'approvisionnement fl flexibilité (HFS) et / ou augmentation de la capacité de fabrication (IC). Ainsi, on peut s'attendre à ce qu'aucune des combinaisons de ces stratégies individuelles ne signifi surperformer largement IV dans ce cas.

Notre analyse montre qu'une entreprise focale ' s les schémas d'approvisionnement dans le cadre du modèle de référence sont conservés même après l'application de l'IV,

la disponibilité réalisée par l'ARS ne sera pas une stratégie efficace. Ainsi, aucune des combinaisons considérées dans cet article ne signifi- cationnellement améliore grandement l'entreprise focale les performances par rapport aux performances sous IV uniquement lorsque la capacité n'est pas serrée. Par conséquent, nous pouvons conclure que les stratégies d'atténuation des risques deviennent plus efficaces lorsque le niveau de risque est élevé,

c'est-à-dire l'entreprise focale ' La capacité de s est serrée. Ce fi nding est similaire à un traitement approprié devenant efficace sur les patients qui présentent un certain symptôme. Tout comme la possibilité d'options de traitement simultanées est plus efficace pour les patients, le potentiel de stratégies combinées bien alignées peut également être utilisé pour atténuer les risques lors de la sélection des fournisseurs. Comme nous l'avons vu dans la section 5 , les stratégies en amont ne sont pas à elles seules des options intéressantes. La préférence concernant les stratégies en aval dépend de l'entreprise ' s attitude (axée sur les coûts ou axée sur la fiabilité), c'est-à-dire que l'IC est préféré par les entreprises axées sur les coûts, tandis que IV est préféré par les entreprises axées sur la fiabilité à des niveaux de risque élevés. Semblable à l'inexistence d'une panacée, il n'y a pas de taille unique. fi stratégie ts-all pour l'atténuation des risques. Cependant, des combinaisons bien alignées peuvent créer des synergies qui surclassent les stratégies des seules. Ainsi, on peut supposer que les stratégies en aval pourraient être des fondations (traitements traditionnels) et que les stratégies en amont pourraient être des éditions (traitements adjuvants), c'est-à-dire que l'ARS + IC devient la meilleure stratégie combinée à faible capacité avec une demande stable.

Il y a plusieurs limites à notre étude. Premièrement, nous ne considérons que quatre stratégies différentes d'atténuation des risques, dont deux en amont et deux en aval, en raison des limites de l'espace. Cependant, il existe d'autres stratégies d'atténuation des risques développées dans la littérature. Par conséquent, **une extension de cette étude pourrait examiner des stratégies combinées plus efficaces en considérant des combinaisons d'autres stratégies d'atténuation.** Speci fi En fait, notre modèle aborde l'incertitude de la demande comme le seul risque en aval. Cependant, en incluant plusieurs clients (plutôt qu'un seul client), le modèle peut **re fi ect un environnement plus réaliste pouvant intégrer la fiabilité du client, ce qui nous permet de tester d'autres stratégies en aval telles que avoir plus de comptes clients, comme suggéré par Chopra et Sodhi (2004).** Deuxièmement, nous ne considérons que les combinaisons composées d'une stratégie d'atténuation en amont et en aval pour plus de simplicité. Cependant, plusieurs stratégies en amont et en aval peuvent également être combinées (comme ARS + IC + IV), comme de nombreuses entreprises l'emploient dans la pratique. Enfin, bien que nous considérions une demande stationnaire sur un horizon temporel de 52 semaines, l'application du modèle avec divers modèles de demande tels que la demande saisonnière et la demande en U inversé (cycle de vie du produit) fournira aux **décideurs une analyse plus sophistiquée qui fi ts diverses situations.**

Déclaration de divulgation

Aucun con potentiel fi Les auteurs ont signalé un rapport d'intérêt.

Remarques

1. Facteurs de risque: facteurs, y compris les événements et les conditions qui pourraient augmenter le niveau de risque dans une chaîne d'approvisionnement (Jüttner, Peck et Christopher 2003 ; Chopra et Sodhi 2004).
2. Pour déterminer le nombre de réplifications, nous utilisons une approche graphique simple suggérée par Robinson (2014). À mesure que davantage de répétitions sont effectuées, la moyenne cumulative de la production devrait montrer une variabilité minimale et il ne devrait y avoir aucune tendance à la hausse ou à la baisse. Nos résultats montrent qu'après la 20e réplification, les moyennes cumulées sont très stables.

