

L'EFFET COUP DE FOUET DANS LA CHAÎNE LOGISTIQUE : UNE LITTÉRATURE CONTINGENTE ET INCOMPLÈTE

Vincent GIARD* et Mustapha SALI**

Résumé. - L'effet coût de fouet (ECF) correspond au phénomène d'amplification croissante de la variabilité de la demande en remontant le long de la chaîne logistique (CL). Il fait l'objet d'une attention soutenue par les chercheurs depuis une quinzaine d'années et préoccupe les gestionnaires de CL parce qu'il est une cause importante de perte d'efficacité et d'efficience dans la CL. Le partage d'informations entre acteurs de la CL est généralement considéré comme l'un des principaux moyens de réduction de l'ECF. Une cinquantaine d'articles portant sur ces thèmes et parus dans les revues considérées comme majeures ont été étudiés. Les grilles d'analyse utilisées permettent de mettre en évidence le caractère très contingent de nombreuses conclusions et l'existence de lacunes importantes dans les investigations conduites, notamment en ce qui concerne l'ECF se produisant dans la partie productive de la CL.

Mots-clés : Chaîne Logistique ; Effet Coup de Fouet ; Partage d'Information ; Valeur de l'Information.

1. Introduction

L'effet coup de fouet (ECF) - ou *BullWhip Effect* (BWE) - correspond à l'amplification croissante des variations de la demande en remontant le long d'une chaîne logistique (CL). Cette appellation a été popularisée par (Lee et al., 1997) mais l'un des premiers documents décrivant ce phénomène remonte à 1958 (Forrester, 1958) qui en voit l'origine dans l'irrationalité des

* Professeur à l'Université Paris-Dauphine, LAMSADE (UMR 7243), Place du Maréchal de Tassigny, F 75775 Paris Cedex 16 ; Vincent.GIARD@Dauphine.fr.fr.

** Doctorant au LAMSADE ; Mustapha.SALI@renault.com.

comportements des acteurs de la CL. Pour les auteurs qui se sont intéressés à l'ECF depuis la fin des années 1980 la cause est plutôt à trouver dans les interactions qui existent entre ces mêmes acteurs dont le comportement est considéré comme rationnel et optimisé localement. Une analyse approfondie de la littérature publiée depuis l'article de Lee révèle des lacunes dans l'investigation conduite, qui se focalise essentiellement sur l'aval de la CL, et le caractère contingent de nombreuses conclusions. Un ensemble de 53 articles publiés entre 1997 (article de Lee) et 2011 a été sélectionné essentiellement dans les revues majeures (classement CNRS). L'analyse de ces articles est synthétisée dans le tableau du §5. On ne s'est pas limité aux seuls articles explicitement dédiés à l'ECF car le rôle partage d'informations entre acteurs de la CL, que son pilotage soit centralisé ou décentralisé, pour atténuer l'ECF a rapidement focalisé l'attention des chercheurs depuis l'article de Lee qui a été l'un des premiers à proposer cette piste ; plusieurs articles importants pour le pilotage de la CL ne font pas explicitement référence à l'ECF qui reste néanmoins présent en toile de fond. Les premières colonnes du tableau d'analyse en §5 indiquent si l'article traite de manière significative l'ECF et/ou le partage d'information.

Plusieurs grilles d'analyse ont été proposées. Deux d'entre elles sont particulièrement intéressantes. Celle de (Huang et al., 2003) réalise une classification de deux cent articles portant sur le partage d'informations dans la CL selon sept angles de vue (structure de la CL, niveau de décision, nature de l'information partagée, mode de partage d'information, évaluation de la performance, technique de modélisation, méthode d'analyse des effets sur la performance de la CL). (Ketzenberg et al., 2006) se proposent d'identifier les déterminants de la valeur de l'information partagée à travers l'analyse des conclusions apportées par vingt-sept articles ; la valeur de l'information partagée est appréhendée à travers l'objectif de performance recherché et les caractéristiques de la chaîne logistique étudiée. Notre analyse s'inspire de celle de (Huang et al., 2003) qu'elle complète à la fois par la prise en compte des articles publiés depuis 2002 et par la prise en compte de nouvelles dimensions importantes pour l'analyse de l'ECF dans la CL - amont.

Les axes d'analyse retenus sont au nombre de 12. Un axe se définit par une liste d'items appartenant à un ensemble susceptible de différencier de manière pertinente les articles étudiés. Cet ensemble peut être composé d'items exclusifs, ce qui n'exclut pas qu'un article puisse mobiliser successivement plusieurs de ces items. On peut citer, par exemple, la décomposition d'une CL entre sa partie productive et sa partie distributive. Cet ensemble peut aussi être composé d'items non exclusifs, un article mobilisant généralement plus d'un item. Dans cette catégorie, on trouve, par exemple, la liste des causes identifiées de l'ECF ou celle des solutions proposées pour atténuer l'ECF.

De l'analyse de cette base d'articles conduite au §2 on peut tirer un certain nombre de remarques sur le caractère contingent de certaines conclusions avancées et sur les recherches complémentaires à mener pour mieux comprendre et maîtriser l'ECF (§3).

2. Analyse de la littérature

2.1 Objectif de l'article

Cet axe distingue les études descriptives, des études prescriptives, sachant que certains articles font suivre une partie descriptive d'une partie prescriptive.

L'apparition relativement récente de l'ECF dans la littérature spécialisée fait que bon nombre d'articles, dont l'objet est en relation avec l'ECF, se penchent plutôt sur la description et l'explication de ce phénomène avec souvent des perceptions différentes. (Lee et al., 1997) montrent l'existence d'une variabilité croissante de la demande en s'éloignant du client final malgré un comportement rationnel des acteurs de la CL ; ils expliquent ce phénomène par quatre causes principales : la mise à jour des prévisions de la demande, les politiques de lotissement, l'anticipation des pénuries et la variation des prix. D'autres articles se sont intéressés à la manière de quantifier ce phénomène comme dans (Ouyang et Li, 2010) où les auteurs proposent un modèle général d'identification et d'évaluation de l'ECF.

Les études prescriptives s'intéressent, quant à elles, à la manière de contrer une ou plusieurs des causes de non-performance identifiées dans les études explicatives. Dans (Wright et Yuan, 2008) et (Bayraktar et al., 2008) des modèles de prévisions sont proposés pour réduire l'ECF. (Agrawal et al., 2009) et (Chatfield et al., 2004) proposent respectivement de réduire les délais de réapprovisionnement et de minimiser leur variation afin de limiter les perturbations croissantes de la commande le long de la CL. Avec le même but, d'autres articles, comme ceux de (Chen et Lee, 2009) et (Springer et Kim, 2010) , proposent d'adapter les politiques de réapprovisionnement. De manière générale, les articles dont l'objet est en relation avec le partage d'information ont une orientation plutôt portée sur la prescription car ils privilégient le partage d'information comme solution d'amélioration de l'efficacité et l'efficacité de la CL en général et de réduction de l'ECF en particulier.

2.2 Type de décision

Cet axe ne concerne que les articles prescriptifs. La typologie proposée par (Anthony, 1965) distinguant les décisions stratégiques, tactiques et opérationnelles est retenue ici pour regrouper les propositions formulées pour améliorer la gestion de la CL. Les décisions stratégiques visent l'allocation des flux et celles des capacités. Les décisions tactiques traitent de la planification de la production, de la coordination de la CL, des politiques de

réapprovisionnement et de la localisation et du dimensionnement des stocks. Les décisions opérationnelles traitent du transport et du lancement en production et approvisionnement.

