



**ÉCOLE CENTRALE DES ARTS**

**ET MANUFACTURES  
« ÉCOLE CENTRALE PARIS »**

**THÈSE**  
présentée par

**Sakina BRAHIM-DJELLOUL**

pour l'obtention du

**GRADE DE DOCTEUR**

**Spécialité : Génie Industriel**

**Laboratoire d'accueil : Laboratoire d'Ingénierie des Systèmes Mécaniques et des Matériaux (LISMMA)**

**SUJET :**

**Impact de l'utilisation de la technologie RFID sur la performance  
d'une Supply Chain intégrant le transport**

**soutenue le : 26 février 2014  
devant un jury composé de :**

**Bruno VALLESPIR**

Professeur des universités, IMS-Université de Bordeaux

**Président**

**Lyes BENYOUCEF**

Professeur des universités, LSIS - Aix Marseille Université

**Rapporteur**

**Patrick CHARPENTIER**

Professeur des universités, CRAN-UHP, ENSTIB- Nancy

**Rapporteur**

**Jacques COLIN**

Professeur des universités, Aix Marseille Université

**Examineur**

**Samir LAMOURI**

Professeur des universités, Arts et Métiers, Paris

**Directeur de thèse**

**Dominique ESTAMPE**

Professeur, KEDGE BS-Talence

**Co-Directeur de thèse**

**N° d'ordre : 2014ECAP0023**

## REMERCIEMENTS

La réalisation de cette thèse n'aurait pas été possible sans l'apport, le soutien et l'aide de plusieurs personnes.

Tout d'abord, je tiens à exprimer particulièrement ma gratitude à mon directeur de thèse Monsieur Samir LAMOURI, Professeur des universités aux Arts et Métiers de Paris et à mon co-directeur de thèse Monsieur Dominique Estampe, Professeur à KEDGE BS-Talence à Bordeaux. Je ne saurais jamais assez les remercier de m'avoir accordé leur confiance et m'avoir encadrée durant ces trois années de thèse. Je leur présente mes vifs remerciements pour leur encadrement, leurs orientations pertinentes, leur implication et leur disponibilité permanente.

J'exprime ma reconnaissance à Monsieur Pierre CASTAGNA, Professeur à l'IUT de Nantes pour sa disponibilité, ses conseils et sa précieuse aide.

Je remercie Monsieur Bruno VALLESPER, Professeur des universités à IMS-Université de Bordeaux d'avoir accepté de présider le jury de soutenance et pour l'intérêt qu'il a porté à ce travail.

Mes remerciements s'adressent à Monsieur Patrick CHARPENTIER, Professeur des universités au CRAN-UHP, ENSTIB à Nancy, d'avoir accepté d'être rapporteur, pour ses critiques constructives et pertinentes qui ont contribué à l'enrichissement de ce travail.

Je remercie Monsieur Lyes BENYOUCEF, Professeur des universités à LSIS – Aix Marseille Université d'avoir accepté d'être rapporteur, pour l'intérêt qu'il a porté à ce travail et pour ses remarques enrichissantes.

Je remercie Monsieur Jacques COLIN, Professeur des universités à Aix Marseille Université d'avoir accepté d'être membre de jury en qualité d'examineur, pour la lecture minutieuse de ce travail et pour ses remarques et orientations enrichissantes.

J'exprime un grand merci à mon époux pour son soutien durant ces années de préparation de thèse. Merci à mes parents et à toute ma famille pour leurs encouragements et leur présence.

## SOMMAIRE

<b>1. Introduction Générale.....</b>	<b>10</b>
<b>2. Problématique .....</b>	<b>13</b>
<b>3. Objectifs, contributions et questions de recherche .....</b>	<b>14</b>
<b>4. Plan de lecture .....</b>	<b>16</b>
<b>Chapitre 1 Les Technologies de l'Information et de la Communication (TIC) au service de la Supply Chain .....</b>	<b>19</b>
1.1. Introduction .....	20
1.2. Évolution vers le concept de la Supply Chain.....	20
1.3. Clarification du concept de Supply Chain Management .....	22
1.4. Stratégie d'intégration : créatrice de valeur en Supply Chain Management .....	24
1.5. Évolution et typologies des Technologies de l'Information et de la Communication (TIC) .....	25
1.5.1. Les progiciels de gestion de la Supply Chain.....	26
1.5.2. Les outils de communication et d'échanges inter-entreprises .....	27
1.5.3. Les outils de mobilité .....	27
1.5.4. Les outils d'identification et d'acquisition des données.....	28
1.6. Rôle des TIC dans la Supply Chain.....	29
1.6.1. Le partage d'information via les TIC .....	30
1.6.2. Les TIC et la réduction de l'effet Bullwhip.....	32
1.6.3. Les TIC au profit de la traçabilité.....	32
1.6.4. Les TIC facilitatrices de la gestion d'incertitude dans une Supply Chain.....	35
1.6.5. Les TIC au service du pilotage Supply Chain .....	37
1.7. Impact des TIC sur la performance de la Supply Chain.....	38
1.7.1. La définition de la performance .....	38
1.7.2. L'évaluation de la performance.....	39
1.7.3. Les indicateurs de performance en Supply Chain .....	40
1.8. Conclusion.....	43
<b>Chapitre 2 La technologie RFID et son impact sur la performance Supply Chain .....</b>	<b>44</b>
2.1. Introduction .....	45
2.2. Identification par radio fréquence .....	45
2.3. RFID et technologie alternatives.....	51
2.4. Impact de l'utilisation de la RFID dans la Supply Chain.....	53

2.4.1.	RFID dans les problématiques de visibilité et de partage d'information : Atténuer l'effet Bullwhip	54
2.4.2.	RFID dans l'entreposage et la gestion d'inventaires	55
2.4.3.	RFID dans la gestion de production et des lignes d'assemblage	60
2.4.4.	RFID dans la gestion du transport	63
2.4.5.	RFID dans la logistique de retour	65
2.5.	Approches d'étude des systèmes	67
2.5.1.	Les études de cas	67
2.5.2.	L'approche analytique	67
2.5.3.	L'approche par la simulation	69
2.6.	La simulation à évènements discrets	70
2.7.	Conclusion	73
<b>Chapitre 3</b>	<b>La méthodologie de modélisation de la Supply Chain</b>	<b>74</b>
3.1.	Introduction	75
3.2.	Présentation des outils de modélisation d'entreprise	75
3.3.	Caractérisation des outils de modélisation	83
3.3.1.	Critères liés à la modélisation Supply Chain	83
3.3.2.	Critères liés à l'information temps réel	86
3.4.	Discussion et choix du modèle	88
3.5.	Conclusion	89
<b>Chapitre 4</b>	<b>Le cadre d'expérimentation</b>	<b>91</b>
4.1.	Introduction	92
4.2.	Projet PRODIGE	93
4.2.1.	Présentation du projet	93
4.2.2.	Approche scientifique et technique du projet	93
4.2.3.	Périmètres et champ d'application du projet PRODIGE	96
4.2.4.	Limites du projet PRODIGE	97
4.3.	Présentation des cas d'entreprises étudiées	98
4.3.1.	Entreprise Martin-Brower (ex LR Service)	98
4.3.2.	Entreprise GT-SA	98
4.4.	Modélisation des processus de la Supply Chain étudiée	99
4.4.1.	Modélisation avec le modèle SCOR	101
4.4.2.	Modélisation dynamique avec le diagramme d'activité d'UML	107
4.5.	Description des processus avec intégration de la technologie RFID	109
4.6.	Conclusion	112

