

Etat de l'art sur les perturbations en gestion de stock

1.1 Introduction

Le but de ce chapitre est de proposer une revue de littérature approfondie sur les perturbations en stock qui peuvent impacter la chaîne logistique, sur les approches visant à les éliminer ou les contenir, ainsi que sur les travaux visant à en mesurer les impacts et à les prendre en compte dans la gestion des stocks. Nous nous focalisons en particulier sur les perturbations qui peuvent toucher les flux physique et informationnel et nous décrivons les conséquences négatives qu'elles peuvent avoir sur les performances de la chaîne logistique. Nous proposons une classification de la revue de littérature autour des perturbations sur les flux.

Dans ce chapitre nous présentons une vision globale sur la chaîne logistique et la gestion des risques dans la chaîne logistique. Ensuite nous nous focalisons sur les perturbations en stock et nous présentons une classification quantitative des contributions, et nous détaillons un certain nombre d'entre elles.

1.2 Les risques dans les chaînes logistiques

Tout d'abord nous commençons par définir les concepts de base de Chaîne Logistique (CL), de gestion de la chaîne logistique et introduisons la notion de risque et de sa gestion dans une chaîne logistique.

Pour les définitions des concepts de la CL, nous nous sommes inspirés des travaux de (Botta-Genoulaz, 2010).

Dans la littérature il existe plusieurs définitions de la chaîne logistique en fonction de l'orientation qu'on lui donne :

- Orientée produit : Une chaîne logistique est un réseau d'installations qui assure les fonctions d'approvisionnement en matières premières, de transformation de ces matières premières en composants puis en produits finis, et de distribution des produits finis vers le client (Lee and Billington, 1993).
- Orientée entité : Une chaîne logistique est le système grâce auquel les entreprises amènent leurs produits et leurs services jusqu'à leurs clients (Poirier and Reiter, 2001).
- Orientée client : Une chaîne logistique est un réseau global d'organisations qui coopèrent pour réduire les coûts et augmenter la vitesse des flux de matières et d'informations entre les fournisseurs et les clients. L'objectif de la chaîne logistique est la satisfaction du client (Govil and Proth, 2002).

- Orientée activité : Une chaîne logistique est toutes les activités impliquées dans la livraison d'un produit depuis le stade de matière première jusqu'au client en incluant l'approvisionnement en matières premières et produits semi-finis, la fabrication et l'assemblage, l'entreposage et le suivi des stocks, la saisie et la gestion des ordres de fabrication, la distribution sur tous les canaux, la livraison au client et le système d'information permettant le suivi de toutes ces activités (Lummus and Vokurka, 2004).

Dans notre travail nous utilisons principalement une définition orientée activité et nous adoptons en particulier celle proposée par (Cheyroux, 2003) :

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

Comme pour la chaîne logistique, plusieurs définitions existent pour la gestion de la chaîne logistique (Supply Chain Management). Celle utilisée dans nos travaux est donnée par (Semchi-levi, 2003).

La gestion d'une chaîne logistique est un ensemble d'approches utilisées pour intégrer efficacement les fournisseurs, les producteurs, les distributeurs et les détaillants de façon à garantir la production et la distribution des produits finis au bon moment, au bon endroit, en bonne quantité, en respectant les exigences des clients finaux et ce, à moindre coût.

Les aspects de la chaîne logistique qui ont été traités dans la littérature sont :

- la gestion des stocks,
- la gestion des transports,
- la production,
- la gestion des risques,
- l'évaluation de performance,
- la coopération entre les entités,
- l'impact environnemental et sociétal,
- le système d'information (ERP).

La gestion du risque dans une chaîne logistique est définie comme étant l'identification, l'évaluation et la diminution des perturbations potentielles dans un réseau logistique afin de réduire leur impact négatif sur la performance de la chaîne logistique (The Supply Chain Council, 2008).

En raison du contexte global et externalisé de la chaîne logistique (recours à plusieurs fournisseurs, sous-traitance, internalisation et externalisation des activités..), les risques et les perturbations croissent simultanément. Ces perturbations peuvent avoir un impact très important sur la performance de la CL sur le long terme. Dans (Tan, 2001), l'auteur rapporte que Ericsson a perdu 400 millions d'Euros après que son fournisseur de semi-conducteur ait pris feu en 2000. Dans leur étude Hendricks and Singhal, (2005)

rapportent que les entreprises sujettes à des perturbations ont un rendement inférieur aux autres industries de leur secteur de 33 à 40%.

Les risques dans la CL ont été largement étudiés dans la littérature. Les sources ont été identifiées comme provenant :

- des entités : des risques inhérents à l'entité et ses activités internes,
- des relations : la CL est basée sur les relations existantes entre les entités, et ces relations peuvent être une source de risques pour une entité,
- de l'environnement : les désastres naturels ou provoqués par l'homme.

La gestion des risques dans la CL a fait l'objet de plusieurs revues de littérature : nous pouvons citer à titre d'exemple les travaux de Roa and Goldsby (2009), Natarajathinam (2009), Tang and Musa (2010), Ghadge and Dani (2012) et Colicchia (2012).