Les articles plus centrés sur le partage d'information font des propositions visant à améliorer la coordination de la CL. (Cachon et Fisher, 2000) préconisent une accélération des flux d'information pour améliorer l'efficacité d'une CL de distribution et y réduire l'ECF. (Chen et al., 2006) proposent de contractualiser la notion de risque entre client et fournisseur pour améliorer le profit global des acteurs de la CL. (Ganesh et al., 2007) établissent des règles de décisions quant au niveau de partage d'information à instaurer entre grossiste et détaillant en fonction de la substituabilité des produits finis. Pour réduire l'ECF, (Croson et Donohue, 2005) préconisent l'utilisation de politiques de réapprovisionnement différentes en fonction de la position du flux dans une CL en série.

2.3 Structure de la chaîne logistique

La structure de la CL se définit par l'agencement des différents maillons d'une CL. Elle est représentable par un graphe dont les sommets représentent les unités de production, de stockage ou de vente, et les arcs, les flux physiques et informationnels reliant ces mêmes unités. Cette structure contraint la circulation des flux de biens et d'informations et conditionne la complexité des représentations, modélisations et instrumentation mobilisables mais aussi la validité des descriptions et prescriptions. Cinq structures sont habituellement retenues pour représenter la CL.

- Structure dyadique. Cette structure simple relie un client unique à un fournisseur unique.
- Structure en série. Cette structure est obtenue par la concaténation de plusieurs structures dyadiques, dans laquelle un maillon a au plus un client et au plus un seul fournisseur. Elle correspond généralement à tout ou partie de la séquence simplifiée suivante : fournisseur → fabricant → grossiste → détaillant → client final.
- Structure divergente. Cette structure arborescente est souvent utilisée pour modéliser les réseaux de distribution à partir d'une usine de fabrication, dans laquelle un maillon est le client d'un unique maillon et le fournisseur de plusieurs maillons, le premier maillon pouvant correspondre à l'usine de fabrication des produits finis.
- Structure convergente. Cette structure arborescente, symétrique de la précédente, est généralement utilisée pour modéliser la partie productive d'une CL où un maillon est le fournisseur d'un seul maillon et le client de plusieurs maillons, le dernier maillon correspondant à l'usine de fabrication des produits finis.
- Structure en réseau. C'est le graphe le plus complexe dans laquelle un maillon peut être fournisseur de plusieurs maillons et clients de plusieurs autres maillons ; a priori ce graphe

est sans cycle. Cette structure est la seule susceptible de décrire correctement les grandes chaînes logistiques mondiales. La prise en compte des interdépendances temporelles et spatiales y est la plus difficile.

Une grande majorité des articles s'intéresse à des configurations et à des structures dyadiques. Beaucoup d'auteurs retiennent cette configuration pour construire leurs modèles en partant du principe que la structure dyadique est la composante élémentaire de toute autre configuration. Ce postulat n'est valide que sous certaines conditions de découplage des flux en entrée et en sortie d'un maillon de la CL excluant ainsi la problématique d'allocation des capacités et les phénomènes de mutualisation.

La structure en série est utilisée lorsque l'extrapolation de résultats obtenus sur des modèles simples à deux échelons n'est pas triviale. L'utilisation de cette structure, au même titre que la structure à deux échelons, ne peut être pertinente que dans le cas d'une gestion exclusive des commandes d'un client par un et un seul fournisseur, ce qui revient à considérer que chaque client se voit allouer, par son fournisseur, une capacité fixe et connue. Cette hypothèse a son importance car elle réduit considérablement les conséquences que peut avoir l'ordonnancement (anticipation, retard...) et la mutualisation sur l'effet coup de fouet et sur la valeur de l'information partagée. Traditionnellement, le phénomène de l'ECF est traité sur des chaînes logistiques en série qui permettent de mettre en évidence la propagation des perturbations en remontant vers l'amont. (Nienhaus et al., 2006) et (O'Donnell et al., 2009) utilisent la structure en série du jeu de la bière pour analyser respectivement l'influence du comportement humain et le rôle des politiques de commande sur l'effet coup de fouet.

La structure divergente permet de modéliser des chaînes logistiques de distribution où plusieurs détaillants s'approvisionnent auprès d'un même grossiste. En cas de partage d'information, celle-ci se retrouve centralisée en un seul point. Cette caractéristique des chaînes logistiques divergentes facilite la mise en place de stratégies de gestion des approvisionnements basées sur le partage d'information telles que la gestion partagée des approvisionnements (*Vendor Management Inventory*) comme c'est le cas dans (Wong et al., 2009). Nous n'avons pas retrouvé, parmi les articles consultés, de structures divergentes avec des unités finales productives.

Les structures convergentes et en réseau restent peu abordées car relativement complexes à étudier par rapport aux autres configurations. En effet, dans la CL - amont, la structure convergente fait intervenir implicitement des notions de nomenclatures de produit fini avec la présence de plusieurs fournisseurs pour un même producteur.

Tous les articles consultés, à quelques exceptions près, considèrent des chaînes logistiques à deux échelons ou en série. Ces deux structures sont particulièrement bien adaptées à l'étude

de l'effet coup de fouet qui, par définition, est le rapport entre une variabilité de demande en aval et une variabilité de la commande en amont. Néanmoins, certains auteurs se sont intéressés à l'effet coup de fouet dans des structures plus complexes considérant que l'architecture du réseau considéré peut avoir son importance dans l'explication du phénomène. (Sucky, 2009) met en évidence des phénomènes de compensation atténuant l'effet coup de fouet dans une structure divergente lorsqu'on remonte vers les maillons de la racine.

Certains articles descriptifs, comme ceux de (Lee et al., 1997) et (Geary et al., 2006), ne se sont pas intéressés à une structure de CL particulière.

2.4 Type de produits finis

Les produits finis sont les objets échangés par les maillons d'une CL - aval. Pour leur fabrication, les maillons productifs utilisent des modules, composants et matières premières, eux-mêmes échangés entre les maillons de la CL - amont. Le dernier chaînon productif représente la frontière entre CL - amont, à laquelle il appartient, et CL - aval.

L'ECF dans la CL - amont fait intervenir, en plus des problématiques identifiées dans la CL - aval, toute une série de phénomènes potentiellement perturbateurs, liés aux décisions de production. Dans la CL - aval, dédiée à la distribution des produits finis, la réaction à une commande est potentiellement immédiate puisqu'il s'agit d'une modification de localisation de produits, différée en général pour des raisons de bonne gestion logistique. L'allocation des ressources productives, l'ordonnancement de la production sont des décisions spécifiques à la CL - amont, conditionnés par les délais de fabrication et qui s'ajoutent aux décisions déjà identifiées pour la CL - aval.

En production de masse, la diversité des produits finis est obtenue par combinaison de modules alternatifs ou optionnels qui peuvent partager des composants communs sans que ceux-ci aient des coefficients de nomenclatures identiques. Le mécanisme d'explosion des nomenclatures associé à celui de l'absorption des délais complique singulièrement la gestion des approvisionnements de la CL - amont et rend inutiles la plupart des préconisations de partage d'information relatives à la demande finale. En s'intéressant à l'effet coup de fouet dans l'industrie automobile, (Childerhouse et al., 2008) illustrent, à travers un diagramme de causes à effets, comment une gestion inadéquate des approvisionnements alimente un cercle vicieux qui propage des perturbations d'amplitudes croissantes le long de la chaîne logistique amont.