Références

- Amid, A., S. Ghodspour et C. O' Brien. 2011 . " Un Max pondéré - Modèle minimal pour la sélection de fournisseurs multi-objectifs floue dans un Chaîne d'approvisionnement. " *Journal international d'économie de la production* 131 (1): 139 - 145.
- Aqlan, F. et SS Lam. 2015 . " Un cadre intégré basé sur le flou pour l'évaluation des risques de la chaîne d'approvisionnement. " *Journal international de Économie de la production* 161: 54 - 63.
- Chan, FT et N. Kumar. 2007 . " Développement de fournisseurs mondiaux tenant compte des facteurs de risque à l'aide de Fuzzy Extended AHP Approche. " *Oméga* 35 (4): 417 - 431.
- Chaudhuri, A., BK Mohanty et KN Singh. 2013 . " Évaluation des risques de la chaîne d'approvisionnement lors du développement de nouveaux produits: un groupe Approche décisionnelle utilisant des données numériques et linguistiques. " *Journal international de recherche sur la production* 51 (10): 2790 - 2804.
- Cheaitou, A. et SA Khan. 2015 . " Un modèle intégré de sélection des fournisseurs et de planification des achats utilisant la préconception de produit et critères opérationnels. " *Revue internationale sur la conception et la fabrication interactives (IJDeM)* 9 (3): 213 - 224.
- Chen, P.-S. et M.-T. Wu. 2013 . " Un Modi fi e Méthode d'analyse des modes de défaillance et des effets des problèmes de sélection des fournisseurs Environnement de risque de la chaîne d'approvisionnement: une étude de cas. " *Informatique et génie industriel* 66 (4): 634 - 642.
- Choi, TY et DR Krause. 2006 . " La base d'approvisionnement et sa complexité: implications pour les coûts de transaction, les risques, ness, et innovation. " *Journal de gestion des opérations* 24 (5): 637 - 652.
- Chopra, S. et MS Sodhi. 2004 . " Gérer les risques pour éviter la rupture de la chaîne d'approvisionnement. " *Examen de la gestion du MIT Sloan* 46 (1): 53. 3658