Ghadge and Dani (2012) classent les publications selon trois catégories de risques :

- Les risques liés aux entités de la CL :
 - Les risques sur la gestion des stocks : les stocks constituent une entité cruciale dont la gestion a une conséquence directe sur les performances de la CL.
 - Les risques sur les processus : différentes perturbations peuvent survenir et impacter les activités de la CL ainsi que dans les flux physiques et/ou informationnels qui lient les différentes entités de la CL.
 - Les risques sur la qualité : liés au système de production et à la fiabilité des fournisseurs et de la sous-traitance.
- Les risques liés aux relations entre les entités de la CL : ces risques sont inhérents à l'interaction qui existe entre les entités de la CL. La fiabilité des fournisseurs et l'incertitude de la demande sont parmi les risques les plus étudiés dans la littérature car ils sont extrinsèques.
- Les risques liés à l'environnement de la CL : ils sont définis comme étant les événements externes pouvant avoir un impact direct ou indirect sur la performance de la CL. Ces risques incluent à titre d'exemple la météo, les catastrophes naturelles, les décisions politiques ou fiscales... Il est à noter que la communauté scientifique s'intéresse de plus en plus à ce type de risques suite aux récents événements dans le monde politique et économique et sur la scène internationale.

Dans la littérature existante sur la gestion des risques, les contributions traitant des risques en gestion de stock se concentrent principalement sur l'impact de l'incertitude de la demande et du risque de tomber en rupture de stock ou bien d'être en sur-stockage.

Mais dans la fonction gestion de stock, il existe un autre type de risque tout aussi conséquent sur les entités qui est les perturbations en stock, communément appelé en

anglais « Inventory Inaccuracy », défini comme la différence qui peut exister entre la quantité inscrite dans le système d'information et celle qui est réellement disponible dans le stock physique. Dans nos travaux nous nous sommes intéressés à ce type de risque et à l'impact qu'il peut avoir sur la performance de la chaîne logistique que nous évaluerons à travers la fonction profit ou coût. Dans ce qui suit nous présentons l'état de l'art effectué sur les perturbations en stock.

1.3 Définition des perturbations en stock

La majorité des modèles développés dans la littérature en gestion des stocks suppose une égalité parfaite entre la quantité que le Système d'Information (IS) montre et celle qui est réellement disponible dans le Stock Physique (PH). En effet, les processus d'approvisionnement auprès des fournisseurs, de réception, de comptage et stockage des produits ainsi que la mise à jour du IS sont implicitement supposés parfaits et synchronisés et non sujets à des perturbations administratives, humaines ou informatiques.

Cependant plusieurs facteurs peuvent perturber la synchronisation implicitement supposée du IS et du PH et créer ainsi une différence qui, si non prise en compte, peut impacter directement la performance économique ainsi que la satisfaction des clients. Cette différence de quantité entre IS et PH, communément connue dans la littérature sous l'appellation inexactitude des stocks – inventory inaccuracy (Iglehart and Morey, 1972), peut engendrer un impact majeur sur la performance d'une entreprise.

La mesure de ces perturbations peut se faire en pourcentage, comme Bernard (1999) qui la calcule comme étant le ratio entre les quantités en stock IS et stock PH. D'autres auteurs comme Martin and Goodrich (1987) les calculent comme étant la différence en dollars entre la quantité en stock IS et la quantité en stock PH.

Les perturbations impactant les flux physique et informationnel ont fait l'objet d'un certain nombre d'études empiriques qui ont montré et quantifié leurs ordres de grandeur (Besinger, 2006) :

- UCCnet (2003) estime que 30% des informations enregistrées dans les systèmes d'information dans le secteur de la grande distribution sont inexactes.
- Gentry (2005) estime que les perturbations représentent une perte de 142 millions de dollars ou l'équivalent de 21000 containers pour la chaîne de grande distribution « The Limited ».
- Dans un autre contexte, Wang *et al.* (2002) montrent que 70% des ordres de fabrications contenaient des perturbations dans une étude menée auprès d'un grand fabricant.
- D'une façon plus générale, Eckerson (2002) montre que 40% des entreprises souffrent de pertes, coûts additionnels et problèmes opérationnels dus à la mauvaise qualité des données.

- Reddy (2003) estime que les coûts associés aux perturbations représentent en moyenne 0.2% à 1.9% du coût total du stock.

Les perturbations (erreurs) dans les niveaux de stock PH et IS peuvent provenir de plusieurs sources pouvant être classées selon quatre catégories (Rekik, 2006) :

1.3.1 Perturbations permanentes

Les perturbations permanentes affectent principalement le stock PH sans que le stock IS détecte ces perturbations. Ces perturbations permanentes peuvent être classées en deux sous catégories :

- Les perturbations qui résultent de produits endommagés ou détériorés : des produits endommagés ou détériorés non détectés par le système d'information constituent une source de non-alignement entre les stocks PH et IS. Ketzenberg and Ferguson (2006) montrent que les produits périssables (en particulier dans les secteurs agroalimentaire et pharmaceutique) représentent plus de 200 billions de dollars par an pour les ventes aux Etats Unis. Les auteurs estiment le pourcentage des pertes à 15% à cause des dommages et détériorations que subissent les produits. Bensoussan *et al.* (2005) donnent des exemples dans le secteur textile et prêt-à-porter où les perturbations peuvent provenir de plusieurs sources telles que : i) les vêtements déchirés lors de leur retrait de l'emballage, ii) marcher sur des vêtements lors de l'essayage, ou iii) les salir par la nourriture ou tout simplement iv) effacer le contenu du logiciel de gestion des stocks pendant une démonstration. Ces produits endommagés peuvent ne pas être détectés par le gestionnaire des stocks jusqu'à la réalisation d'un inventaire, ce qui aggrave encore plus la situation et dégrade davantage les performances. A ce propos, Deloitte (2008) ont présenté une étude réalisée par le comité mixte de pilotage des produits invendus (Joint Industry Unsaleables Steering committee) qui a été réalisée sur un ensemble de 73 producteurs et détaillants. D'après cette étude le coût des produits alimentaires et des produits d'épicerie invendus s'élève à 1,21% des ventes totales aux Etats Unis. Les produits endommagés représentent 48% des invendus suivis par les produits dont la date d'expiration est dépassée qui représentent 17% des invendus. Les produits cosmétiques présentent eux aussi un fort taux d'invendus dus principalement à l'apparition régulière de nouveaux produits sur le marché.
- Les perturbations qui résultent des produits volés : ces perturbations peuvent être dues à des vols internes ou externes, des vols à l'étalage ou bien des fraudes du vendeur. Dans un projet de recherche, le comité ECR¹ (Efficient Consumer Response Europe, 2003) analyse les causes des perturbations permanentes en gestion de stocks et propose une démarche collaborative afin de réduire le phénomène de vol à travers la CL. Le comité ECR définit les perturbations