La quasi-totalité des articles consultés s'intéresse à la production de masse de produits standardisés. Dans le jeu de la bière, repris comme modèle d'analyse de l'effet coup de fouet par bon nombre d'auteurs comme (Nienhaus et al., 2006) et (O'Donnell et al., 2009), seul un produit est échangé entre les acteurs de la CL. Pour démontrer l'intérêt de contractualiser le partage

d'information, (Cachon et Lariviere, 2001) considèrent un composant unique rentrant dans la composition d'un seul produit fini. D'autres auteurs comme (Ganesh et al., 2007) et (Li et Zhang, 2008b) s'intéressent aux effets de la substituabilité entre plusieurs produits finis sur la valeur de l'information partagée ; la diversité traitée dans ces articles reste très limitée comparée à celle obtenue par combinaison de modules alternatifs et optionnels qui, dans certains cas, dépasse la capacité installée sur plusieurs périodes.

Dans (Yee, 2005), il est question de produits diversifiés obtenus par combinaison de modules alternatifs ou optionnels. L'auteur ne s'attarde pas sur les problématiques d'approvisionnement et considère que le temps d'attente du client est une variable d'ajustement en cas d'indisponibilité d'un des composants rentrant dans la fabrication du produit fini désiré. Dans la réalité, le délai commercial admissible est souvent inférieur au délai d'obtention des composants manquants rentrant dans la fabrication des produits finis. Un délai commercial non satisfait peut conduire à la perte du client. La durée qui sépare la date de commande de celle de la livraison du produit désiré doit généralement être considérée comme une contrainte et non comme une variable d'ajustement.

2.5 Position du flux dans la chaîne logistique

Selon le type de produit fini auquel est dédiée une CL, la distinction entre CL amont et aval aura plus ou moins d'importance par rapport aux problématiques d'effet coup de fouet et de partage d'information.

Les travaux qui ont succédé aux premières études, menées par J.W Forester à la fin des années cinquante se sont rangés dans la même lignée en évoquant la problématique de l'effet coup de fouet uniquement en CL - aval dédiée à la distribution de produits standardisés. Les rares articles qui s'intéressent aux problématiques d'effet coup de fouet et de partage d'information en CL - amont dédiée à la production de masse de produits fortement diversifiés sont des écrits dont l'orientation est descriptive comme c'est le cas de (Cachon et al., 2007) et de (Childerhouse et al., 2008).

L'existence de liens de nomenclature directs entre produits finis et composants permet d'exploiter une partie des résultats obtenus en CL - aval sur la CL - amont en considérant qu'un produit unique circule le long de la CL, à ceci près qu'il n'est possible de produire un composant que si tous les composants élémentaires qu'il utilise sont disponibles, ce qui modifie l'analyse des ruptures de stock. Dans le cas d'une production de biens diversifiés, obtenus par combinaison de composants alternatifs ou optionnels, cette analogie entre CL - aval et CL - amont devient difficilement acceptable. En effet, la forte diversité rend impossible toute tentative de prévision de la demande au niveau des produits finis pouvant être exploitée, à travers des liens de nomenclature, en CL - amont. Dans ce contexte, l'information pertinente sur

la demande porte sur les modules alternatifs et optionnels, limités en nombre, et non sur les produits finis. L'exploitation et le partage de cette information en CL - amont ne peuvent se faire directement. Le caractère probabiliste de la prévision, exprimée au niveau des modules, exige la mise en place de modèles de commande et de transmission de l'information garantissant son exploitabilité par les acteurs de la CL - amont pour une gestion efficace et efficiente de la CL qui minimise la contagion en cascade de perturbations à l'origine de l'ECF. Une proposition de modèle de gestion des approvisionnements et de partage d'information en CL - amont est faite dans (Giard et Sali, 2012) pour traiter le cas d'une production de masse de produits fortement diversifiés.

2.6 Modélisation de la demande

Le modèle de demande représente l'évolution de la consommation d'un produit fini par un client final. L'effet coup de fouet est alors défini comme une distorsion de ce signal d'entrée en remontant vers l'amont d'une chaîne logistique. Un modèle de demande se différencie d'un modèle de prévision qui tente de l'anticiper. Dans les articles consultés, quatre catégories de modèles sont généralement utilisées pour caractériser la demande finale.

- La première, la plus répandue, est celle des modèles auto-projectifs où la demande à l'instant t est la combinaison linéaire des demandes enregistrées dans le passé à laquelle on ajoute un terme d'erreur aléatoire. (Agrawal et al., 2009), (Ganesh et al., 2007) et (Pereira et al., 2009) utilisent un modèle auto-régressif stationnaire d'ordre 1 pour représenter la demande. (Bayraktar et al., 2008) utilisent un modèle de type ARIMA (p,d,q) impliquant une demande non stationnaire. (Chen et Lee, 2009) s'interrogent sur la valeur de l'information partagée dans un modèle de demande auto-régressif généralisé.
- La deuxième catégorie de modèles, elle aussi largement répandue dans la littérature, est celle des profils statistiques où la demande est stationnaire (modélisation par une loi de probabilité dont les paramètres restent stables dans le temps). Pour démontrer l'impact de la variabilité des délais de réapprovisionnement sur l'ECR, (Bolarín et al., 2009) considèrent une demande stationnaire normalement distribuée. (Lau et al., 2004) utilisent cette même loi de probabilité pour comparer différents modèles de partage d'information. D'autres auteurs comme (Croson et Donohue, 2005) et (Jung et al., 2007) caractérisent la demande finale à travers une loi de demande uniforme. Dans certains articles, les auteurs considèrent la possibilité que les paramètres du profil statistique qui représentent la demande puissent évoluer dans le temps ; c'est le cas dans (Li et Gao, 2008a) où la moyenne et l'écart type de la loi normale qui caractérise la demande dépendent du cycle de vie du produit fini.
- Le modèle économétrique, plus rare que les deux premiers, est le troisième type de modèle de demande retrouvé dans les articles consultés. Dans cette catégorie de modèles, la demande est une fonction de variables explicatives, souvent obtenue par régression linéaire.

Ainsi, (Li et Zhang, 2008b) considèrent que la demande d'un produit fini quelconque dépend de son prix et de son degré de substituabilité avec les autres produits finis.

- La quatrième et dernière catégorie de modèles de demande répertoriée est celle de la demande prédéterminées qui peut être issue d'une demande réelle enregistrée ou définie par une simple fonction du temps sans terme d'erreur. (Kelepouris et al., 2007) analysent les effets croisés des paramètres de commande par recombinaison périodique, des délais d'obtention, du partage d'information et des paramètres de prévisions sur l'effet coup de fouet en se basant sur les ventes enregistrées d'un produit grand public en Grèce.

Dans le cas d'une production de produits fortement diversifiés, la demande des clients finaux porte sur des produits finis mais elle ne peut être appréhendée en tant que telle compte tenu du nombre important de déclinaisons possibles des biens proposés. La caractérisation de la demande dans ce cas doit se faire au niveau des modules alternatifs et optionnels au travers d'une structure de la demande traduite au travers de nomenclatures de planification (Lamouri et Thomas, 2000). La nomenclature de planification d'un ensemble de modules alternatifs exclusifs entre eux décrit la structure moyenne d'utilisation de ces modules par un ensemble de produits finis généralement assemblés sur une même ligne. Dans cette configuration, la demande en modules alternatifs suit une loi multinomiale dont les paramètres sont la production périodique et le profil moyen d'utilisation des modules (Camisulis et Giard, 2010).