- Chopra, S. et MS Sodhi. 2014 . " Réduire le risque de perturbations de la chaîne d'approvisionnement. " *Examen de la gestion du MIT Sloan* 55 (3): 73. Chopra, S., G. Reinhardt et U. Mohan. 2007 . " L'importance de découpler les risques récurrents et de perturbation dans une chaîne d'approvisionnement. " *Logistique de recherche navale* 54 (5): 544 - 555.
- Colicchia, C. et F. Strozzi. 2012 . " Gestion des risques liés à la chaîne d'approvisionnement: une nouvelle méthodologie pour une revue systématique de la littérature. " *Super-Gestion de la chaîne ply: une revue internationale* 17 (4): 403 - 418.
- Dey, PK, A. Bhattacharya et W. Ho. 2015 . " Évaluation stratégique de la performance des fournisseurs: une recherche-action basée sur des cas d'un Royaume-Uni Organisation de fabrication. " *Journal international d'économie de la production* 166: 192 - 214.
- Dobos, I. et K. Richter. 2004 . " Un modèle de production / recyclage étendu avec une demande stationnaire et des taux de retour. " *International Journal of Production Economics* 90 (3): 311 - 323.
- Fahminia, B., CS Tang, H. Davarzani et J. Sarkis. 2015 . " Modèles quantitatifs de gestion des risques liés à la chaîne d'approvisionnement: un examen. " *Journal européen de recherche opérationnelle* 247 (1): 1 - 15.
- Fang, C., X. Liao et M. Xie. 2016 . " Une approche hybride tenant compte des risques pour la sélection du portefeuille de fournisseurs. " *International Journal de recherche sur la production* 54 (7): 2019 - 2034.
- Ghodsypour, SH et C. O' Brien. 2001 . " Le coût total de la logistique dans la sélection des fournisseurs, dans des conditions d'approvisionnement multiple, Critères multiples et contrainte de capacité. " *Journal international d'économie de la production* 73 (1): 15 - 27.
- Giunipero, LC et R. Aly Eltantawy. 2004 . " Sécuriser la chaîne d'approvisionnement en amont: une approche de gestion des risques. " *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management* 34 (9): 698 - 713.
- Gof fi n, K., F. Lemke et M. Szejczewski. 2006 . " Une étude exploratoire de ' Fermer ' Fournisseur - Relations avec les fabricants. " *Journal de la gestion des opérations* 24 (2): 189 - 209.
- González, ME, G. Quesada et CA Mora Monge. 2004 . " Déterminer l'importance du processus de sélection des fournisseurs dans l'homme ufacturing: une étude de cas. " *Revue internationale de la distribution physique et de la gestion de la logistique* 34 (6): 492 - 504.
- Hallikas, J., I. Karvonen, U. Pulkkinen, V.-M. Virolainen et M. Tuominen. 2004 . " Processus de gestion des risques dans le réseau des fournisseurs travaux. " *Journal international d'économie de la production* 90 (1): 47 - 58.
- Hallikas, J., K. Puumalainen, T. Vesterinen et V.-M. Virolainen. 2005 . " Classi basé sur les risques fi cation des relations avec les fournisseurs. " *Journal des achats et de la gestion des approvisionnements* 11 (2-3): 72 - 82.
- Hauer, LM 2003 . " Gestion de la chaîne d'approvisionnement ajustée en fonction des risques. " *Revue de la gestion de la chaîne d'approvisionnement* 7 (6): 64 - 71. Heckmann, I., T. Comes et S. Nickel. 2015 . " Un examen critique des risques liés à la chaîne d'approvisionnement - De fi nition, mesure et modélisation. " *Oméga* 52: 119 - 132.
- Hendricks, KB et VR Singhal. 2005 . " Une analyse empirique de l'effet des perturbations de la chaîne d'approvisionnement sur les stocks à long terme Performance des prix et risque sur actions de l'entreprise. " *Gestion de la production et des opérations* 14 (1): 35 - 52.
- Ho, W., T. Zheng, H. Yildiz et S. Talluri. 2015 . " Gestion des risques liés à la chaîne d'approvisionnement: une revue de la littérature. " *Journal international de Recherche de production* 53 (16): 5031 - 5069.
- Jung, JY, G. Blau, JF Pekny, GV Reklaitis et D. Eversdyk. 2004 . " Une approche d'optimisation de l'approvisionnement basée sur la simulation Gestion de la chaîne sous l'incertitude de la demande. " *Informatique et génie chimique* 28 (10): 2087 - 2106.
- Jüttner, U., H. Peck et M. Christopher. 2003 . " Gestion des risques de la chaîne d'approvisionnement: esquisse d'un programme de recherche future. " *International Journal national de la logistique: recherche et applications* 6 (4): 197 - 210.
- Kleindorfer, PR et GH Saad. 2005 . " Gestion des risques de perturbation dans les chaînes d'approvisionnement. " *Gestion de la production et des opérations* 14 (1): 53 - 68.
- Kull, TJ et S. Talluri. 2008 . " Un modèle de réduction du risque d'approvisionnement utilisant la prise de décision multicritère intégrée. " *IEEE Transactions sur la gestion de l'ingénierie* 55 (3): 409 - 419.
- Kumar, M., P. Vrat et R. Shankar. 2006 . " Une approche de programmation floue pour un problème de sélection des fournisseurs dans une chaîne d'approvisionnement. " *Journal international d'économie de la production* 101 (2): 273 - 285.
- Lin, R.-H. 2012 . " Un modèle intégré pour la sélection des fournisseurs dans une situation floue. " *Journal international de production Economiques* 138 (1): 55 - 61.
- Lockamy III, A. et K. McCormack. 2010 . " Analyse des risques dans les réseaux d'approvisionnement pour faciliter les décisions d'externalisation. " *International Journal de recherche sur la production* 48 (2): 593 - 611.
- Meena, P., S. Sarmah et A. Sarkar. 2011 . " Décisions d'approvisionnement en cas de risques de perturbations liées aux événements catastrophiques. " *Transport Recherche Partie E: Examen de la logistique et des transports* 47 (6): 1058 - 1074.
- Miller, KD 1992 . " Un cadre pour la gestion intégrée des risques dans les affaires internationales. " *Journal des affaires internationales Études* 23 (2): 311 - 331.
- Moghaddam, KS 2015 . " Sélection des fournisseurs et répartition des commandes dans les systèmes de chaîne d'approvisionnement en boucle fermée utilisant le Monte Carlo hybride Simulation et programmation d'objectifs. " *Journal international de recherche sur la production* 53 (20): 6320 - 6338.
- Mohammaddust, F., S. Rezapour, RZ Farahani, M. Mo fi dfar et A. Hill. 2017 . " Développer des chaînes d'approvisionnement maigres et réactives: Un modèle robuste pour des stratégies alternatives d'atténuation des risques dans la conception de la chaîne d'approvisionnement. " *Journal international d'économie de la production* 183: 632 - 653.
- Nishat Faisal, M., DK Banwet et R. Shankar. 2006 . " Atténuation des risques liés à la chaîne d'approvisionnement: modélisation des catalyseurs. " *Processus d'affaires Journal de gestion* 12 (4): 535 - 552.
- Önüt, S., SS Kara et E. I ş ik. 2009 . " Sélection de fournisseurs à long terme à l'aide d'une approche combinée Fuzzy MCDM: une étude de cas pour une entreprise de télécommunications. " *Systèmes experts avec applications* 36 (2): 3887 - 3895.