¹ <http://www.ecr.org/>

permanentes comme étant les perturbations dans les processus, la diminution des niveaux du stock physique ainsi que les vols internes et externes. Le rapport du comité mentionne que la perte engendrée par les produits volés s'élève à 24 milliard d'euros en 2003, ce qui représente en pourcentage 2.41% du chiffre d'affaire total. Les perturbations dans les processus représente 27% du total des perturbations, 7% les contractions du stock, 28% les vols internes et 38% les vols externes. Pour le marché américain, le groupe de recherche de la grande distribution National Supermarket Research Group (2001) estime dans une étude, que le montant des vols internes et externes, des perturbations de réceptions, des produits endommagés, des perturbations de comptage et des perturbations dans les prix de vente s'élèvent à 2.3% des ventes.

1.3.2 Perturbations temporaires

Les perturbations temporaires sur le stock PH affectent le système physique en laissant le stock IS inchangé. Ce type de perturbations apparaît quand un produit n'est pas disponible à la vente de manière temporaire. Ces produits sont bien comptabilisés dans le stock IS mais sont temporairement indisponibles à la vente à cause de la non-connaissance de leur emplacement réel. En effet, les produits peuvent être mal rangés dans le magasin ou entrepôt de stockage (mauvais emplacement ou rayon). Avec ce type de perturbations, la disponibilité à la vente d'un produit diminue par contre le coût de stockage est toujours payé par l'entreprise vu que le produit est physiquement immobilisé dans le stock. Chapell *et al.* (2002) présentent principalement deux sources qui peuvent engendrer les perturbations temporaires :

- Le client qui se sert dans un rayon et ne remet pas le produit à sa place en cas de désistement.
- L'employé qui ne range pas le produit au bon endroit au bon moment.

Dans une étude récente, Ton and Raman (2010) ont effectué une étude empirique sur 333 magasins de Borders Group inc. qui démontre que l'accroissement de la diversité du produit ainsi que le niveau de stock par produit dans un magasin sont deux facteurs associés à l'augmentation des perturbations de mal rangement des produits. Ils établissent également un lien direct entre ces perturbations et la diminution des ventes dans un magasin. Camdereli and Swaminathan (2010) démontrent l'existence des perturbations temporaires dans les rayons, avec une étude dans les entrepôts de l'entreprise G.T interactive (créateur de jeux électroniques) qui souffre d'une faible productivité à cause du mauvais emplacement des produits dans les entrepôts de stockage. Raman *et al.* (2001), via une autre étude empirique menée auprès de l'entreprise Gamma et Beta, font le constat que 1 client sur 6 ne trouve pas le produit souhaité à cause de ces perturbations et que ceci engendre une perte de 10% du profit du détaillant.

1.3.3 Perturbations de transaction

Ce type de perturbations introduit des perturbations dans le stock IS tandis que le stock dans le PH demeure inchangé.

Les perturbations de transaction, d'enregistrement ou de mise à jour du système d'information apparaissent généralement lors des mouvements des stocks (réception d'une commande, son inspection et son enregistrement dans le système informatique). Par exemple, saisir un 7 au lieu d'un 5 au moment de l'enregistrement de la marchandise reçue ou scanner le même produit plusieurs fois au lieu de plusieurs produits séparément (DeHoratius *et al.*, 2008). Ces perturbations peuvent engendrer une augmentation ou une diminution du stock dans le système d'information. Kang and Gershwin (2005) présentent une étude développée auprès d'un grand acteur de la grande distribution aux Etats Unis. Ils constatent que les informations concernant le stock IS étaient exactes uniquement pour 70-75% des références dans le magasin le plus performant et pour le magasin le moins performant ce pourcentage tombe à 51% seulement des références. Les auteurs constatent également que pour une référence sur quatre, l'écart entre le stock IS et le stock PH est supérieur à 6 unités. Dans une autre étude empirique menée auprès de l'entreprise Gamma, DeHoratius and Raman (2008) font le constat que 65% des 369567 enregistrements stockés dans les bases de données d'un détaillant possédant 37 magasins sont inexacts. La différence entre le stock IS et le stock PH est égale à 35% environ de la quantité trouvée sur les étagères du détaillant.

1.3.4 Perturbations liées au système de réapprovisionnement

Un système de réapprovisionnement est dit fiable si la quantité livrée est égale à la quantité commandée. Or différentes perturbations lors de l'enregistrement des réceptions, du transport ou de la réception peuvent affecter cette fiabilité. En l'absence d'une inspection lors de la réception des marchandises, cette différence entre quantité commandée et quantité livrée peut se transformer en une différence entre les stocks PH et IS. Yano and Lee (1995) présentent une revue de littérature qui résume les contributions réalisées avec ce type de perturbations.