2.7 Modèle de commande

La commande est l'information élémentaire partagée par les acteurs d'une CL. Une commande, transmise par un client à son fournisseur, comporte une dimension quantitative (quantité à livrer) et une dimension temporelle (dates de passation de commande et de livraison souhaitées). Un modèle de commande définit la façon dont ces deux éléments sont caractérisés. Plusieurs modèles de commande peuvent coexister au sein d'une même CL ; (Cheng, 2009), par exemple, considère qu'il existe une combinaison optimale des politiques de réapprovisionnement qui minimise l'ECF. Le choix d'une politique de réapprovisionnement adaptée au type de flux qu'elle vise à réguler est essentiel. En fonction des choix organisationnels, des délais de production et de livraison et du niveau de connaissance qu'on peut avoir de la demande à venir, un modèle de commande sera plus ou moins adapté à un contexte donné. Se pose ensuite la question du dimensionnement de ses paramètres.

Le modèle de recombinaison périodique consiste à passer systématiquement une commande à intervalle régulier auprès du fournisseur. Ce laps de temps séparant deux prises de décision successives est appelé période de révision calendaire et découle très souvent de choix organisationnels. La quantité commandée varie habituellement d'une période à l'autre car elle vise à passer la position de stock à un niveau de recombinaison dont le dimensionnement

conditionne la performance de cette politique. Beaucoup d'auteurs utilisent le reapprovisionnement périodique comme modèle de commande car présentant l'avantage d'être simple à mettre en œuvre. Certains auteurs comme (Dejonckheere et al., 2003), (Disney et Towill, 2003) et (Wright et Yuan, 2008) portent un regard critique sur le modèle de reapprovisionnement périodique en considérant qu'il est en partie responsable de l'ECF. Ils estiment que la mise à jour des prévisions, laquelle implique un recalcul du niveau de reapprovisionnement, génère des fluctuations des quantités commandées, génératrice de l'ECF. Pour contrer cet effet, ils proposent d'adapter la politique de reapprovisionnement en préconisant une transition progressive vers le nouveau niveau de reapprovisionnement. La transition progressive implique une sous ou une sur-protection sur les périodes de reconstitution si le nouveau niveau de reapprovisionnement est respectivement supérieur ou inférieur au précédent. La surveillance de l'évolution de la demande et l'anticipation des changements prévisibles sont des éléments-clés pour assurer la transition vers un nouveau régime de croisière.

Le modèle du point de commande se caractérise par une périodicité variable des commandes, et une quantité de commande fixe si s'agit d'une quantité économique ou variable si s'agit d'un reapprovisionnement. Les commandes sont déclenchées lorsque le stock devient inférieur à un seuil appelé point de commande. Ce modèle de commande s'appuie sur un suivi en temps réel de l'évolution des stocks. La technique du *Vendor Management Inventory* utilisée dans (Cheng, 2009) et (Wong et al., 2009) s'appuie sur ce type de modèle avec une information en temps réel sur les niveaux de stocks du client qui remonte vers les fournisseurs¹. Au-delà du fait qu'il faille assurer un inventaire permanent, la politique du point de commande complique singulièrement l'organisation des expéditions, des transports et des réceptions qui interviennent à des intervalles irréguliers et peu prévisibles, ce qui constitue un facteur d'effet coup de fouet en gestion décentralisée.

Le modèle du *Material Requirement Planning* ou MRP-I a été mis au point pour établir, en un certain nombre de cas, les programmes de production au plus tard d'un ensemble de références fabriquées par un ensemble d'unités de production garantissant le respect du Plan Directeur de Production (PDP). Le PDP est un échéancier de mise à disposition de références, correspondant le plus souvent à des produits finis, défini sur l'horizon de planification. Sa construction découle en général d'un compromis entre industriels et commerçants autour des prévisions de vente. Le MRP-I détermine, par simulation, le lancement au plus tard de toutes les références rentrant dans la composition des références du PDP. Elle mobilise des mécanismes d'explosion des nomenclatures et d'absorption des délais pour le pilotage des flux en CL - amont. En CL - aval, seul le mécanisme de décalage par les délais est mobilisé ; on parle alors de *Distribution*

¹ Dans le modèle classique du point de commande, le délai d'obtention est fixe ; dans le VMI, la connaissance en temps réel des stocks, permet d'organiser des tournées efficaces et efficientes sur la base d'une plage de valeurs de point de commande, ce qui n'est jamais clairement dit dans la littérature (ou globalement masqué dans un délai d'obtention surdimensionné).

Requirement Planning ou DRP. Les articles prescriptifs, qui utilisent la MRP-I comme modèle de commande en CL-amont, ne s'intéressent qu'à la seule situation où les produits finis sont standardisés ou faiblement diversifiés. C'est le cas dans (Wangphanich et al., 2010) où seuls deux produits finis, faisant appel à un seul composant systématiquement utilisé, sont considérés dans la modélisation.

Beaucoup plus rare dans la littérature, on retrouve certains modèles de commande, tels que l'approvisionnement synchrone et le *kanban*, dont les principes sont inspirés de la philosophie du juste à temps. La mise en place de ce genre de modèles exige une grande stabilité et une connaissance précise des besoins futurs. Ces conditions caractérisent une situation idéale, souvent prise comme référence de comparaison par les auteurs, où l'effet coup de fouet est inexistant. (Cheng, 2009) utilise l'approvisionnement synchrone comme base de comparaison avec d'autres modèles de commande. Dans sa modélisation de la CL-aval, les fournisseurs ont accès aux besoins détaillés de leurs clients à court terme et approvisionnent les points de livraison en temps et en quantité voulus. La mise en œuvre de cette méthode exige une coordination parfaite entre client et fournisseur et une proximité géographique entre les unités de production. En production synchrone de produits fortement diversifiés, la flexibilité des processus de production chez les fournisseurs vient s'ajouter aux deux premières exigences. La production synchrone ne peut être envisagée que pour des flux couverts par le point de pénétration de la commande qui fixe la frontière entre ce qui peut être produit à la commande et ce qui doit l'être pour le stock. Au-delà de l'horizon gelé, d'autres méthodes de calcul des commandes doivent être imaginées pour faire face au caractère aléatoire de la demande. Cette dernière remarque s'applique également pour la MRP-I.

2.8 Causes de l'effet coup de fouet

Dans leur article, (Lee et al., 1997) identifient les quatre causes majeures de l'effet coup de fouet en CL - aval. Ils indiquent que l'actualisation de la prévision de la demande, la taille des lots, l'anticipation des pénuries et la variabilité des prix sont à l'origine de l'effet coup de fouet. Les articles qui ont suivi et qui se sont intéressés aux causes de l'effet coup de fouet se sont en général focalisés sur l'une des causes de ce phénomène pour mieux en cerner l'impact et en mesurer l'importance relative par rapport aux autres.

Dans une CL - aval organisée en série, (Chatfield et al., 2004) tentent de quantifier l'impact de la variabilité des délais de réapprovisionnement et de la qualité de l'information partagée sur l'effet coup de fouet dans le cas d'une production standardisée. Leur conclusion est que le partage d'information peut considérablement réduire l'effet coup de fouet et que la variabilité des délais d'obtention a tendance à l'augmenter. (Sucky, 2009) s'intéresse à la structure de la CL comme élément aggravant ou atténuant l'effet coup de fouet. Il démontre, à travers un modèle de simulation, que l'effet coup de fouet a tendance à être surestimé car en général mesuré sur

des chaînes logistiques en série qui ne permettent pas de tenir compte des phénomènes de mutualisation et de compensation. (Cheng, 2009) analyse l'impact de la combinaison des politiques de réapprovisionnement sur la performance de la CL et sur l'ECF en CL - aval dédiée à une production standardisée. (Wang et al., 2005), de leur côté, introduisent la notion d'ECF étendu en ajoutant à la liste des causes classiques de l'ECF, des causes d'ordre socio-organisationnel.