<b>Chapitre 5 La simulation et l'évaluation de l'impact de la RFID sur la performance d'une Supply Chain intégrant le transport .....</b>	<b>113</b>
5.1. Introduction .....	114
5.2. Description des processus à simuler.....	114
5.3. Présentation des scénarii de simulation.....	115
5.4. Hypothèses de simulation.....	115
5.5. Paramètres du modèle de simulation.....	116
5.5.1. Paramètres généraux.....	116
5.5.2. Paramètres propres à chaque scénario.....	117
5.6. Modélisation des processus sous ARENA .....	119
5.6.1. Développement du modèle.....	119
5.6.2. Vérification du modèle.....	125
5.6.3. Validation du modèle .....	125
5.7. Identification des indicateurs de performance.....	126
5.7.1. La réactivité :.....	126
5.7.2. Efficience/ gestion des actifs.....	127
5.7.3. La Fiabilité/ flexibilité.....	127
5.8. Résultats de la simulation.....	127
5.8.1. Simulation sans intégration d'aléas.....	127
5.8.2. Simulation avec intégration d'aléas.....	133
5.9. Synthèse des résultats.....	136
<b>Conclusion Générale et perspectives de recherche.....</b>	<b>139</b>
<b>Limite de l'étude.....</b>	<b>141</b>
<b>Perspectives de recherche.....</b>	<b>142</b>
<b>Bibliographie.....</b>	<b>143</b>

## LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Positionnement de thèse.....	16
Figure 2 : Technologies de l’information et de la communication.....	28
Figure 3 : Processus de traçabilité globale .....	33
Figure 4: Relation entre les TIC, SCM et SC performance.....	39
Figure 5 : Hiérarchisation de l’utilisation des technologies de capture et d’identification. ....	48
Figure 6 : Architecture du réseau EPC .....	50
Figure 7: RFID et technologie alternatives .....	51
Figure 8 : SADT - Actigramme et Datagramme .....	76
Figure 9 : IDEF 3 .....	76
Figure 10 : Illustration du réseau de Pétri .....	77
Figure 11 : Exemple de grille GRAI .....	79
Figure 12 : Modèle SCOR.....	79
Figure 13 : Les niveaux du modèle SCOR.....	80
Figure 14: Méthodologie d’évaluation de l’impact de l’utilisation de la RFID sur la performance de la Supply Chain .....	90
Figure 15: Périmètres d’étude du projet PRODIGE et de l’expérimentation .....	92
Figure 16 : Combinaison des TIC dans PRODIGE.....	94
Figure 17 : Architecture hybride appliquée à PRODIGE.....	96
Figure 18: Implantation Martin-Brower France .....	98
Figure 19: Localisation GT-SA .....	99
Figure 20 : Processus modélisés.....	100
Figure 21 : Modélisation des processus avec SCOR.....	102
Figure 22 : Modélisation des processus avec SCOR (suite).....	103
Figure 23: Description détaillée des processus .....	106
Figure 24: Modélisation UML d’activité .....	108
Figure 25: Récapitulatif du changement organisationnel avec l’application de la RFID .....	112
Figure 26 : Supply Chain étudiée .....	114
Figure 27 : Scénarii de simulation.....	115
Figure 28: Déclaration des paramètres .....	120
Figure 29 : Génération aléatoire des commandes.....	121
Figure 30 : Lecture de fichiers externes .....	121
Figure 31 : Préparation de commandes.....	122
Figure 32: Chargement de camions.....	123
Figure 33 : Création des stations et des liens .....	124
Figure 34 : Routage des produits.....	124
Figure 35: Déchargement de véhicules.....	125
Figure 36: Durée moyenne de préparation de palette homogène pour chaque scénario .....	128
Figure 37 : Durée moyenne de préparation de palette hétérogène pour chaque scénario.....	129
Figure 38 : Durée moyenne de chargement d’un camion .....	130
Figure 39 : Taux d’utilisation des préparateurs de commandes .....	131
Figure 40 : Taux d’utilisation d’opérateurs de chargement.....	131
Figure 41 : Durée moyenne de déchargement d’un client.....	132
Figure 42 : Délai totale de livraison .....	133
Figure 43 : Évènements liés à la simulation.....	134
Figure 44 : Temps de réponse de la chaine logistique / Cas de détérioration .....	135
Figure 45 : Temps de réponse de la chaine logistique / Cas du vol .....	136

## LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Objectifs et questions de recherche .....	17
Tableau 2 : Classification de la littérature par approche .....	22
Tableau 3 : Classification des TIC selon leur objectif .....	28
Tableau 4 : Classification des TIC selon le niveau d'intégration.....	29
Tableau 5 : Types d'informations partagées dans la Supply Chain .....	31
Tableau 6 : Typologie des événements en Supply Chain.....	36
Tableau 7 : Indicateurs mesurant l'impact d'utilisation des TIC sur la performance Supply Chain.....	41
Tableau 8 : Les caractéristiques des différents types de Tags RFID.....	47
Tableau 9 : Comparaisons RFID Vs technologies alternatives .....	52
Tableau 10 : Indicateurs de performance impactés par la RFID dans l'effet Bullwhip .....	54
Tableau 11 : Indicateurs de performance impactés par la RFID dans l'entreposage et gestion d'inventaire.....	60
Tableau 12: Indicateurs de performance impactés par la RFID dans la gestion de production .....	63
Tableau 13: Indicateurs de performance impactés par la RFID dans le transport.....	65
Tableau 14: Indicateurs de performance impactés par la RFID dans la logistique de retour .....	66
Tableau 15: Les études de cas comme méthodologie de mesure de performance .....	68
Tableau 16 : Les méthodes analytiques comme méthodologie de mesure de performance.....	69
Tableau 17 : La simulation comme méthodologie de mesure de performance .....	73
Tableau 18 : Critères de choix des outils de modélisation Supply Chain .....	84
Tableau 19 : Tableau comparatif des modèles .....	87
Tableau 20: Description des changements structurels issus de l'utilisation de la RFID .....	110
Tableau 21 : Paramètres généraux de la simulation .....	116
Tableau 22 : Données générales de simulation .....	117
Tableau 23 : Temps opératoires par processus.....	118
Tableau 24: Paramètres des événements de simulation .....	119
Tableau 25: File-Advanced process.....	120
Tableau 26 : Distancier.....	123
Tableau 27 : Indicateurs de performance génériques (modèle SCOR) .....	126
Tableau 28 : Synthèse des résultats de la simulation .....	137

## **Résumé en français**

Ce travail de recherche étudie les apports de l'application de la technologie RFID dans le transport et évalue l'impact de cette intégration sur la performance de la Supply Chain globale. Nous mettons une attention particulière sur l'intérêt de fournir une traçabilité continue dans un environnement complexe où des décisions réactives doivent être prises suite à l'apparition d'événements incertains. Nous étudions la pertinence de l'implémentation de la technologie RFID dans les processus de préparation de commandes, de chargement, de routage et de déchargement, principalement sur la réaction de la Supply Chain face aux aléas susceptibles d'intervenir lors du transfert des produits vers les clients. Afin de répondre à cette problématique, nous adoptons l'approche par simulation pour effectuer une comparaison quantitative entre un système réel adoptant la technologie du code à barre et son évolution en un système doté d'une technologie RFID. Nous simulons trois scénarii : code à barre, RFID sur palette et RFID sur colis. Nous proposons des modèles qui permettent de décrire les différents processus de la Supply Chain et de prendre en compte la spécificité dynamique liée à l'incertitude de l'environnement. Nous modélisons ensuite les processus de la Supply Chain en utilisant le modèle SCOR et le diagramme d'activité d'UML. Puis, nous décrivons les différents changements impactant la structure suite à l'introduction de la technologie RFID. Les modèles proposés constituent les bases de l'étape de l'évaluation de la performance. Nous intégrons ces modèles dans le logiciel de simulation ARENA puis nous simulons et comparons les trois scénarii retenus (Code à barre, RFID sur palette et RFID sur colis). Dans un premier temps, nous appliquons à chacun, un modèle de simulation sans aléas où nous supposons que l'acheminement des produits vers les clients se déroule correctement sans aucune erreur observée. Dans un second temps, nous introduisons aléatoirement des événements pouvant survenir lors du transfert des produits vers les clients afin d'évaluer le comportement de la Supply Chain et de mesurer les performances réalisées avec et sans utilisation de la technologie RFID. Nous évaluons l'impact de l'utilisation de la technologie RFID sur la performance en mesurant certains indicateurs issus du modèle SCOR et directement impactés par l'utilisation de la technologie RFID : réactivité, flexibilité et taux d'utilisation des ressources.