1.4 Modélisation des perturbations de stock

Pour modéliser les perturbations qui impactent les stocks physique et informationnel, deux configurations existent dans la littérature :

1.4.1 Modélisation additive

Les quantités IS et PH sont modélisées comme étant la quantité commandée auprès des fournisseurs à laquelle s'additionne une variable aléatoire qui caractérise les perturbations sur les quantités IS et PH :

$$Q_j = Q + e_j \quad j \in \{IS, PH\}$$

où Q désigne la quantité commandée et e_j désigne la variable aléatoire décrivant les perturbations.

Les perturbations ayant pour sources les perturbations de transaction ou d'enregistrement peuvent être modélisées comme étant additives car leur réalisation peut être indépendante de la quantité commandée auprès du fournisseur : taper 5 au lieu de 7 lors de la mise à jour du système d'information n'est pas forcément dépendant de la quantité à mettre à jour. Dans le même sens les perturbations administratives de commande, de transport ou de réception peuvent légitimement être modélisées comme étant additives.

1.4.2 Modélisation multiplicative

Dans ce cas, les quantités IS et PH sont modélisées sous la forme d'un pourcentage de la quantité commandée et dans ce cas elles s'écrivent sous la forme de cette quantité commandée multipliée par une variable aléatoire qui caractérise les perturbations sur les stocks IS et PH :

$$Q_j = \gamma_j Q \quad j \in \{IS, PH\}$$

où Q désigne la quantité commandée et γ_j la variable aléatoire décrivant les perturbations. Les perturbations ayant comme sources le vol ou la détérioration d'un produit peuvent être modélisées comme étant multiplicatives car l'ampleur et la variabilité de ces perturbations dépendent de la quantité commandée auprès des fournisseurs. Ces perturbations multiplicatives sont aussi bien connues dans la littérature qui considère les fournisseurs ou les systèmes de production non fiables où la quantité produite est modélisée comme étant un ratio de la quantité introduite initialement dans le système de production. Cette modélisation, intitulée également modélisation proportionnelle et stochastique, a fait l'objet de nombreuses publications dans le cadre de système de production non fiables, (Noor and Keller, 1986 ; Rekik *et al.*, 2007 et Inderfurth and Vogelgesang, 2010)

Dans certains travaux (Sheppard and Brown, 1993; Rekik and Sahin, 2012), les perturbations peuvent être assimilées à des demandes fantômes non détectées par le gestionnaire du stock et qui diminuent les niveaux des stocks IS et PH. Dans un tel cas, les perturbations sont modélisées d'une façon multiplicative mais fonction de la demande réelle des clients. Les auteurs motivent ce choix de modélisation par le fait que certaines sources de perturbations telles que le vol sont fonction des clients présents dans le magasin et des mouvements des stocks : plus il y a du monde dans le magasin, plus la probabilité d'avoir un vol ou un produit détérioré augmente.

1.4.3 Modélisation mixte

Ce type de modélisation est la généralisation des deux modélisations additives et multiplicatives décrites précédemment. Dans un tel cas les stocks IS et PH s'écrivent :

$$Q_j = \gamma_j Q + e_j \quad j \in \{IS, PH\}$$

où Q désigne la quantité commandée, e_j et γ_j les variables aléatoire décrivant respectivement les perturbations additives et multiplicatives.

Il est à noter que la plupart des investigations théoriques dans ce domaine de recherche considère généralement une seule source de perturbation. Rares sont les auteurs qui combinent plusieurs sources. Nous proposons ultérieurement dans le tableau 1.1 une classification des publications dans ce domaine qui prend en compte le type de perturbations traitées.

1.5 Détection et correction des perturbations en stock

A cause des perturbations décrites précédemment, les niveaux de stock IS et PH dévient mais cette déviation est détectable dans le temps en particulier quand le système est dynamique. La correction, voire suppression de cette déviation se fait grâce à certaines actions que nous décrivons dans ce qui suit.

1.5.1 Réalisation d'inventaire physique

La déviation des stocks IS et PH peut être détectée grâce à un inventaire physique dont le but est de mettre à jour la quantité dans le système d'information en fonction de ce qui est réellement constaté physiquement. Cet inventaire physique peut être parfait avec un alignement sans faute entre les stocks IS et PH, comme il peut être imparfait avec des perturbations d'inspection et de comptage qui laissent la déviation existante mais généralement moins importante.

L'inventaire physique coûte en ressources humaines, matérielles et financières et est donc une alternative à optimiser. La fréquence des inventaires et le choix des produits à inspecter sont donc des variables de décision à optimiser car ils contribuent directement à la fonction objective du gestionnaire des stocks. Nous présentons dans le tableau récapitulatif de notre revue de littérature (Tableau 1.1), les publications qui ont utilisé l'inventaire physique comme moyen pour faire face aux perturbations dans les stocks comme (Kök and Shang, 2007) qui ont développé un modèle multi-période avec pour variable de décision pour chaque période la quantité à commander auprès du fournisseur ainsi que la réalisation ou pas d'un inventaire afin d'éliminer les perturbations et d'aligner les quantités dans IS et PH.