L'inexistence d'information partagée ou le partage d'une information inutile sont présentés comme des causes de l'ECF par les articles dont l'objet est à la fois le partage d'information et l'effet coup de fouet.

Seuls (Childerhouse et al., 2008) évoquent les mécanismes à l'origine de l'effet coup de fouet en CL - amont. Ils exploitent les résultats d'une étude réalisée dans l'industrie automobile pour établir le lien de cause à effet, représenté sous la forme d'un cercle vicieux, entre l'instabilité des programmes de production prévisionnels et les phénomènes d'oscillations croissantes générés en conséquence le long de la chaîne logistique amont.

2.9 Information partagée

Cet axe rend compte de la nature de l'information partagée autre que celle relative aux commandes passées.

L'information portant sur les niveaux de stocks revient souvent dans les articles traitant des stratégies de coopération en chaîne logistique de distribution. (Wong et al., 2009) proposent un schéma de coordination client / fournisseurs, axé sur le partage d'information sur les niveaux de stocks du client, dans le cadre de la gestion partagée des approvisionnements. Dans une CL divergente, (Moinzadeh, 2002) compare, sur la base du coût global de gestion des stocks, une configuration dans laquelle le fournisseur a accès à l'information sur la demande finale et les niveaux de stock de ses clients et une autre dans laquelle aucune information, hormis les demandes de livraison, n'est partagée.

Les informations sur le produit concernent les caractéristiques intrinsèques du ou des produits constituant les flux physiques échangés dans la CL. Elles peuvent être relatives à des caractéristiques physiques, comme par exemple la nomenclature des produits, ou à des attributs non physiques comme la durée de vie des produits (Li et Gao, 2008a).

L'information partagée sur la structure de la demande peut faire référence, dans le cas d'une production diversifiée, à la répartition de la demande sur un ensemble de composants alternatifs ou optionnels. (Yee, 2005) compare différents scénarios de structure de demande pour évaluer l'impact du partage d'information, concernant le mix produit, sur la performance de la

CL. Dans (Ouyang, 2007), l'information de structure est contenue dans les historiques de demandes transmis par un client à ses fournisseurs.

L'information partagée sur les processus concerne les règles de production, d'approvisionnement et de transport. Dans sa recherche d'une combinaison optimale de politique de réapprovisionnement, (Cheng, 2009) évoque la possibilité de partager l'information sur les paramètres des modèles de réapprovisionnement utilisés par les acteurs de la CL.

Partant du principe que le partage d'information sur la demande peut éliminer tout ou partie des distorsions successives du signal en entrée de la CL, de nombreux auteurs (par exemple, (Chatfield et al., 2004) et (Ouyang, 2007)) considèrent le partage d'information sur la prévision de la demande finale comme étant clé pour l'amélioration de la performance de la CL en général et la réduction de l'effet coup de fouet en particulier.

2.10 Modélisation

Cet axe d'analyse décrit la façon dont laquelle le fonctionnement d'une CL est modélisé dans les articles. Deux grandes familles de techniques de modélisation existent et sont reprises dans la littérature : la modélisation analytique et la modélisation par simulation.

L'approche analytique utilise un formalisme mathématique pour modéliser des systèmes logistiques peu ou moyennement complexes où il est question généralement de chaînes logistiques mono-produit de structures simples. Le principe de base de ce type de modélisation réside dans l'écriture des équations de conservation dans le temps et dans l'espace assurant la cohérence du système.

Les modèles de simulation sont apparus comme une réponse à la complexité des systèmes réels difficilement appréhendables à travers des approches analytiques. Ils consistent en une représentation, plus ou moins fidèle à la réalité en fonction du niveau d'abstraction retenu, des règles et de la dynamique de fonctionnement du système. Apparue à la fin des années cinquante, la dynamique des systèmes est une méthode de modélisation basée sur l'utilisation de systèmes d'équations différentielles. Les modèles construits à partir de cette méthode permettant d'appréhender la dynamique d'un système à travers des liens d'interaction et des boucles de rétroaction entre les processus. Les transformations qu'implique le modèle résultent de modifications plus ou moins contrôlées que subissent les intrants provenant d'autres systèmes ou de l'environnement (Forrester, 1958). La simulation à événements discrets utilisée par (Bayraktar et al., 2008) et (Zhao et al., 2001) est une technique de simulation basée sur une discrétisation du temps et l'occurrence dynamique d'événements générés par des processus stochastiques. Ce type de simulation permet d'intégrer les incertitudes, régies par des lois statistiques connues, sur la demande, les délais et la qualité. Moins répandue dans la littérature,

la simulation multi-agents permet de conceptualiser et de simuler un ensemble organisé d'agents autonomes en interaction, entre eux et avec leur environnement (Amblard et Phan, 2006). Cette technique est notamment utilisée par (O'Donnell et al., 2009) qui modélisent les acteurs de la chaîne logistique par des agents dont le comportement décisionnel de commande est régi par un algorithme génétique.

2.11 Mesure de la performance

Pour les articles prescriptifs, il est nécessaire de disposer d'un ou plusieurs indicateurs permettant de comparer les alternatives proposées à une situation de référence.

L'intérêt du partage d'informations peut être abordé sous différents angles, ce qui peut parfois expliquer certaines contradictions dans les conclusions apportées par les différents auteurs quant à la valeur de l'information partagée. La performance, de manière générale, est une notion relative qui ne peut être appréhendée qu'à travers un différentiel de performance entre deux solutions. Dans le cas du partage d'informations, le différentiel est mesuré en comparant deux ou plusieurs techniques de partage d'informations, l'inexistence d'informations partagées étant généralement la situation de référence. La comparaison peut également se faire entre le partage d'informations et d'autres techniques visant à améliorer l'efficacité et l'efficience d'un système logistique. Dans (Cachon et Fisher, 2000), l'impact du partage d'informations sur la performance économique de la CL est comparé à celui de la réduction de la taille de lot et du délai de réapprovisionnement.

Nous retiendrons, dans la construction de notre grille, quatre classes d'indicateurs qui mesurent l'efficacité et l'efficience des systèmes logistiques.

- Stocks : dans cette classe on trouve des indicateurs de performance mesurant les niveaux de stocks détenus, d'encours ou de sécurité. Il s'agit d'indicateurs d'efficience qui peuvent être globaux ou locaux. Cette vision de la performance se retrouve dans bon nombre d'articles comme celui de (Viswanathan et al., 2007) où l'intérêt du partage de l'historique de la demande finale est appréhendé par sa capacité à réduire le niveau de stock global détenu dans la CL.
- Niveau de service : il regroupe les indicateurs d'efficacité portant sur la satisfaction client tel que le taux de service qui est le rapport entre la demande satisfaite et la demande exprimée, ou le temps d'attente qui mesure le temps qui sépare l'instant où une demande est exprimée et l'instant où elle est satisfaite. On retrouve ce type d'indicateurs, par exemple, dans (Yee, 2005) où il est question de temps d'attente du client et du nombre de demandes non satisfaites ou reportées.

- Effet coup de fouet : considéré, en général, comme étant le rapport entre l'écart type de la commande et l'écart type de la demande, l'effet coup de fouet traduit le phénomène de variabilité croissante de la demande le long de la CL qui est à l'origine d'une accumulation de stocks inutiles, de ruptures de stocks et de détérioration du taux de service. C'est à la fois un indicateur d'efficacité et d'efficience.
- Economique : les indicateurs de performance économiques sont généralement une traduction pécuniaire des indicateurs précédemment cités. Dans bon nombre d'articles on retrouve des indicateurs de performance économique au côté d'autres indicateurs.