## **Résumé en anglais**

This research studies the contributions of the application of RFID technology in transport and to evaluate the impact of this integration on the performance of the Global Supply Chain. We put a special focus on the importance of providing continuous traceability in a complex environment where reactive decisions must be made following the occurrence of uncertain events. We analyse the suitability of implementing RFID technology in picking, loading, routing and unloading processes, while highlighting how the Supply Chain reacts to the different hazards that products can face during their transfer to customers. To measure the impact of the integration of RFID on the performance of the Supply Chain, we adopt a simulation-based approach to enable a quantitative comparison between a real system adopting barcode technology and the changes that occur when this evolves into a system equipped with RFID technology. We simulate three scenarios: barcodes, RFID on pallets, RFID on boxes. We choose the modeling tools that describe the various processes of the supply chain and take into account the time dimension and the dynamic aspect. We model the process of Supply Chain using the SCOR model and the UML activity diagram. We describe later various changes affecting the structure due to the introduction of RFID technology. The proposed models are the basis for the evaluation of performance. We integrate these models in simulation software ARENA and simulate the three scenarios presented above:

(Barcode, RFID on pallet and RFID on boxes. We compare the three scenarios by presenting two models. In the first, we assumed that the product's customer shipments were done correctly without any error observed. The usefulness of this stage was that it tested the robustness of the model being simulated. Our second model randomly introduced events that might occur when products were transferred to customers. The aim here was to assess how the transport chain behaved in this kind of situation, and to measure performance achieved with and without system automation.

We evaluate the impact of using technology on performance by measuring some indicators from the SCOR model and directly impacted by the use of technology RFID: responsiveness, flexibility and utilisation of resources.

## 1. Introduction Générale

L'environnement dans lequel opèrent les entreprises est complexe [Stock et al., 1999 ; Christiansen & Kumar, 2000] caractérisé par une concurrence acerbe, des prix bas, un niveau de qualité élevé, une disponibilité plus grande des produits, des évolutions technologiques, une volatilité de la demande, une saturation des marchés, une versatilité du comportement du consommateur, une réduction des cycles de vie des produits et une personnalisation des produits proposés, etc. [Lowson, 2003 ; Delfman & Gehring, 2003]. [Stalk & Hout, 1990 ; Bendavid, 2010] mettent en évidence le facteur « temps » qui devient un élément prépondérant de la compétition.

Pour faire face à ces exigences actuelles, les entreprises doivent améliorer, en continu, leurs processus et leurs stratégies de manière à s'adapter à leur environnement et à prévoir des modes de fonctionnement qui leur permettent une réactivité immédiate. [DeGroot & Marx, 2013 ; Ganguly et al., 2009]. Les entreprises se voient contraintes à penser à des nouvelles solutions et à prendre des décisions adéquates afin d'assurer leur compétitivité voire leur pérennité. [Cooper & Ellram, 1993 ; La Londe & Masters, 1994 ; Lambert et al. 1998 (a)].

La recherche de compétitivité a conduit les entreprises à se focaliser sur leur métier de base et à opter pour des stratégies d'externalisation ou de délocalisation en confiant certaines activités à des pays à faible coût de main-d'œuvre [Véronneau, 2008]. Une entreprise n'agit plus isolément mais dans une logique d'entreprise étendue appelée chaîne logistique ou Supply Chain. Le rayon d'activité est plus large et les interactions sont plus complexes ce qui accroît les risques et amplifie la vulnérabilité des chaînes logistiques [Evrard Samuel et al, 2011]. Les organisations étendues sont confrontées à des problèmes de coordination plus ardues en raison d'un nombre important d'intervenants et d'une dimension spatiale et temporelle large et variable [Tran, 2012].

L'intégration des activités intra et inter-entreprises semble être une réponse à la complexité de l'environnement et à la réduction du temps pour le développement des produits, des approvisionnements, de la logistique, de la livraison, etc., engendrant des changements structurels et conduisant à des nouvelles stratégies. [Christopher, 2000 ; Van Hoek et al., 2001 ; Bendavid, 2010].

L'organisation inter-entreprises requiert une collaboration étroite entre les différents partenaires. En effet, la performance individuelle d'une entreprise est désormais associée à celle de ses collaborateurs (fournisseurs, clients, etc.). La compétitivité des entreprises ne s'évalue plus entre les entreprises comme entité isolée mais entre les chaînes logistiques [Kerbache, 2006 ; Christopher, 2011].

Le développement de la collaboration inter-organisationnelle nécessite une visibilité permanente de l'information et une traçabilité des produits tout au long de leur cycle de vie. Cette accessibilité à l'information est d'une grande utilité à tous les niveaux décisionnels [Haouari, 2012]. Au niveau stratégique, les informations recueillies conduisent à des solutions possibles d'amélioration. Sur le niveau tactique, la visibilité de l'information permet une meilleure planification et compétitivité. Sur le plan opérationnel, il peut s'agir d'identifier, d'évaluer les événements auxquelles les entreprises peuvent être confrontées afin de se munir d'outils permettant de maintenir un certain niveau de performance quels que soient les aléas rencontrés. [Sheffi, 2005 ; Hollnagel, 2006 ; Haouari, 2012].

La maîtrise et le partage de l'information sont devenus possibles grâce au déploiement des Technologies de l'Information et de la Communication (TIC) qui garantissent la synchronisation entre les flux physiques et les flux informationnels [Vickery et al., 2010 ; Christopher, 2000]. La généralisation des TIC est le résultat du progrès lié à l'informatique et à sa capacité croissante de stockage et de traitement des données d'une part, et l'émergence des technologies de capture automatique des données, d'autre part.

Depuis les années 90, les entreprises utilisent de plus en plus de systèmes intégrés de gestion de l'information pour gérer leurs diverses activités dans une démarche d'organisation flexible et réactive [Toni & Tonchia, 1998 ; Sherehiya et al. 2007]. Nous pouvons citer à titre d'exemple, les logiciels intégrés de structure inter-organisationnelle ERP (Entreprise Ressource Planning), les WMS (Warehouse Management System) pour la gestion des entrepôts, les TMS (Transport Management System) utilisés pour la gestion du transport et des tournées, les MES (Manufacturing Execution System) dédiés aux domaines de contrôle de la production et les APS (Advanced Planning) qui permettent la planification et l'optimisation à un niveau stratégique. Nous détaillerons ces outils dans le chapitre suivant.

Depuis les années 70, diverses technologies de capture automatique des données se sont imposées : les codes à barres, l'identification par la biométrie, les cartes magnétiques, les cartes à puce, et notamment, l'IDentification par Radio-Fréquences (RFID).

La technologie la plus utilisée actuellement est le code à barre qui assure l'automatisation de certaines activités intra- et inter-entreprises. En revanche, le code à barre dispose de plusieurs inconvénients notamment au niveau de la capacité de mémoire, de l'accès à l'information. Comme toute technologie, le code à barre atteint ses limites de performance le conduisant ainsi à être remplacé par d'autres technologies alternatives plus performantes. Dans cette optique, la technologie RFID s'avère être la technologie de remplacement la plus probable [Bendavid, 2010].