1.5.2 Introduction de nouvelles technologies d'identification des produits

Depuis quelques années les technologies d'identification automatique des produits émergent afin de permettre une meilleure visibilité du flux physique avec des informations précises et fiables disponibles en temps réel, comme la technologie RFID (« Radio Frequency Identification », en français « Identification par Radio Fréquence »). Cette technologie se présente sous forme d'étiquettes adhésives, les « tags », intégrant puce et antennes. Ces étiquettes intelligentes permettent d'identifier les produits, mais aussi de récolter diverses informations à partir de leurs micro-capteurs. L'étiquette RFID est le support du système EPC (Electronic Product Code, soit Code produit électronique), représentant « le réseau de la traçabilité des objets ». Il prévoit notamment l'identification unitaire des objets (étiquettes à codification séquentielle) et se rattache à un réseau de partage des données sur Internet. EPC a été impulsé par les grands acteurs mondiaux de

l'industrie du commerce et des systèmes d'information. Il a été développé par le MIT (Massachusetts Institute of Technology). En France, c'est EPC Global France, émanation de GS1-France qui en assure le développement et la promotion. En intégrant la technologie RFID, De Kok *et al.* (2008), Rekik *et al.* (2008), Uçkun *et al.* (2008), Dai and Tseng (2009) et Rekik *et al.* (2009) supposent la diminution voire même la disparition de ces perturbations et donc une meilleure traçabilité des produits dans les entrepôts de stockage.

1.5.3 Optimisation et prise en compte des perturbations

Les perturbations si elles ne sont pas éliminées peuvent être soit ignorées jusqu'à la réalisation d'un inventaire physique, soit prises en compte dans l'optimisation de la politique de gestion des stocks.

- Si les perturbations sont ignorées ou tout simplement non détectées, le gestionnaire des stocks applique une politique classique de réapprovisionnement qui ne prend pas en compte les paramètres de ces perturbations. Dans ce cas, les performances du système sont fortement dégradées car il est en situation sous-optimale avec un fort risque de rupture de stock.
- Si les perturbations sont estimées et prises en compte lors de l'établissement de la politique de réapprovisionnement, le gestionnaire des stocks intègre leurs distributions dans sa recherche de la solution optimale. Cette intégration des perturbations peut considérablement améliorer les performances du système à condition de bien estimer leurs paramètres. Pergamalis (2002) propose l'utilisation de tests statistiques afin de mesurer le niveau de perturbation dans un système de stock.

1.6 Différence de l'impact des perturbations pour un détaillant vs e-détaillant

Tout au long de ce mémoire nous distinguons deux contextes de vente des produits finis aux clients (B to C):

- Le contexte du détaillant qui correspond au cas d'un magasin physique où les clients finaux sont physiquement présents dans le magasin afin de confronter leur demande aux quantités disponibles et exposées sur les rayons, i.e. (le stock PH). Dans ce contexte, le stock IS, bien que composante importante pour la gestion du stock, ne joue pas un rôle majeur dans le processus de satisfaction de la demande des clients finaux car ces derniers consomment les produits disponibles sur les rayons.
- Le contexte du e-détaillant ou du grossiste qui correspond au cas où les clients finaux passent leurs commandes à distance avec un processus de satisfaction principalement basé sur les quantités que fait apparaître le système d'information.

Dans le contexte de l'e-détaillant ou du grossiste, le client final passe sa commande derrière un écran ou par téléphone et sa demande est directement confrontée à la quantité disponible dans le stock IS. La quantité dans le IS joue un premier rôle dans le processus de satisfaction de la demande puisque la confrontation de la demande du client final à la quantité dans le IS engendre un engagement de vente. Cet engagement doit normalement par la suite être honoré lors de la livraison au client si la quantité IS traduit bien la quantité PH. Dans le cas de perturbations, si le stock PH est inférieur au stock IS, cet engagement peut ne pas être respecté, ce qui engendre des pénalités additionnelles. Pour la fonction économique de l'e-détaillant, il est à noter que la non-satisfaction d'un engagement de vente est plus pénalisante qu'une vente non acceptée.

Il est à noter que, ce mode d'acceptation des commandes, qui se base principalement sur la quantité IS, correspond à la majorité des acteurs de la chaîne logistique qui fonctionnent en B-to-B. Le faible nombre de travaux réalisés sur les perturbations en stock dans le cadre du B to B peut s'expliquer par le fait que l'entreprise possède : un délai de réalisation (pour une production sur commande) ou un stock de sécurité (production sur stock), mais aussi les clients pour les entreprises en B to B sont référencés et connus contrairement au e-détaillant (clients inconnus) et donc l'entreprise peut négocier avec eux.

Dans la classification que nous proposons dans le Tableau 1.1 et pour la suite de ce mémoire, ce que nous présentons dans un contexte e-détaillant reste valable pour toute entreprise se basant sur la quantité IS pour l'acceptation de la demande et sur la quantité PH pour la livraison.

1.7 Classification des contributions scientifiques

Dans cette section nous proposons une classification des articles scientifiques traitant des perturbations en gestion de stocks.

En dehors des articles traitant de la non fiabilité des fournisseurs et des systèmes de production, toutes les autres sources de perturbations ont fait l'objet d'un nombre restreint de publications. Suite à un intérêt récent (depuis une dizaine d'année) et croissant de la communauté scientifique aux nouvelles technologies d'identification des produits telles que la technologie RFID, le nombre de travaux a augmenté. Deux revues de littérature (Delauney, 2007 ; Rezik, 2010) ont été réalisés pour classer les publications scientifiques dans ce domaine de recherche en se basant sur plusieurs critères telles que le type de perturbations, le type de modélisation et le nombre de périodes...

Dans cette section, nous actualisons ces revues de littérature en nous focalisant sur trois critères (Tableau 1.1) :

- Le type de perturbations traitées (permanentes, temporaires, fournisseurs non fiable, transaction) ;
- Le moyen d'éliminer ces perturbations (inventaire physique, introduction d'une nouvelle technologie, prise en compte et optimisation des perturbations) ;
- Le contexte (détaillant ou e-détaillant).