2.12 Analyse de l'impact

L'analyse de l'impact caractérise le protocole expérimental mobilisé pour rendre compte de la performance des méthodes proposées ou pour en illustrer le fonctionnement.

Comme pour le partage d'information, l'analyse d'impact des études portant sur l'ECF se fait majoritairement par la confrontation, sur la base de méthodes statistiques, de résultats obtenus par simulation de plusieurs scénarios combinant différents paramètres pouvant influencer le phénomène étudié. (Bayraktar et al., 2008) analysent l'impact des prévisions réalisées par lissage exponentiel sur l'effet coup de fouet à travers un modèle de simulation combinant plusieurs paramètres du modèle de prévision. (Chatfield et al., 2004) utilisent des plans d'expérience suivis d'une analyse de la variance pour tester plusieurs scénarios de délais d'obtention et de partage d'information. (Lau et al., 2004) utilisent également l'analyse de la variance sur les résultats de simulation de plusieurs scénarios pour tester différents niveaux de partage d'information. (Zhao et al., 2001) utilisent des tests d'hypothèse pour évaluer l'impact des erreurs de prévisions sur la performance de la CL et sur la valeur de l'information partagée.

D'autres travaux se sont intéressés à des cas particuliers pour généralement illustrer des résultats analytiques à travers un jeu de données fictif ou réel. (Bailey et Francis, 2008) réalisent une étude critique sur le rôle du partage d'information dans la maîtrise de l'effet coup de fouet en se basant sur le cas de l'industrie de la viande rouge au Royaume-Uni. Ils démontrent que dans ce cas précis le seul partage d'information, aussi important soit-il, ne peut suffire à la maîtrise des fluctuations sur la demande le long de la CL.

3. Conclusions

Le caractère contingent de nombreuses conclusions et recommandations formulées par les auteurs des articles étudiés est la première remarque qui s'impose. L'analyse « en creux » du tableau de synthèse révèle l'importance des études restant à mener pour une meilleure compréhension de l'ECF et caractérisation des informations permettant d'améliorer la

performance du pilotage, décentralisé ou non de la CL. C'est la seconde conclusion de cette étude.

Les recherches portent massivement sur l'étude de flux de produits standardisés dans la CL - aval, pour lesquels les modèles de demande et de commande mobilisés peuvent être adaptés. Dans l'ensemble étudié, seul (Childerhouse et al., 2008) et (Cachon et al., 2007) se sont intéressés aux problématiques de l'ECF et du partage d'informations en CL - amont dédiée à la production de produits diversifiés.

Les mécanismes à l'origine de l'ECF en CL - amont sont très peu évoqués dans la littérature. A ceux identifiés en CL - aval dédiée à la production de masse de produits standardisés, viennent s'ajouter des phénomènes potentiellement perturbateurs liés aux mécanismes d'explosion des nomenclatures et aux règles d'ordonnancement de la production (plus compliqué lorsque l'unité productive fabrique plusieurs composants et/ou travaille pour plusieurs chaînes logistiques). L'intervalle de temps séparant l'assemblage d'un produit fini, de la production la plus ancienne des composants élémentaires définit l'inertie de la CL - amont. Les changements de la demande finale, induite par la politique commerciale (actions tarifaires, promotionnelles...) de l'entreprise propriétaire de l'unité d'assemblage, ou des entreprises concurrentes ont des impacts souvent trop rapides par rapport à l'inertie de la CL - amont, ce qui constitue de nouvelles sources de perturbations, pas toujours générées par la concurrence.

Les structures de CL reflètent également la classe de problématiques visée par les récents travaux de recherche. Si les configurations en série et divergentes peuvent, sous certaines conditions, permettre d'appréhender le fonctionnement de CL - aval dédiées à la distribution, il n'en est pas de même pour les CL - amont dédiées à la production.

4. Bibliographie utilisée

- Agrawal, S., Sengupta, R.N. et Shanker, K. (2009) "Impact of information sharing and lead time on bullwhip effect and on-hand inventory", *European Journal of Operational Research*, n° 192, pp.576-593.
- Amblard, F. et Phan, D. (2006) *Modélisation et simulation multi-agents*, Paris, Lavoisier.
- Anthony, R.N. (1965) *Planning and Control Systems: a framework for analysis*, Harvard University Press.
- Bailey, K. et Francis, M. (2008) "Managing information flows for improved value chain performance", *International Journal of Production Economics*, n° 111, pp. 2-12.
- Balan, S., Vratb, P. et Kumarc, P. (2009) "Information distortion in a supply chain and its mitigation using soft computing approach", *The International Journal of Management Science*, n° 37, pp.282 - 299.

- Bayraktar, E., Koh, L.S.C., Gunasekaran, A., Sari, K. et Tatoglu, E. (2008) "The role of forecasting on bullwhip effect for E-SCM applications", *International Journal of Production Economics*, n° 113, pp.193-204.
- Ben-Tal, A., Golany, B. et Shtern, S. (2009) "Robust multi-echelon multi-period inventory control", *European Journal of Operational Research*, n° 199, pp. 922-935.
- Bolarín, F.C., Frutos, A.G. et McDonnell, L.R. (2009) "The Influence of Lead Time Variability on Supply Chain Costs: Analysis of Its Impact on the Bullwhip Effect", *The IUP Journal of Supply Chain Management*, Vol. 6, n° 3, pp. 16-26.
- Cachon, G.P. et Fisher, M. (2000) "Supply chain inventory management and the value of shared information", *Management Science*, Vol. 46, n° 8, pp. 1032-1048.
- Cachon, G.P. et Lariviere, M.A. (2001) "Contracting to assure supply : how to share demand forecasts in a supply chain", *Management Science*, Vol. 47, n° 5, pp. 629-646.
- Cachon, G.P., Randall, T. et Schmidt, G.M. (2007) "In Search of the Bullwhip Effect", *Manufacturing & Service Operations Management*, Vol. 9, n° 4, pp. 457-479.
- Camisulis, C. et Giard, V. (2010) "Détermination des stocks de sécurité dans une chaîne logistique-amont dédiée à une production de masse de produits fortement diversifiés", *Journal Européen des Systèmes Automatisés*, Vol. 44, pp. 975-1010.
- Chan, F.T.S., Chung, S.H. et Wadhwa, S. (2004) "A heuristic methodology for order distribution in a demand driven collaborative supply chain", *International Journal of Production Research*, Vol. 42, n° 1, pp. 1-19.
- Chatfield, D.C., Kim, J.G. et Harriso, T.P. (2004) "The Bullwhip Effect—Impact of Stochastic Lead Time, Information Quality, and Information Sharing: A Simulation Study", *Production and Operations Management*, Vol. 13, n° 4, pp.340-353.
- Chen, H., Chen, J. et Chen, Y. (2006) "A coordination mechanism for a supply chain with demand information updating", *International Journal of Production Economics*, n° 103, pp. 347-361.
- Cheng, L.-C. (2009) "Impact of inventory policy consistency on the three stage supply chain performance", *Journal of Academy of Business and Economics*, Vol. 9, n° 4, pp. 33-53.
- Chen, L. et Lee, H.L. (2009) "Information Sharing and Order Variability Control Under a Generalized Demand Model", *Management Science*, Vol. 55, n° 5, pp.781-797.
- Childerhouse, P., Disney, S.M. et Towill, D.R. (2008) "On the impact of order volatility in the European automotive sector", *International Journal of Production Economics*, n° 114, pp. 2-13.
- Croson, R. et Donohue, K. (2005) "Upstream versus downstream information and its impact on the bullwhip effect", *System Dynamics Review*, Vol. 21, n° 3, pp. 249-260.
- Dejonckheere, J., Disney, S.M., Lambrecht, M.R. et Towill, D.R. (2002) "Transfer function analysis of forecasting induced bullwhip in supply chains", *International Journal of Production Economics*, n° 78, pp.133-144.
- Dejonckheere, J., Disney, S.M., Lambrecht, M.R. et Towill, D.R. (2003) "Measuring and avoiding the bullwhip effect: A control theoretic approach", *European Journal of Operational Research*, n° 147, pp.567-590.