Il est à préciser que le code à barre est une technologie dominante qui semble être difficilement remplaçable. Une phase de cohabitation à court et moyen termes entre la RFID et le code à barre est envisageable [Bendavid, 2010]. Toutefois, nous assistons présentement à un essor de l'utilisation de la technologie RFID compte-tenu du besoin grandissant de traçabilité avec un niveau de granularité de plus en plus précis et de partage de l'information en temps réel entre les différentes parties prenantes d'une Supply Chain [Bendavid, 2010 ; Evans, 2003].

La technologie RFID permet une identification précise et rapide des objets. Comparée au code à barre, la technologie RFID présente plusieurs avantages : la lecture à distance et sans ligne de visée, grande capacité de mémorisation, lecture de plusieurs tags simultanément et la possibilité de réinscription sur le tag. Ajouté à cela, la miniaturisation des transpondeurs, l'amélioration de distance et de vitesse de lecture et d'écriture ainsi que le coût qui devient de moins en moins élevé. En outre, équiper les objets d'un tag RFID a fait émerger le concept de produit intelligent [Zaharudin et al., 2002 ; McFarlane et al., 2003 ; Kärkkäinen et al., 2003 (b) ; Ventä 2007]. Il s'agit de doter le produit d'une certaine intelligence de telle façon à le rendre à même, de communiquer un certain nombre d'informations permettant de l'identifier, de le localiser et de transférer des données relatives à son entreposage et à son transport.

L'application de la technologie RFID s'inscrit dans un système inter-organisationnel (IOS) où la capture automatique des données et leur transfert aux divers systèmes de gestion des entreprises assure la synchronisation des flux physiques et informationnels [Rayport & Sviokla, 1995 ; Strassner & Schoch, 2004].

La technologie RFID connaît un intérêt particulier tant auprès des chercheurs [Lefebvre et al., 2005 ; Sheffi, 2005 ; Fosso Wamba et al., 2006 ; Chao et al., 2007 ; Kumar, 2007 ; Loebbecke, 2007 ; Fosso Wamba et al., 2008 (a) ; Fosso Wamba et al., 2008 (b) ; Ngai et al., 2008 (a) ; Ngai et al., 2008 (b) ; Ilie-Zudor et al., 2011 ; Liao & al., 2011 ; Bendavid, 2012 ; Zhu et al., 2012 ; Lim et al., 2013] qu'auprès des praticiens [HP, 2006 ; IBM, 2007 ; SAP, 2007].

La technologie RFID n'est pas récente [Landt, 2001 ; Fosso Wamba, 2009], elle a été utilisée pendant la seconde guerre mondiale par la Royal Air Force. En 2003, le géant du commerce de détail Wal-Mart et le département de la défense américaine (DoD) ont exigé de leurs plus grands fournisseurs d'appliquer cette technologie, ce qui lui a donné une nouvelle propulsion [Sliwa, 2005 ; US DoD, 2005]. La technologie RFID est présente dans différentes industries : l'automobile, l'aérospatiale, la santé, la logistique et le transport [Ilie-Zudor et al., 2011 ; Zhu et al., 2012]. Ses applications peuvent être classées selon [Bendavid, 2010] en quatre domaines :

- gestion de la relation client : service d'assistance, marketing relationnel en temps réel, etc.
- gestion de la sécurité et des accès : contrôle des produits, contrôle des accès, suivi des employés, surveillance des actifs contre le vol, etc.
- gestion des actifs : maintenance, traçabilité des actifs.
- gestion de la chaîne logistique : gestion de production, des entrepôts, des transports, des retours, etc.

La gestion de la chaîne logistique constitue le domaine d'application autour duquel s'articule notre travail de recherche. Depuis les mandats de 2003 (Wal-Mart, US DoD), l'intégration de la technologie RFID s'est développée par le lancement de plusieurs projets pilotes. Plusieurs entreprises envisagent la mise en place de la RFID et cherchent à évaluer l'impact de son application sur leur performance locale et celle de la Supply Chain dont elles font partie. Ces organisations s'intéressent à comprendre les démarches nécessaires à entreprendre pour l'implémentation de cette technologie [Bendavid, 2010].

Les avantages de l'utilisation de la technologie RFID sur la performance de la Supply Chain ont été étudiés pour des problématiques liées à l'entreposage et la gestion des inventaires [Kang & Gershwin, 2005 ; Atali et al., 2006 ; Kok & Shang, 2007 ; Dolgui & Proth, 2008 ; Poon et al., 2009 ; Sahin & Dallery, 2009 ; Rekik et al., 2009 ; Lim et al., 2013], la gestion de production [McFarlane & Sheffi, 2003 ; Vrba et al., 2008 ; Haouari et al., 2011] et la logistique inverse [Langer et al., 2006 ; Lee & Chan, 2009].

Les recherches relatives à l'application de la RFID dans le transport restent peu étudiées. Les auteurs qui s'y intéressent se focalisent principalement sur la gestion des ressources (véhicules) au détriment de la gestion des produits transportés : optimisation des tournées de véhicules, localisation, gestion intelligente du trafic etc., en se basant sur des modèles mathématiques d'optimisation. [Sadek et al., 2001 ; Osvald & Stim, 2008 ; Li & Wei, 2008 ; Kim et al., 2008(b) ; Wang et al., 2010 ; Wen, 2010 ; Grzybowska & Barceló, 2012].

C'est dans ce contexte, que l'objectif général de la thèse s'inscrit. Nous étudions plus particulièrement l'intégration de la technologie RFID dans le domaine du transport et nous évaluons l'impact de cette application sur la performance de la Supply Chain globale.

## 2. Problématique

Le transport est considéré comme un maillon d'une importance particulière car il assure la liaison entre les différents niveaux du système logistique depuis l'approvisionnement jusqu'à la distribution. Le transport est un des éléments majeurs dans la qualité de service et le coût logistique puisque directement lié aux retards, erreurs, pertes, casses, vols, avaries, etc. [Crainic & Roy, 1988 ; Vollmann et al., 2004 ; Tseng & Yue, 2005 ; Baglin et al., 2007 ; Hoff et al., 2008]. Le transport est un acteur essentiel, sa maîtrise impacte considérablement la performance des chargeurs, des clients et par conséquent de la Supply Chain dans sa globalité.

L'entreprise peut elle-même assurer l'activité du transport en acheminant ses produits soit avec ses propres véhicules ou en louant un parc de véhicules avec chauffeurs. L'entreprise peut également faire appel à un professionnel transporteur en relation directe chargeur-transporteur ou bien par l'intermédiaire d'un transitaire/commissionnaire de transport. Dans le transport, plusieurs activités sont prises en charge : la détermination des routes, la planification des tournées, la préparation des documents de transport, le chargement, le déchargement, le suivi des litiges, etc. La gestion du transport implique la détermination de l'approche la plus efficace pour gérer toutes ces activités afin d'offrir un meilleur niveau de service aux clients à moindre coûts. [Ballou, 1987 ; Frazelle, 2002]

Les entreprises de transport sont également impactées par l'instabilité de l'environnement où un certain nombre d'évènements inattendus peuvent survenir : apparition d'une nouvelle demande, annulation d'une demande, perte de produits, retard, dépassement du seuil de température, erreur de livraison, accident, etc. N'ayant pas une visibilité en temps réel sur l'occurrence des évènements, le transporteur exécute ses tournées suivant une feuille de route initialement planifiée. Les décisions ne peuvent être prises au moment opportun impactant négativement la performance de la fonction transport.