Tableau 1.1. Classification des contributions

Références	Type de perturbations				Méthodes de Diminution des perturbations			Contexte		Type de modèle développé
	Permanentés	Temporaires	Fournisseur non fiable	Transaction	Inventaire physique	Application nouvelle technologie	Optimisation	Détaillant	e-détaillant	
(Iglehart and Morey, 1972)				*			*	*		Optimisation
(Shih, 1980)			*				*	*		Optimisation
(Noori and Keller, 1984)			*				*	*		Optimisation
(Gerchak <i>et al.</i> , 1986)			*				*	*		Optimisation
(Ehrhardt and Taube, 1987)			*				*	*		Optimisation
(Henig and Gerchak, 1989)			*				*	*		Optimisation
(Yano and Lee, 1995)			*				*	*		Optimisation
(Raman <i>et al.</i> , 2001)		*		*			*	*		Optimisation
(Sandoh and Shimamoto, 2001)	*	*	*	*	*			*		Optimisation
(Sahin, 2004)	*	*	*	*		*	*	*	*	Optimisation
(Bensoussan <i>et al.</i> , 2005)	*	*			*			*		Optimisation
(Camdereli and Swaminathan, 2005)		*					*	*		Optimisation
(Fleisch and Tellkamp, 2005)	*	*	*					*		Simulation
(Kang and Gershwin, 2005)	*				*	*	*	*		Simulation

Références	Type de perturbations				Méthodes de Diminution des perturbations			Contexte		Type de modèle développé
	Permanententes	Temporaires	Fournisseur non fiable	Transaction	Inventaire physique	Application nouvelle technologie	Optimisation	Détaillant	e-détaillant	
(Delen <i>et al.</i> , 2007)			*			*		*		Simulation
(Heese, 2007)	*					*		*		Optimisation
(Kök and Shang, 2007)	*				*			*		Optimisation
(Lee and Özer, 2007)	*	*		*	*	*		*		Optimisation
(Rekik <i>et al.</i> 2007)			*				*	*		Optimisation
(De Kok <i>et al.</i> , 2008)	*				*	*		*		Optimisation
(DeHoratius and Raman, 2008)				*				*		Simulation
(DeHoratius <i>et al.</i> , 2008)	*				*		*	*		Optimisation et Simulation
(Rekik <i>et al.</i> , 2008)		*					*	*		Optimisation
(Szmerekovsky and Zhang, 2008)	*					*		*		Optimisation
(Uçkun <i>et al.</i> , 2008)	*	*				*		*		Optimisation
(Atali <i>et al.</i> , 2009)	*	*		*	*	*	*	*		Optimisation
(Dai and Tseng, 2009)	*					*	*	*		Simulation
(Goebel and Günther, 2009)	*	*		*		*	*	*		Simulation
(Rekik <i>et al.</i> 2009)	*					*	*	*		Optimisation
(Sahin and Dallery, 2009)				*			*		*	Optimisation
(Ustundag and Tanyas, 2009)	*	*	*					*		Simulation
(Camdereli and Swaminathan, 2010)		*				*		*		Optimisation

Chapitre 1

Références	Type de perturbations				Méthodes de Diminution des perturbations			Contexte		Type de modèle développé
	Permanentés	Temporaires	Fournisseur non fiable	Transaction	Inventaire physique	Application nouvelle technologie	Optimisation	Détaillant	e-détaillant	
(Inderfurth and Vogelgesang, 2010)			*				*	*		Optimisation
(Nachtmann <i>et al.</i> 2010)	*						*	*		Simulation
(Thiel <i>et al.</i> , 2010)	*						*	*		Simulation
(Ton and Raman., 2010)		*					*	*		Simulation
(Gaukler, 2011)	*					*				Optimisation
(Rekik, 2011)	*					*	*		*	Optimisation
(Agrawal and Sharda, 2012)	*				*			*		Simulation
(Condea <i>et al.</i> , 2012)		*			*	*		*		Simulation
(Xu <i>et al.</i> , 2012)	*					*	*	*		Optimisation
(Fan <i>et al.</i> , 2013)	*					*	*	*		Optimisation
(Rekik and Sahin, 2012)	*				*	*		*		Optimisation

Nous rajoutons un critère qui est lié au type de modèle développé : soit un modèle de calcul de la quantité de réapprovisionnement optimale où les auteurs prennent en compte les perturbations ou un modèle de simulation avec une évaluation de l'impact des perturbations et d'une action afin d'éliminer ou bien de diminuer ces perturbations. Pour notre recherche bibliographique nous nous sommes basés sur « inventory inaccuracy » et « supply chain » comme mots clés dans différentes bases de données (ScienceDirect, Springer et Taylor & Francis).

En première lecture de ce tableau, il est très clair que la majorité des publications a été réalisée dans le contexte du détaillant. Notre travail se focalisera sur l'extension des travaux vers le contexte de l'e-détaillant, qui présente un challenge à la fois technique et managérial comme ce sera décrit ultérieurement.

Dans ce qui suit nous détaillons les contributions les plus citées dans le contexte du détaillant.