- Rao, S. et TJ Goldsby. 2009 . " Risques liés à la chaîne d'approvisionnement: examen et typologie. " *The International Journal of Logistics Management* 20 (1): 97 - 123.
- Rao, C., X. Xiao, M. Goh, J. Zheng et J. Wen. 2017 . " Conception du mécanisme composé de la sélection des fournisseurs basée sur Hommage aux enchères et gestion des risques de la chaîne d'approvisionnement. " *Informatique et génie industriel* 105: 63 - 75.
- Ravindran, AR, R. Ufuk Bilsel, V. Wadhwa et T. Yang. 2010 . " Modèles de sélection de fournisseurs multicritères ajustés en fonction des risques avec applications. " *Journal international de recherche sur la production* 48 (2): 405 - 424.
- Robinson, S. 2014 . *Simulation: la pratique du développement et de l'utilisation de modèles*. Londres: Palgrave Macmillan. Ruiz-Torres, AJ, F. Mahmoodi et AZ Zeng. 2013 . " Modèle de sélection des fournisseurs avec planification d'urgence pour les défaillances des fournisseurs. " *Informatique et génie industriel* 66 (2): 374 - 382.
- Sarkis, J. et S. Talluri. 2002 . " Un modèle pour la sélection stratégique des fournisseurs. " *Le journal de la gestion de la chaîne d'approvisionnement* 38 (1): 18 - 28. Sawik, T. 2014 . " Sélection conjointe des fournisseurs et planification des commandes des clients en cas de risques de perturbation: sourcing unique ou double. " *Oméga* 43: 83 - 95.
- Schmitt, AJ 2011 . " Stratégies de protection du niveau de service client en cas de risque de perturbation de la chaîne d'approvisionnement multi-échelons. " *Trans-recherche sur la portation Partie B: Méthodologique* 45 (8): 1266 - 1283.
- Scott, JA, W. Ho et PK Dey. 2013 . " Approvisionnement stratégique dans l'industrie britannique de la bioénergie. " *Journal international de production Économie* 146 (2): 478 - 490.
- Scott, J., W. Ho, PK Dey et S. Talluri. 2015 . " Un système d'aide à la décision pour la sélection des fournisseurs et l'attribution des commandes Environnements stochastiques, multi-acteurs et multi-critères. " *Journal international d'économie de la production* 166: 226 - 237.
- Smeltzer, LR et SP Siferd. 1998 . " Gestion proactive des approvisionnements: la gestion des risques. " *Journal international des achats-et gestion des matériaux* 34 (4): 38 - 45.
- Sodhi, MS, BG Son et CS Tang. 2012 . " Des chercheurs ' Perspectives sur la gestion des risques de la chaîne d'approvisionnement. " *Production et Gestion des opérations* 21 (1): 1 - 13.
- Spekman, RE 1988 . " Sélection stratégique des fournisseurs: Comprendre les relations à long terme avec les acheteurs. " *Horizons d'affaires* 31 (4): 75 - 81.
- Talluri, SS, TJ Kull, H. Yildiz et J. Yoon. 2013 . " Évaluation de l'efficacité des stratégies d'atténuation des risques dans les chaînes d'approvisionnement. " *Journal de la logistique d'entreprise* 34 (4): 253 - 269.
- Talluri, S. et R. Narasimhan. 2003 . " Évaluation du fournisseur avec variabilité des performances: un maximum - Approche minimale. " *Journal européen de la recherche opérationnelle* 146 (3): 543 - 552.
- Talluri, S., R. Narasimhan et A. Nair. 2006 . " Performance des fournisseurs avec risque d'approvisionnement: une approche DEA limitée au hasard. " *International Journal of Production Economics* 100 (2): 212 - 222.
- Tang, CS 2006 . " Perspectives dans la gestion des risques de la chaîne d'approvisionnement. " *Journal international d'économie de la production* 103 (2): 451 - 488.
- Tang, O. et SN Musa. 2011 . " Identification des problèmes de risque et progrès de la recherche dans la gestion des risques de la chaîne d'approvisionnement. " *International Journal of Production Economics* 133 (1): 25 - 34.