Pour faire face à l'instabilité de l'environnement, les entreprises doivent appuyer leur pilotage sur leur capacité à s'adapter à l'incertitude et à répondre rapidement aux différents aléas [Neiger et al., 2007 ; Spalanzani & Evrard Samuel, 2006 ; Ruel & Evrard Samuel, 2011]. Dans ce contexte, le pilotage passe d'une approche corrective où l'information est utilisée pour apporter des solutions à posteriori après l'occurrence réelle de l'évènement, à une approche réactive où un nombre de règles de décisions est appliqué en temps réel [Berchet et al., 1999], [Cardin et al., 2008]. Pour cela, la disponibilité de l'information relative à l'état des ressources (endroit du véhicule, heures d'arrivée, etc.) et des produits transportés (conformité, intégrité, etc.) devient de plus en plus primordiale pour une prise de décision réactive, notamment avec la prise de conscience environnementale des entreprises et le développement durable. [Fleischmann et al., 2004].

Dans une chaîne logistique, la disponibilité de l'information associée aux produits est souvent interrompue durant le processus de transport. Étant principalement orientée vers le pilotage des ressources (camions), le transport est considéré comme un point de rupture de l'information liée aux flux des produits [Cheung et al., 2008. Martinez-Sala, 2009. Wen, 2010]. Afin de mieux maîtriser cette information temps réel, de nouvelles réflexions sont mises en place consistant à utiliser les Technologies de l'Information et de la Communication TIC lors du routage des produits dans le but d'améliorer la traçabilité des produits, d'assurer leur localisation continue et de rationaliser la planification des tournées. [Wang et al., 2010 ; Ruiz-Garcia, 2009 ; Jedermann et al., 2009].

Il s'agit de penser à des solutions de traçabilité des produits tout au long de leur cycle de vie en focalisant l'analyse sur l'activité la moins instrumentée de la Supply Chain , en

l'occurrence le transport. Les produits transportés seront équipés en multi-technologies d'accès à l'information (la RFID : Radio Frequency Identification), de localisation (le GPS : Global Positioning System) et de transmission d'information (le GSM : Global System for Mobile), dans l'objectif de concevoir une solution technique et organisationnelle permettant un pilotage dynamique et une prise de décision réactive afin d'améliorer la gestion du transport au travers d'un routage centré sur le produit.

Cette thèse est réalisée dans le cadre du projet industriel PRODIGE (routage de PRODUit intelliGEnts). Le projet est financé par l'ANR pour une durée de trois ans. Il vise à mettre en place un système qui permettrait une visibilité continue et en temps réel des produits durant la phase de transport en mettant en application les technologies de capture automatiques des informations, de localisation et de transmission des données. Néanmoins, un tel projet et les expérimentations associées se focalisent exclusivement sur l'activité de transport elle-même, et n'intègrent pas d'études sur l'apport de ces technologies dans le déroulement des activités connexes au transport.

La thèse s'inscrit dans le cadre de ce projet de recherche. Elle s'intéresse à l'utilisation de la technologie RFID, dans la création d'un continuum informationnel permanent pour toutes les activités de la chaîne logistique, afin de démontrer sa réelle utilité et les gains de performances estimés. Le périmètre du projet se limite à l'activité transport à proprement dite, celui de la thèse englobe non seulement l'activité du transport mais également les activités amont et aval à cette dernière : préparation de commandes, chargement et de déchargement.

Nous proposons d'étudier les retombées de l'application de la technologie RFID dans le transport et d'évaluer cette intégration sur la performance de la Supply Chain. Nous mettons une attention particulière sur l'intérêt de fournir une traçabilité continue dans un environnement complexe où des décisions doivent être prises suite à l'apparition d'évènements incertains.

### 3. Objectifs, contributions et questions de recherche

Dans notre travail de recherche, nous nous intéressons à évaluer l'impact de l'utilisation de la technologie RFID dans une Supply Chain intégrant le transport. Nous nous focalisons sur un pilotage orienté produit où l'information émane du produit grâce à l'identification automatique pour être transmise aux différents partenaires. Cette information est exploitée à des fins de routage des produits, d'organisation des activités logistiques, d'aide aux clients industriels et de traçabilité des marchandises. Nous mesurons cet impact par une comparaison entre une Supply Chain basée sur l'utilisation du code à barre et celle où la RFID est adoptée. Nous introduisons un certain nombre d'aléas pouvant survenir lors de l'acheminement des produits vers les clients et nous évaluons, en se basant sur des indicateurs, la réaction de la Supply Chain avant et après l'intégration de la RFID.

La contribution de notre thèse réside en l'étude de l'impact de l'utilisation de la RFID pour des objectifs de pilotage orienté produit en proposant une modélisation dynamique des processus de transport afin d'analyser le comportement de la Supply Chain en réaction à l'occurrence de certains aléas.

Dans le cadre de cette thèse, les objectifs de recherche visés sont (Figure 1) :

- **Objectif 1** : analyser l'adoption des technologies de l'information et de la communication dans une démarche de pilotage des systèmes inter-organisationnels,

- **Objectif 2** : étudier l'intégration des technologies de la RFID dans les processus de la Supply Chain,

- **Objectif 3** : identifier et mesurer l'impact de l'utilisation de la technologie RFID sur la performance de la Supply Chain en s'attardant sur les aléas liés au processus de transport.

Afin de répondre aux objectifs de recherche, nous posons les questions de recherche suivantes :

Qu'est-ce que les technologies de l'Information et de la Communication (TIC) ? Quelles sont les différentes typologies de ces technologies ? Quel est l'impact de leur utilisation sur la performance de la Supply Chain ? Les éléments de réponses se retrouvent dans le **chapitre 1** et répondent au premier objectif de recherche.

Qu'est-ce que la technologie RFID ? Quels sont les avantages de cette technologie par rapport aux autres technologies d'identification automatique des objets ? Comment s'intègre-t-elle avec les systèmes d'information existants ? Quels est l'impact de son utilisation sur la performance Supply Chain ? Quelle est l'approche utilisée pour étudier l'impact de la RFID sur la performance ? Les réponses à ces questions sont apportées dans le **chapitre 2** et correspondent au deuxième objectif de recherche.

Quels sont les outils de modélisation qui existent ? Quels sont ceux les plus appropriés au sujet de la thèse ? C'est l'objet du **chapitre 3** qui aborde en partie le troisième objectif de recherche.

Quel est le cadre d'expérimentation de la thèse ? Comment se positionne la thèse par rapport au projet ? Quels sont les processus intra/inter-entreprises affectés par l'utilisation de la RFID ? Ces questions sont abordées dans le **chapitre 4** et répondent en partie au troisième objectif de recherche.

Quels sont les impacts potentiels de l'utilisation de la RFID sur la performance de la Supply Chain intégrant le transport ? Quels sont les scénarii à simuler ? Quels sont les événements à intégrer ? Quels sont les indicateurs de performances à considérer ? Ces questions sont soulevées dans le **chapitre 5** et correspondent au troisième objectif de recherche.