Iglehart and Morey, (1972) sont les premiers à avoir travaillé sur les perturbations en stock et dans leur travaux, ils déterminent le stock de sécurité optimal et la fréquence optimale d'inventaire afin de minimiser le nombre d'inventaire et le coût de stockage. Les auteurs ont étudié les perturbations de transaction uniquement. Ils ont utilisé la politique de gestion (s,S) dans leur modélisation. Quant à Kang and Gershwin (2005) et Thiel *et al.* (2010), ils ont travaillé sur la présence de perturbations en stock avec une politique de réapprovisionnement de suivi continu (Q,R) en utilisant la simulation comme cadre d'évaluation. Les premiers ont mis en évidence que même avec un faible taux de perturbations, les pertes en stock peuvent causer des pertes considérables à l'entreprise. Thiel *et al.* (2010) ont montré que la relation entre le nombre de ventes perdues à cause de la rupture de stock et les perturbations en stock est non-monotone. Car le niveau de service décroît avec l'accroissement des perturbations en stock, mais après il s'améliore au-delà d'un certain seuil. Et Fleisch and Tellkamp (2005) ont simulé l'impact des perturbations sur une chaîne logistique à trois échelons. Ils ont fait le constat que l'élimination de ces perturbations peut réduire considérablement les coûts et les ruptures de stock. Ils ont aussi étudié la valeur d'une visibilité parfaite garantie par la technologie RFID.

Camderehli and Swaminathan (2005) ont considéré la source des produits mal rangés avec une modélisation multiplicative et déterministe des perturbations. Ils ont étudié l'impact de ces perturbations sur la quantité optimale à commander. Ils ont supposé un partage du coût fixe de l'introduction de la technologie RFID afin d'éliminer les mauvais emplacements entre le fournisseur et le détaillant, et ils ont comparé deux cas de prise en charge du coût variable, soit par le fournisseur soit par le détaillant. Rekik *et al.* (2008) ont aussi considéré les perturbations ayant comme source les produits mal rangés dans le magasin en modélisant la perte des produits comme un pourcentage déterministe et connu

de la quantité commandée et ils en ont déduit le seuil à partir duquel l'introduction de la technologie RFID devient intéressante.

Heese (2007) a étudié les perturbations sur la quantité dans le stock IS dans une chaîne logistique décentralisée où le fabricant fixe le prix de vente et le détaillant détermine la quantité qu'il veut commander. Il a modélisé le ratio entre la quantité commandée et la quantité réellement dans le rayon par une variable stochastique pour chaque période. Il a aussi étudié l'impact de la technologie RFID en calculant le seuil à partir duquel elle est économiquement bénéfique. Kök and Shang (2007) ont modélisé les perturbations à travers des variables aléatoires qui affectent le niveau de stock réellement disponible à la fin de chaque période. Les perturbations s'accumulent tout au long des périodes jusqu'à la réalisation d'un inventaire. Dans leur modèle ils calculent pour chaque période la quantité à commander et si oui ou non un inventaire est nécessaire.

Gaukler *et al.* (2007) ont étudié la gestion des flux d'un produit entre l'arrière-boutique et les rayons d'un magasin qui peut être sujette à des perturbations. Ils ont défini, pour ce faire une variable aléatoire représentant la probabilité conditionnelle, qui suivant la quantité dans l'arrière-boutique le client va oui ou non trouver le produit recherché sur les rayons. Ils ont analysé aussi une alternative basée sur un réapprovisionnement parfait grâce à la technologie RFID (dès que le produits n'est plus disponible sur le rayon, le réapprovisionnement depuis l'arrière-boutique se déclenche automatiquement).

Sahin (2004) a étudié dans sa thèse différentes sources de perturbations ainsi que différentes modélisations mathématiques dans le contexte du détaillant et a étudié et quantifié l'impact de la technologie RFID sur de tels systèmes de gestion des stocks. Lee and Özer (2007) et Atali *et al.* (2009) ont aussi modélisé les trois types de perturbations (permanentes, temporaires et transactions), sous la forme de trois demandes additionnelles. Ils ont calculé la borne supérieure et la borne inférieure de la quantité optimale à commander. Ils ont aussi comparé entre le coût avec la prise en compte des perturbations et le coût lorsque il y a une parfaite transparence grâce à la technologie RFID. Quant à DeHoratius *et al.* (2008), ils ont modélisé les sources des perturbations sous la forme d'une demande « fantôme » agissant comme la demande des clients sans qu'elle soit détectée. Les auteurs ont proposé une procédure Bayésienne afin de mettre à jour périodiquement la quantité de stock dans le stock IS.

DeHoratius and Raman (2008) ont réalisé une analyse empirique sur un ensemble de détaillants afin d'étudier l'impact des perturbations sur leurs profits et ils en ont déduit un certain nombre d'hypothèses managériales sur ces perturbations. Ils ont par exemple constaté que les perturbations diminuent avec une augmentation des inventaires.

Rekik *et al.* (2009) et Rekik and Sahin (2012) ont développé une stratégie optimale de gestion de stock en prenant en compte les perturbations dues au vol, en supposant que la quantité volée est un pourcentage de la demande. Dans la première contribution les auteurs ont travaillé sur un horizon fini en utilisant une approche d'optimisation basée sur

le niveau de service défini comme étant la probabilité de ne pas tomber en rupture de stock. Rekik and Sahin (2012) ont travaillé sur un horizon infini en utilisant aussi l'approche basée sur le niveau de service et en incluant dans leur optimisation la fréquence d'inventaire physique à réaliser pour faire face aux perturbations. Dans ces deux cas ils ont comparé le modèle avec la prise en compte des perturbations et le modèle avec introduction de la technologie RFID qui suppose l'élimination des perturbations. Dans le contexte du e-détaillant les seuls à notre connaissance à avoir travaillé sur l'étude de l'impact des perturbations dans le contexte d'un e-détaillante sont Sahin and Dallery (2009) et Rekik (2011). Le contexte de l'e-détaillant présente à la fois des challenges techniques et managériaux à explorer pour compléter la littérature dans ce domaine de recherche :