- Dejonckheere, J., Disney, S.M., Lambrecht, M.R. et Towill, D.R. (2004) "The impact of information enrichment on the Bullwhip effect in supply chains: A control engineering perspective", *European Journal of Operational Research*, n° 153, pp.727-750.
- Disney, S.M. et Towill, D.R. (2003) "On the bullwhip and inventory variance produced by an ordering policy", *The International Journal of Management Science*, n° 31, pp.157 - 167.
- Ertunga, O.C. et Metin, C. (2009) "Reverse bullwhip effect in pricing", *European Journal of Operational Research*, n° 192, pp.302-312.
- Forrester, J.W. (1958) "A major breakthrough for decision makers", *Harvard Business Review*, n° 36, pp. 37-66.
- Ganesh, M., Raghunathan, S. et Rajendran, C. (2007) "The value of information sharing in a multi-product supply chain with product substitution", *IIE*, n° 40, pp.1124-1140.
- Geary, S., Disney, S.M. et Towill, D.R. (2006) "On bullwhip in supply chains—historical review, present practice and expected future impact", *International Journal of Production Economics*, Vol. 101, pp.2-18.
- Giard, V. et Sali, M. (2012) "Pilotage d'une chaîne logistique par une approche de type MRP dans un environnement partiellement aléatoire", à paraître dans *Journal Européen des Systèmes Automatisés*.
- Huang, G.Q., Lau, J.S.K. et Mak, K.L. (2003) "The impact of sharing production information on supply chain dynamics : a review of the literature", *International Journal on Production Research*, Vol. 41, n° 7, pp. 1483-1517.
- Huang, G.Q., Lau, J.S.K., Mak, K.L. et Liang, L. (2005a) "Distributed supply-chain project rescheduling: part I—impacts of information-sharing strategies", *International Journal of Production Research*, Vol. 43, n° 24, pp. 5107-5129.
- Huang, G.Q., Lau, J.S.K., Mak, K.L. et Liang, L. (2005b) "Distributed project scheduling with information sharing in supply chains: part II—theoretical analysis and computational study", *International Journal of Production Research*, Vol. 43, n° 23, pp.4899-4927.
- Jung, H., Chen, F.F. et Jeong, B. (2007) "Decentralized supply chain planning framework for third party logistics partnership", *Computers & Industrial Engineering*, n° 55, pp.348-364.
- Kelepouris, T., Miliotis, P. et Pramataris, K. (2007) "The impact of replenishment parameters and information sharing on the bullwhip effect: A computational study", *Computers & Operations Research*, n° 35, pp.3657 - 3670.
- Ketzenberg, M.E., Rosenzweig, E.D., Marucheck, A.E. et Metters, R.D. (2006) "A framework for the value of information in inventory replenishment", *European Journal of Operational Research*, n° 182, pp.1230-1250.
- Lamouri, S. et Thomas, A. (2000) "The two level master production schedule and planning bills in a just in time MRP context", *International Journal of Production Economics*, Vol. 64, pp. 409-415.
- Lau, J.S.K., Huang, G.Q. et Mak, K.L. (2004) "Impact of information sharing on inventory replenishment in divergent supply chains", *International Journal of Production Research*, Vol. 42, n° 5, pp.919-941.

- Lee, H.L., Padmanabhan, V. et Seungjin, W. (1997) "Information distortion in a supply chain: The bullwhip effect", *Management Science*, Vol. 43, n° 4, pp. 546-558.
- Lee, L.H., Padmanabhan, V. et Whang, S. (2004a) "Information Distortion in a Supply Chain: The Bullwhip Effect", *Management Science*, Vol. 50, n° 12, pp.1875-1886.
- Lee, H.L., Padmanabhan, V. et Whang, S. (2004b) "Comments on "Information Distortion in a Supply Chain: The Bullwhip Effect"", *Management Science*, Vol. 50, n° 12, pp.1887-1893.
- Li, Z. et Gao, L. (2008a) "The Effects of Sharing Upstream Information on Product Rollover", *Production and Operations Management*, Vol. 17, n° 5, pp. 522-531.
- Liu, M., Vepkhvadze, N. et Srinivasan, M.M. (2009) "What is the value of real-time shipment tracking information ?", *IIE*, n° 41, pp.1019-1034.
- Li, L. et Zhang, H. (2008b) "Confidentiality and Information Sharing in Supply Chain Coordination", *Management Science*, Vol. 54, n° 8, pp.1467-1481.
- Moinzadeh, K. (2002) "A Multi-Echelon Inventory System with Information Exchange", *Management Science*, Vol. 48, n° 3, pp.414-426.
- Nienhaus, J., Ziegenbein, A. et Schoensleben, P. (2006) "How human behaviour amplifies the bullwhip effect. A study based on the beer distribution game online", *Production Planning & Control*, Vol. 17, n° 6, pp. 547-557.
- O'Donnell, T., Humphreys, P., McIvor, R. et Maguire, L. (2009) "Reducing the negative effects of sales promotions in supply chains using genetic algorithms", *Expert Systems with Applications*, n° 36, pp.7827-7837.
- Ouyang, Y. (2007) "The effect of information sharing on supply chain stability and the bullwhip effect", *European Journal of Operational Research*, n° 182, pp.1107-1121.
- Ouyang, Y. et Li, X. (2010) "The bullwhip effect in supply chain networks", *European Journal of Operational Research*, n° 201, pp.799-810.
- Pereira, J., Takahashi, K., Ahumada, L. et Paredes, F. (2009) "Flexibility dimensions to control the bullwhip effect in a supply chain", *International Journal of Production Research*, Vol. 47, n° 22, pp.6357-6374.
- Ryu, S.-J., Tsukishima, T. et Onari, H. (2009) "A study on evaluation of demand information-sharing methods", *International Journal of Production Economics*, n° 120, pp. 182-189.
- Springer, M. et Kim, I. (2010) "Managing the order pipeline to reduce supply chain volatility", *European Journal of Operational Research*, n° 203, pp.380-392.
- Sucky, E. (2009) "The bullwhip effect in supply chains – An overestimated problem ?", *International Journal of Production Economics*, n° 118, pp.311-322.
- Thonemann, U.W. (2002) "Improving supply-chain performance by sharing advance demand information", *European Journal of Operational Research*, n° 142, pp. 81-107.
- Viswanathan, S., Widiarta, H. et Piplani, R. (2007) "Value of information exchange and synchronization in a multi-tier supply chain", *International Journal of Production Research*, Vol. 45, n° 21, pp.5057-5074.