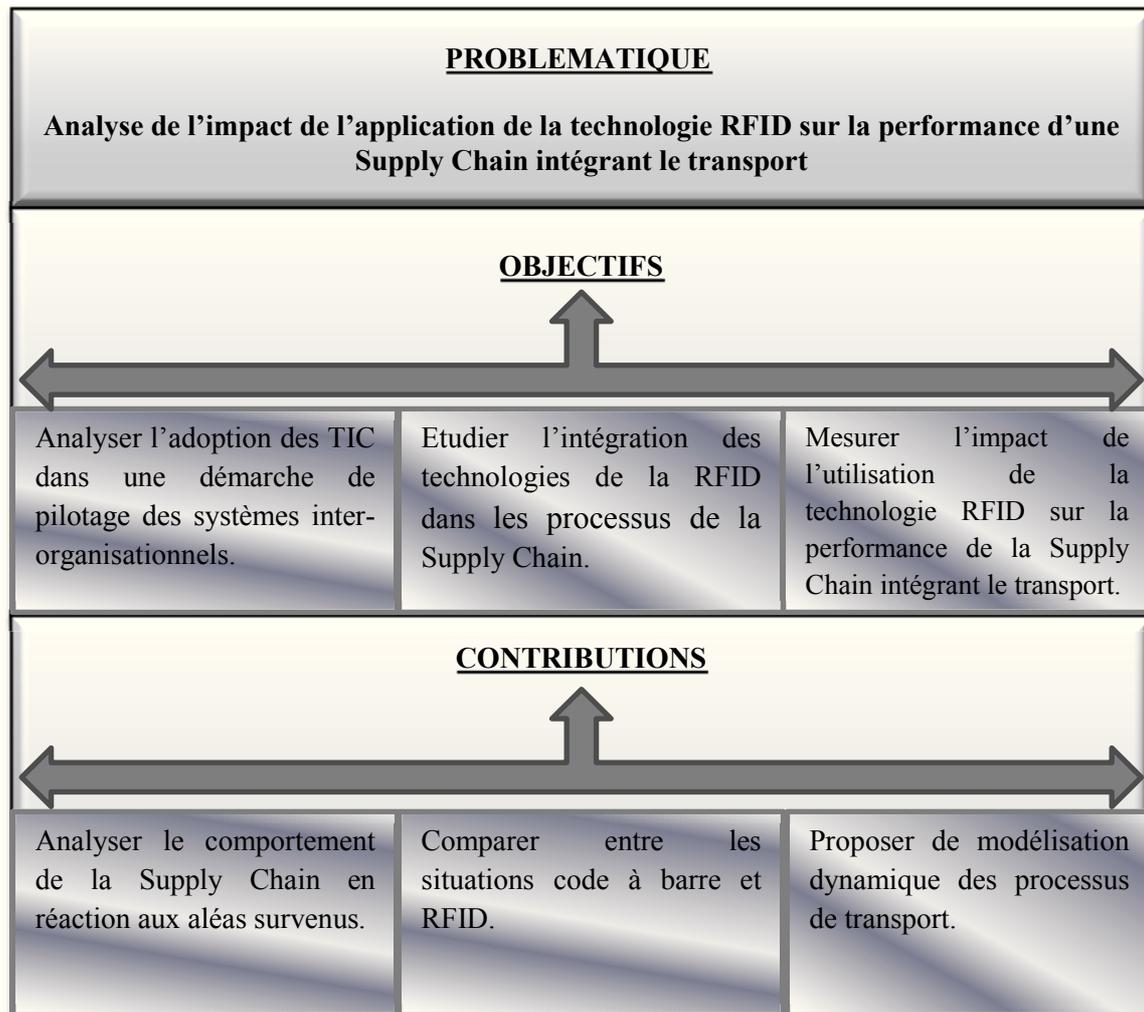


Figure 1 : Positionnement de thèse

#### 4. Plan de lecture

La présente thèse est subdivisée en cinq chapitres qui correspondent aux objectifs et questions de recherche présentés dans le [Tableau 1](#) ci-dessous.

Dans le premier chapitre, nous mettons en évidence le rôle et l'impact de l'utilisation des Technologies de l'Information et de la Communication (TIC) dans la Supply Chain. Nous concluons par montrer l'intérêt d'utiliser la technologie RFID dans notre recherche.

Dans le deuxième chapitre, nous exposons une synthèse détaillée des caractéristiques de la technologie RFID. Nous présentons un état de l'art sur la technologie pour bien expliquer ses capacités et ses limites et mettre en relief ses applications dans les différents domaines de la Supply Chain. Nous présentons également une revue de littérature relative à l'évaluation de l'impact de la technologie RFID sur la performance de la Supply Chain.

Tableau 1 : Objectifs et questions de recherche

Objectifs de recherche	Questions	Chapitres
<b>Objectif 1 :</b>  Analyser l'adoption des TIC dans une démarche de pilotage des systèmes inter-organisationnels (Supply Chain).	Qu'est-ce que les technologies de l'Information et de la Communication (TIC) ?	<b>1</b>
	Quelles sont les différentes typologies de ces technologies ?	
	Quel est l'impact de leur utilisation sur la performance de la Supply Chain ?	
<b>Objectif 2 :</b>  Etudier l'intégration des technologies de la RFID dans la Supply Chain.	Qu'est-ce que la technologie RFID ?	<b>2</b>
	Quels sont ses avantages par rapport aux autres technologies d'identification automatique des objets ?	
	Comment s'intègre-t-elle avec les systèmes d'information existants ?	
	Quels est l'impact de son utilisation sur la performance Supply Chain ?	
	Quelle est l'approche utilisée pour étudier la performance ?	
<b>Objectif 3 :</b>  Identifier et mesurer l'impact de la RFID sur la performance d'une Supply Chain intégrant le transport.	Quels sont les outils de modélisation processus existants ?	<b>3</b>
	Quels sont les modèles appropriés au sujet de la thèse ?	
	Quel est le cadre d'expérimentation de la thèse : présentation du projet ?	<b>4</b>
	Comment se positionne la thèse par rapport au projet ?	
	Quels sont les processus intra/inter-entreprises affectés par l'utilisation de la RFID ? Quels sont les changements apportés par la RFID ?	
	Quels sont les impacts potentiels de l'utilisation de la RFID sur la performance de la Supply Chain intégrant le transport ?	<b>5</b>
	Quel est le modèle à simuler ?	
	Quels sont les scénarii de simulation ?	
	Quels sont les événements à intégrer ?	
	Quels sont les KPI à considérer ?	
	Quels sont les résultats obtenus ?	

Dans le troisième chapitre, nous mettons en exergue l'importance de la phase de modélisation et l'intérêt de bien choisir le modèle approprié pour réaliser cette étape. Nous réalisons un état des lieux des principaux modèles existants et nous les comparons en s'appuyant sur certains critères afin de repérer ceux qui permettent de cartographier les processus physiques et informationnels tout en prenant en compte l'aspect dynamique et la gestion événementielle.

Dans le quatrième chapitre, nous décrivons le cadre d'expérimentation qui nous permet de valider les choix que nous retenons : cadre de modélisation, méthodes et outils d'évaluation

de performance. Nous présentons l'approche scientifique et technique du projet ainsi que son périmètre et ses limites. Nous décrivons également les entreprises faisant objet de l'étude en l'occurrence GT-SA et Martin-Brower.

Dans un premier temps, nous modélisons les processus tels qu'ils sont exécutés au niveau des entreprises partenaires du projet. Nous décrivons, par la suite, les différents changements issus de la mise en place de la technologie RFID.

Dans le cinquième chapitre, nous mettons l'accent sur l'analyse de l'impact de l'utilisation de la technologie RFID sur la performance. Nous décrivons la simulation réalisée avec le logiciel ARENA 13.9, ses paramètres, ses données d'entrée et ses hypothèses. Nous présentons également les indicateurs de performance retenus et les événements aléatoires à introduire. Trois types de scénarii de simulation sont décrits dans ce chapitre : le premier scénario représente un système adoptant la technologie du code à barre, dans le deuxième, les tags RFID sont posés sur les palettes et enfin dans le troisième scénario, les tags RFID sont mis sur colis. Nous comparons les trois scénarii en proposant dans un premier lieu, un modèle de simulation sans aléas où nous supposons que l'acheminement des produits vers les clients se déroule correctement sans aucune erreur observée. Dans un second lieu, nous introduisons aléatoirement des événements pouvant survenir lors du transfert des produits vers les clients afin d'évaluer le comportement de la Supply Chain et de mesurer les performances réalisées avec et sans utilisation de la technologie RFID. Nous concluons le chapitre par la présentation des résultats et leur analyse.

Dans la conclusion, nous présentons la synthèse des principaux résultats obtenus, les limites ainsi que les perspectives de recherche.