- Toktay, LB et LM Wein. 2001 . " Analyse d'un système de prévision-production-inventaire avec demande stationnaire. " *La gestion Science* 47 (9): 1268 - 1281.
- Tomlin, B. 2006 . " Sur la valeur des stratégies d'atténuation et d'urgence pour la gestion des risques de perturbation de la chaîne d'approvisionnement. " *Gérence science* 52 (5): 639 - 657.
- Viswanadham, N., et A. Samvedi. 2013 . " Sélection des fournisseurs basée sur l'écosystème de la chaîne d'approvisionnement, la performance et les critères de risque. " *Journal international de recherche sur la production* 51 (21): 6484 - 6498.
- Wang, X., HK Chan, RW Yee et I. Diaz-Rainey. 2012 . " Un modèle Fuzzy-AHP en deux étapes pour l'évaluation des risques de la mise en œuvre Initiatives vertes dans la chaîne d'approvisionnement de la mode. " *Journal international d'économie de la production* 135 (2): 595 - 606.
- Wu, DD et D. Olson. 2010 . " Gestion des risques d'entreprise: une approche DEA VaR dans la sélection des fournisseurs. " *Journal international de Recherche de production* 48 (16): 4919 - 4932.
- Wu, Z., TY Choi et MJ Rungtusanatham. 2010 . " Fournisseur - Relations avec les fournisseurs chez l'acheteur - fournisseur - fournisseur Triads: Implications performances des fournisseurs. " *Journal de gestion des opérations* 28 (2): 115 - 123.
- Yildiz, H., R. Ravi et W. Fairey. 2010 . " Optimisation intégrée de la logistique client et fournisseur chez Robert Bosch LLC. " *European Journal of Operational Research* 207 (1): 456 - 464.
- Yildiz, H., J. Yoon, S. Talluri et W. Ho. 2015 . " Conception de réseau de chaîne d'approvisionnement fiable. " *Sciences de la décision* 47 (4): 661 - 698. Yildiz, H., S. DuHadway, R. Narasimhan et S. Narayanan. 2016 . " Planification de la production à l'aide des prévisions de demande en évolution Industrie automobile. " *Transactions IEEE sur la gestion de l'ingénierie* 63 (3): 296 - 304.
- Yoon, JH 2015 . *Essais sur la gestion des risques dans les chaînes d'approvisionnement*. East Lansing: Université de l'État du Michigan. Zimmer, K. 2002 . " Coordination de la chaîne d'approvisionnement avec une livraison juste à temps incertaine. " *Journal international d'économie de la production* 77 (1): 1 - 15.
- Zsidisin, GA et LM Ellram. 2003 . " Une étude théorique de l'agence sur la gestion des risques d'approvisionnement. " *Le Journal of Supply Gestion de la chaîne* 39 (3): 15 - 27.
- Zsidisin, GA, LM Ellram, JR Carter et JL Cavinato. 2004 . " Une analyse des techniques d'évaluation des risques d'approvisionnement. " *International Journal international de la distribution physique et de la gestion de la logistique* 34 (5): 397 - 413.

- Zsidisin, GA, SA Melnyk et GL Ragatz. 2005 . " Une perspective de théorie institutionnelle de la planification de la continuité des activités à des fins chasse et gestion des approvisionnements. " *Journal international de recherche sur la production* 43 (16): 3401 - 3420.
- Zsidisin, GA et ME Smith. 2005 . " Gestion du risque d'approvisionnement avec la participation précoce des fournisseurs: étude de cas et recherche Propositions. " *Le journal de la gestion de la chaîne d'approvisionnement* 41 (4): 44 - 57.

Les droits d'auteur de International Journal of Production Research sont la propriété de Taylor & Francis Ltd et son contenu ne peut être copié ou envoyé par courrier électronique à plusieurs sites ou publié sur une liste de diffusion sans l'autorisation écrite expresse du détenteur des droits d'auteur. Cependant, les utilisateurs peuvent imprimer, télécharger ou envoyer des articles par courrier électronique pour un usage individuel.