- Wang, J., Jia, J. et Takahashi, K. (2005) "A study on the impact of uncertain factors on information distortion in supply chains", *Production Planning & Control*, Vol. 16, n° 1, pp. 2-11.
- Wangphanich, P., Kara, S. et Kayis, B. (2010) "Analysis of the bullwhip effect in multi-product, multi-stage supply chain systems – a simulation approach", *International Journal of Production Research*, Vol. 48, n° 15, pp.4501-4517.
- Wong, W.K., Qi, J. et Leung, S.Y.S. (2009) "Coordinating supply chains with sales rebate contracts and vendor-managed inventory", *International Journal of Production Economics*, n° 120, pp.151-161.
- Wright, D. et Yuan, X. (2008) "Mitigating the bullwhip effect by ordering policies and forecasting methods", *International Journal of Production Economics*, n° 113, pp.587-597.
- Wu, Y.N. et Cheng, E.T.C. (2008) "The impact of information sharing in a multiple-echelon", *International Journal of Production Economics*, n° 115, pp. 1-11.
- Yee, S.T. (2005) "Impact analysis of customized demand information sharing on supply chain performance", *International Journal of Production Research*, Vol. 43, n° 16, pp.3353-3373.
- Zhang, X. (2004) "The impact of forecasting methods on the bullwhip effect", *International Journal of Production Economics*, n° 88, pp.15-27.
- Zhao, X., Lai, F. et Lee, T.S. (2001) "Evaluation of safety stock methods in multilevel material requirements planning (MRP) systems", *Production Planning & Control*, Vol. 12, n° 8, pp. 794-803.
- Zhao, X. et Xie, J. (2002) "Forecasting errors and the value of information sharing in a supply chain", *International Journal of Production Research*, Vol. 40, n° 2, pp. 311-335.

5. Tableau d'analyse

Article	N°	Article	N°	Article	N°	Article	N°
(Agrawal et al., 2009)	[1]	(Childerhouse et al., 2008)	[15]	(Lee et al., 1997)	[29]	(Sucky, 2009)	[43]
(Bailey et Francis, 2008)	[2]	(Croson et Donohue, 2005)	[16]	(Lee et al., 2004a)	[30]	(Thonemann, 2002)	[44]
(Balan et al., 2009)	[3]	(Dejonckheere et al., 2002)	[17]	(Lee et al., 2004b)	[31]	(Viswanathan et al., 2007)	[45]
(Bayraktar et al., 2008)	[4]	(Dejonckheere et al., 2003)	[18]	(Li et Gao, 2008a)	[32]	(Wang et al., 2005)	[46]
(Ben-Tal et al., 2009)	[5]	(Dejonckheere et al., 2004)	[19]	(Li et Zhang, 2008b)	[33]	(Wangphanich et al., 2010)	[47]
(Bolarín et al., 2009)	[6]	(Disney et Towill, 2003)	[20]	(Liu et al., 2009)	[34]	(Wong et al., 2009)	[48]
(Cachon et Fisher, 2000)	[7]	(Ertunga et Metin, 2009)	[21]	(Moinzadeh, 2002)	[35]	(Wright et Yuan, 2008)	[49]
(Cachon et Lariviere, 2001)	[8]	(Ganesh et al., 2008)	[22]	(Nienhaus et al., 2006)	[36]	(Wu et Cheng, 2008)	[50]
(Cachon et al., 2007)	[9]	(Geary et al., 2006)	[23]	(O'Donnell et al., 2009)	[37]	(Yee, 2005)	[51]
(Chan et al., 2004)	[10]	(Huang et al., 2005a)	[24]	(Ouyang, 2007)	[38]	(Zhang, 2004)	[52]
(Chatfield et al., 2004)	[11]	(Huang et al., 2005b)	[25]	(Ouyang et Li, 2010)	[39]	(Zhao et Xie, 2002)	[53]
(Chen et al., 2006)	[12]	(Jung et al., 2007)	[26]	(Pereira et al., 2009)	[40]		
(Chen et Lee, 2009)	[13]	(Kelepouris et al., 2007)	[27]	(Ryu et al., 2009)	[41]		
(Cheng, 2009)	[14]	(Lau et al., 2004)	[28]	(Springer et Kim, 2010)	[42]		

Articles	Domaine traité																						
	Effet coup de fouet	Partage d'information	Descriptif	Prescriptif	Stratégique	Tactique	Opérationnel	Dynamique	Série	Divergent	Convergent	Réseau	Standardisé	Diversifié	Amont	Aval	Modèle Autorégressif	Profil statistique	Modèle économétrique	Modèle prédéterminé	MRP	DRP	
	Position du flux dans la CL																						
	Modélisation de la demande																						
	Modèle de commande																						
	Causes de l'effet coup de fouet																						
	Information partagée																						
	Modélisation																						
	Mesure de la performance																						
	Analyse de l'impact																						
[1]	X	X	X	X	X	X	X					X			X	X	X					X	
[2]	X	X	X	X	X	X	X					X			X	X	X					X	
[3]	X	X	X	X	X	X	X					X			X	X	X					X	
[4]	X	X	X	X	X	X	X					X			X	X	X					X	
[5]	X	X	X	X	X	X	X					X			X	X	X					X	
[6]	X	X	X	X	X	X	X					X			X	X	X					X	
[7]	X	X	X	X	X	X	X					X			X	X	X					X	
[8]	X	X	X	X	X	X	X					X			X	X	X					X	
[9]	X	X	X	X	X	X	X					X	X	X	X	X	X					X	
[10]	X	X	X	X	X	X	X					X	X	X	X	X	X					X	
[11]	X	X	X	X	X	X	X					X			X	X	X					X	
[12]	X	X	X	X	X	X	X					X			X	X	X					X	
[13]	X	X	X	X	X	X	X					X			X	X	X					X	
[14]	X	X	X	X	X	X	X					X			X	X	X					X	
[15]	X	X	X	X	X	X	X					X	X	X	X	X	X					X	
[16]	X	X	X	X	X	X	X					X			X	X	X					X	
[17]	X	X	X	X	X	X	X					X			X	X	X					X	
[18]	X	X	X	X	X	X	X					X			X	X	X					X	
[19]	X	X	X	X	X	X	X					X			X	X	X					X	
[20]	X	X	X	X	X	X	X					X			X	X	X					X	
[21]	X	X	X	X	X	X	X					X			X	X	X					X	
[22]	X	X	X	X	X	X	X					X			X	X	X					X	
[23]	X	X	X	X	X	X	X					X			X	X	X					X	
[24]	X	X	X	X	X	X	X					X			X	X	X					X	
[25]	X	X	X	X	X	X	X					X			X	X	X					X	
[26]	X	X	X	X	X	X	X					X			X	X	X					X	
[27]	X	X	X	X	X	X	X					X			X	X	X					X	
[28]	X	X	X	X	X	X	X					X			X	X	X					X	
[29]	X	X	X	X	X	X	X					X			X	X	X					X	
[30]	X	X	X	X	X	X	X					X			X	X	X					X	
[31]	X	X	X	X	X	X	X					X			X	X	X					X	
[32]	X	X	X	X	X	X	X					X			X	X	X					X	
[33]	X	X	X	X	X	X	X					X			X	X	X					X	
[34]	X	X	X	X	X	X	X					X			X	X	X					X	
[35]	X	X	X	X	X	X	X					X			X	X	X					X	
[36]	X	X	X	X	X	X	X					X			X	X	X					X	
[37]	X	X	X	X	X	X	X					X			X	X	X					X	
[38]	X	X	X	X	X	X	X					X			X	X	X					X	
[39]	X	X	X	X	X	X	X					X			X	X	X					X	
[40]	X	X	X	X	X	X	X					X			X	X	X					X	
[41]	X	X	X	X	X	X	X					X			X	X	X					X	
[42]	X	X	X	X	X	X	X					X			X	X	X					X	
[43]	X	X	X	X	X	X	X					X			X	X	X					X	
[44]	X	X	X	X	X	X	X					X			X	X	X					X	