## **Chapitre 1 Les Technologies de l'Information et de la Communication (TIC) au service de la Supply Chain**

L'application des technologies de l'information et de la communication (TIC) a pris toute son importance compte tenu de l'incertitude et de l'instabilité de l'environnement dans lequel opèrent les entreprises actuellement.

Face à ce contexte turbulent, le management de la Supply Chain doit s'appuyer sur la capacité à s'adapter à l'imprévisibilité et à répondre rapidement aux différents aléas. L'intégration des TIC est considérée comme une condition principale à un contrôle efficace et réactif des chaînes logistiques de plus en plus complexes. Dans ce chapitre, nous analysons la place des TIC dans la gestion des organisations et nous mettons en évidence leur impact et leur rôle dans le pilotage de la Supply Chain.

## 1.1. Introduction

L'avancée technologique des outils de communication et d'information motive de nombreux chercheurs à s'intéresser aux rôles des TIC en Supply Chain. [DeGroot & Marx, 2013 ; Tallon & Pinsonneault, 2011 ; Vickery et al., 2010 ; Ganguly et al., 2009 ; Swafford et al., 2008 ; Van Oosterhout et al., 2006].

L'environnement dans lequel opèrent les entreprises implique des exigences plus strictes en termes de réduction de coûts, de satisfaction clients, de traçabilité des produits tout au long de leur cycle de vie. Dans ce contexte, la collaboration est considérée comme une source d'avantage compétitif qui permet aux entreprises de coopérer étroitement pour faire face à l'incertitude et à la volatilité des marchés. [Fiala, 2005 ; Petersen et al., 2005 ; Thun, 2010]. La collaboration permet d'atteindre un niveau de réactivité et de flexibilité qu'une entreprise seule ne pourra jamais atteindre. Les TIC sont reconnues comme des catalyseurs dans cette démarche de collaboration inter-entreprises car elles autorisent la capture rapide d'un grand volume d'informations et son partage entre les différents protagonistes de la Supply Chain. [Sheu et al., 2006 ; Barlow & Feng, 2005 ; Gunasekaran & Ngai, 2004 ; Marquez, 2010 ; Nath & Standing, 2010 ; Hartono et al., 2010]. La qualité de l'information échangée est le socle de toute action et décision prises en temps opportun pour répondre aux changements du marché. [Sellitto, et al., 2007 ; Whipple & Russell, 2007 ; Simatupang & Sridharan, 2008].

En se référant aux travaux de [Simchi-Levi et al., 2003], nous pouvons résumer les objectifs de l'utilisation des TIC en Supply Chain dans les trois points suivants : (i) fournir une visibilité continue à travers une information disponible à tout moment, (ii) assurer une prise de décision basée sur une information partagée tout au long de la Supply Chain et (iii) permettre une collaboration entre les différents partenaires.

Les travaux scientifiques montrent principalement des résultats qui s'orientent vers un impact positif de l'utilisation des TIC sur la performance de la Supply Chain. [Olson & Boyer, 2003 ; Jayaram et al., 2000 ; Sanders & Premus, 2005 ; Da Silveira & Cagliano, 2006 ; Lai et al., 2008 ; Swafford et al., 2008 ; Zhang & Dhaliwal, 2009]. Toutefois, de nombreux chercheurs s'accordent à dire que cet impact positif ne peut s'atteindre que si les TIC sont associées à une réelle démarche d'intégration des pratiques et de l'environnement. [Kent & Mentzer, 2003 ; Ward & Zhou, 2006 ; Paulraj & Chen, 2007 ; Jeffers et al., 2008].

Ce chapitre présente les différentes TIC, met en évidence leur rôle dans l'organisation des entreprises et la relation qui les lie à la performance de la Supply Chain.

Nous débutons le chapitre par une revue de littérature sur l'évolution des chaînes logistique et de leur gestion globale. Nous présentons la place de l'information dans le pilotage de ces chaînes en nous focalisant sur le rôle des TIC et leur impact sur la performance de la Supply Chain globale.

## 1.2. Évolution vers le concept de la Supply Chain

La littérature scientifique a accordé une importance particulière au concept de la Supply Chain. Plusieurs auteurs présentent la Supply Chain comme une démarche de gestion des flux qui se focalise sur la conception, la configuration et le pilotage des flux physiques et informationnels. La Supply Chain est considérée comme un système de sous-traitants, de producteurs, de distributeurs, de détaillants et de clients entre lesquels s'échangent les flux matériels dans le sens des fournisseurs vers les clients et des flux d'informations dans les deux sens [Forrester, 1961 ; Shapiro & Heskett, 1985 ; Colin & Paché, 1988 ; Christopher, 1992 ; Stadtler, 2000 ; Lummus & Vokurka, 1999 ; Tayur et al., 1999].

[Tixier et al., 1983 ; Stadtler & Kilger, 2000 ; Lapede, 2001 ; Samii, 2001] introduisent la gestion des flux financiers aux deux types de flux précédemment présentés (matière et information). [Heskett, 1973 ; Le Moigne, 1977 ; Tixier et al., 1983 ; Michrafy et al., 2006], confirment les définitions précédentes et mettent en évidence d'autres types de flux, en l'occurrence les flux du personnel et des équipements. [Michrafy et al., 2006] s'entendent à présenter la Supply Chain comme un ensemble de personnes (morales ou physiques) qui participent directement aux flux en amont et en aval des produits, des services, d'information et des produits financiers allant d'un point d'origine jusqu'à un point de destination.

D'autres chercheurs présentent la Supply Chain en se concentrant sur le degré d'intégration des processus. L'entreprise peut être considérée comme une succession de fonctions qui correspondent à une chaîne logistique interne. [Lummus & Vokurka, 1999] met en exergue l'aspect fonctionnel de la Supply Chain en la présentant comme un ensemble d'activités impliquées dans la livraison d'un produit depuis le stade de matière première jusqu'à la réception chez le client. Ces activités incluent l'approvisionnement en matière première 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 ainsi que le système d'information qui permet le suivi de toutes ces activités.

[Christopher, 1992 ; Lee & Billington, 1993 ; Beamon, 1998] mettent l'accent sur la relation entre l'entreprise et ses partenaires directes en amont et en aval. Ils considèrent la Supply Chain comme un réseau d'entreprises qui participent aux différents processus d'approvisionnement en matières premières, leur transformation en produits finis puis leur distribution vers les clients finals. [Mentzer et al., 2001] corroborent les idées des auteurs précédents et décrivent la Supply Chain comme un regroupement d'au moins trois acteurs directement impliqués dans les flux des produits, des services, des finances et/ou d'informations, qui vont d'une source jusqu'à un destinataire.

D'autres auteurs présentent des définitions plus étendues dépassant la relation (fournisseur-entreprise-client). Ils exposent une Supply Chain constituée de fournisseur de fournisseurs et de client de clients. Ces auteurs mettent l'accent sur la relation de collaboration. [Ballou, 1992 ; Kearney, 1994 ; Poirier & Reiter, 1996 ; Christopher, 1998] définissent la Supply Chain comme un réseau d'organisations reliées par des accords de partenariat amont et aval pour les différents processus et produits afin de leur donner de la valeur pour le consommateur final.

Selon [Dupont 2003], la Supply Chain est un ensemble d'acteurs, où chacun est à la fois le client de l'acteur amont et le fournisseur de l'acteur aval, qui interagissent et enchaînent un certain nombre de processus de façon cohérente. [Govil & Proth, 2002 ; Génin, 2003] soulignent l'importance de l'aspect coopératif et collaboratif pour atteindre de meilleurs résultats globaux. Ils présentent la Supply Chain comme un réseau global d'organisations qui coopèrent pour réduire les coûts, augmenter la réactivité des flux de matières et d'informations entre les partenaires afin d'atteindre la satisfaction des clients.