- d'un point de vue technique, la fonction objective du e-détaillant inclut les pénalités des engagements non honorés que nous ne retrouvons pas dans le contexte détaillant. Inclure des perturbations sur à la fois les stocks IS et PH généralise le contexte détaillant et rend le problème mathématiquement plus pertinent surtout pour une modélisation stochastique de ces perturbations. En effet, il existe un coût qui apparaît et qui complique la modélisation mathématique qui est le coût payé par le e-détaillant si les demandes acceptées ne peuvent pas être livrées parce que la quantité réellement disponible en stock est inférieure à la somme des demandes acceptées. La modélisation de ce coût prend en compte trois variables : la quantité dans le IS, la quantité dans le PH et la demande. L'aspect stochastique du problème, qui est le plus réaliste, rend la résolution plus difficile.
- d'un point de vue managérial, comme le processus de satisfaction de la demande est différent et repose principalement sur les données, l'étude du contexte e-détaillant permet une application plus complète et plus pratique des résultats théoriques avec les nouvelles politiques de réapprovisionnement prenant en compte les perturbations estimées statistiquement ou avec les réclamations des clients en cas d'un engagement de vente non honoré. Inclure également les politiques d'inventaire physique conduit également à des résultats managériaux très intéressants et complémentaires de ceux existants.

Dans sa thèse, Sahin (2004) considère un modèle mono-période de gestion des stocks sujet à des perturbations et utilise la séquence suivante des événements pour un e-détaillant :

- En début de période de vente, le gestionnaire de stock commande une quantité Q à son fournisseur. Cette quantité est basée sur la prévision des ventes et sur les informations disponibles au manager.
- Après réception de la marchandise, le gestionnaire stocke les produits dans son entrepôt mais à cause des perturbations, la quantité physique Q_{PH} et la quantité dans le IS Q_{IS} peuvent être différentes de Q .

- Juste avant la saison des ventes, le gestionnaire reçoit les demande des clients finaux et il compare ces demandes à Q_{IS} . Si l'ensemble des demandes est inférieures à Q_{IS} , il les accepte toutes sinon il ne les accepte que jusqu'à Q_{IS} .
- Plus tard, à la livraison, toutes les demandes acceptées devraient être honorées mais ceci peut ne pas être vrai si Q_{PH} est inférieure aux demandes acceptées

En se basant sur la façon utilisée pour mettre à jour les niveaux de stock IS et PH, l'auteur distingue quatre types de modèles :

- Un modèle où les perturbations sont simplement ignorées $Q_{IS} = Q_{PH} = Q$.
- Un modèle général où les deux quantités dans le stocks IS et PH sont différentes de la quantité commandée, $Q_{PH} = Q_A$ avec Q_A une variable aléatoire dépendant de Q et $Q_{IS} = Q_B$ avec Q_B une variable aléatoire dépendant de Q .
- Un modèle qui suppose des perturbations uniquement sur la quantité IS et qui fait l'hypothèse que le stock PH coïncide avec la quantité commandée : $Q_{IS} = Q_B$ et $Q_{PH} = Q$.
- Un modèle qui suppose uniquement des perturbations que sur la quantité PH et fait l'hypothèse que la quantité IS est sans perturbations ; $Q_{IS} = Q$ et $Q_{PH} = Q_A$.

Sahin and Dallery (2009) et Sahin (2004) ont développé le modèle supposant des perturbations uniquement sur le stock IS en arguant que le modèle général où les perturbations sur les deux niveaux IS et PH serait compliqué voire impossible à résoudre d'un point de vue mathématique. Rekik (2011) a étendu le modèle de Sahin and Dallery (2009) à un modèle où les perturbations sont prises en compte dans les deux systèmes IS et PH avec une modélisation additive des perturbations c.à.d $Q_{IS} = Q + e_{IS}$ et $Q_{PH} = Q + e_{PH}$, e_{IS} et e_{PH} étant deux variables aléatoires.

A notre connaissance, la prise en compte des perturbations dans le contexte d'un e-détaillant avec une modélisation multiplicative ainsi qu'une comparaison de l'impact de ces deux modélisations n'a pas été étudié dans la littérature. Le développement d'un modèle prenant en compte une modélisation multiplicative est conceptuellement différent d'un modèle avec une modélisation additive. La comparaison des impacts de ces deux modélisations montre des résultats contradictoires. Nous constatons aussi que dans ce contexte, aucun modèle multi-période n'a été développé. Une simple extension du modèle du détaillant n'est pas possible car, dans le contexte du e-détaillant, non seulement un coût additionnel doit être pris en compte (celui des demandes acceptées et non livrées), mais aussi deux niveaux de service doivent être étudiés (niveau de service sur la quantité dans le IS et un autre sur la quantité dans le PH) et non un seul.

Nous nous focalisons sur ces deux axes de recherche (modélisation multiplicative des erreurs et multi-période) afin de compléter voire généraliser les modèles de gestion des stock sujets à des perturbations. Les résultats managériaux que nous déduisons,

compléteront voire parfois contrediront certaines propositions managériales établies dans d'autres travaux.

1.8 Synthèse

Partant de la définition du risque dans une chaîne logistique nous avons établi le lien avec les perturbations dans la fonction de gestion de stock qui peuvent impacter les flux physique et informationnel.

En détaillant les critères utilisés par la communauté scientifique pour traiter les problèmes de perturbations en gestion des stocks, nous avons proposé dans un premier temps une classification des publications et avons fait le constat que le contexte e-détaillant n'a pas été suffisamment considéré malgré les challenges techniques et managériaux qui lui sont associés. Notre travail sera l'extension des travaux vers le contexte de l'e-détaillant.