[Porter, 1986] considère la Supply Chain comme une chaîne de valeur où les activités intra et inter-entreprises sont organisées de telle manière à satisfaire le client final [Lee & Billington, 1993 ; Beamon, 1998]. [Hines, 1993 ; Heeramun, 2003] assimilent la Supply Chain à une chaîne de valeur globale, et cherchent à identifier les activités qui créent de la valeur.

[Christopher, 1992 ; La Londe et Masters, 1994 ; Christopher, 1999 ; Lambert & Cooper, 2000], mettent en évidence la création de valeur en Supply Chain et la définissent comme étant l'intégration des processus opérationnels clés pour créer de la valeur sous forme de produits et de services apportés aux clients et autres parties prenantes.

[Hines, 1993] propose un modèle où le point de départ est le client. Dans son modèle, l'auteur intègre les organisations de la Supply Chain dans un processus logistique unique. À partir des

besoins des clients, les fonctions logistiques répondent à la demande en ajoutant de la valeur au niveau de chaque processus depuis la matière première jusqu'au produit livré au client final.

En analysant toutes les définitions données, nous notons que les articles étudiés s'articulent autour des trois approches principales (Tableau 2) :

- la gestion des flux,
- le degré d'intégration de la chaîne : Entreprise en interne, les partenaires directes ou le réseau étendu,
- la création de la valeur.

Tableau 2 : Classification de la littérature par approche

Approches	Auteurs
<b>Gestion des flux</b>	[Forrester, 1961 ; Heskett, 1973 ; Le Moigne, 1977 ; Tixier et al., 1983 ; Shapiro & Heskett, 1985 ; Colin & Paché, 1988 ; Christopher, 1992 ; Tayur et al., 1998 ; Lummus & Vokurka, 1999 ; Stadtler, 2000 ; Stadtler & Kilger, 2000 ; Lapide, 2001 ; Samii, 2001 ; Michrafy et al., 2006]
<b>Degré d'intégration</b>	[Christopher, 1992 ; Ballou, 1992 ; Lee & Billington, 1993 ; Kearney, 1994 ; Poirier & Reiter, 1996 ; Beamon, 1998 ; Christopher, 1998 ; Lummus & Vokurka, 1999 ; Mentzer et al., 2001 ; Govil & Proth, 2002 ; Dupont, 2003 ; Génin, 2003 ; Hines, 1993]
<b>Création de la valeur</b>	[Porter, 1986 ; Christopher 1992 ; Lee & Billington, 1993 ; Hines, 1993 ; La Londe & Masters, 1994 ; Beamon, 1998 ; Christopher 1999 ; Lambert & Cooper, 2000 ; Heeramun, 2003]

Nous concluons à travers ces différentes approches que la Supply Chain est :

- un réseau de partenaires qui gèrent, essentiellement, trois types de flux : physique, informationnel et financier ;
- toujours orientée vers la création de la valeur aux clients finals ;
- chaque partenaire est composé d'un ensemble de processus d'approvisionnement, de transformation de distribution et de vente qui constituent des structures intra et inter-organisationnelles ;
- l'objectif des entreprises qui constitue la Supply Chain est commun et consiste à concourir conjointement à l'amélioration de la performance locale d'une part, et de celle de la Supply Chain dans sa globalité, d'autre part.

### 1.3. Clarification du concept de Supply Chain Management

Le Supply Chain Management (SCM) a été introduit en 1982 [Oliver & Webber, 1982] et a fait l'objet de recherche abondante dans la littérature [Croom et al., 2000 ; Tan, 2001 ; Mentzer et al., 2001 ; Power, 2005 ; Gibson et al., 2005]. Ces auteurs présentent le SCM comme un ensemble de méthodes et de concepts qui permettent de gérer la Supply Chain. Le SCM est considéré comme une démarche qui a pour objectif de transformer les organisations axées sur le profit local en des organisations s'orientant vers la satisfaction des clients et la performance globale.

Le SCM a pour but de gérer et de coordonner les flux qui traversent la Supply Chain. [Berry & Naim, 1994 ; Thomas & Griffin, 1996 ; Tan et al., 1998 ; Stadtler, 2000 ; Genin, 2003 ; Stadtler, 2005] mettent en évidence cet aspect de transversalité des flux. Selon ces auteurs, le SCM vise à construire de la confiance entre les partenaires par l'échange des flux

informationnels [Berry & Naim, 1994]. Le SCM est assimilé complètement à la gestion des flux de marchandises et d'informations à la fois dans et entre les sites tels que les points de vente, les centres de distribution et les usines de production [Thomas & Griffin, 1996].

Plusieurs auteurs s'entendent à présenter le SCM comme une démarche intégrative dont le but est de décloisonner les fonctions de l'entreprise et d'intégrer les différentes parties prenantes de la Supply Chain. [Stadtler, 2000 ; Stadtler, 2005] définissent le SCM comme la démarche qui permet l'intégration d'unités organisationnelles le long de la chaîne logistique et la coordination des flux physiques, informationnels et financiers dans le but de satisfaire le consommateur final et d'améliorer la compétitivité de la chaîne dans son ensemble.

[Tan et al., 1998 ; Rota-Franz et al., 2001 ; Simchi-Levi et al., 2003] rejoignent [Stadtler, 2000 ; Stadtler, 2005] pour affirmer que le SCM vise à intégrer efficacement les fournisseurs, les producteurs et les distributeurs afin d'améliorer les performances locales et globales des entreprises en termes de délai, de quantité, de qualité et de minimisation des coûts.

[Simchi-Levi et al., 2003 ; Simchi-Levi, 2007] considèrent le SCM comme un ensemble d'approches utilisées pour faire participer conjointement 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 finals à moindre coût. Selon [Christopher, 1992 ; Aitken, 1998], le SCM est le management d'un réseau d'organisations connectées et mutuellement interdépendantes qui travaillent de manière coopérative pour contrôler, gérer les flux physiques et informationnels dans le but de délivrer une valeur au client au moindre coût.

[Christopher, 1999 ; Geunes & Chang, 2001] introduisent l'aspect stratégique dans la définition du SCM et le présentent comme un ensemble d'actions stratégiques qui fonde la pérennité et la compétitivité des firmes sur leur intégration dans une Supply Chain agile, permettant une adaptation rapide, stratégique et opérationnelle aux changements de l'environnement.

[Rota-Franz et al., 2001 ; Dominguez & Lashkari, 2004 ; Barry & Naim, 1994] mettent l'accent sur la gestion des ressources où il est question d'utiliser un ensemble de moyens internes et externes pour répondre à la demande des clients. [Dominguez & Lashkari, 2004] notifie que le principal objectif du SCM est d'allouer efficacement les ressources de production, de distribution, de transport et d'information, afin d'atteindre un niveau de service client au plus bas prix.

À travers les différentes définitions précédemment présentées par les auteurs, nous pouvons dégager les points de similitude suivants :

- le SCM est une démarche qui passe d'une organisation fonctionnelle à une organisation par processus décloisonnée permettant de gérer la collaboration et l'intégration dans la Supply Chain.
- le SCM transforme la gestion des produits en une gestion orientée client. La satisfaction du client est l'objectif de toute la Supply Chain.
- le SCM n'est pas basé sur le profit local. Il intègre une dimension de performance collective et globale.

En conclusion, nous déduisons que le SCM intègre les opérations transverses aux flux physiques et d'information en choisissant les différents intervenants avec lesquels l'entreprise

va collaborer et les processus qui permettent d'y parvenir. [Paché & Colin, 2000]. Ces mêmes auteurs affirment que les décisions en intra et en inter-entreprises sont prises en fonction des processus transversaux impliquant tous les partenaires de la Supply Chain.

L'intégration des processus intra-organisationnels à ceux de leurs fournisseurs et leurs clients constitue une stratégie déterminante pour toute entreprise qui veut assurer sa pérennité et sa compétitivité, compte-tenu du contexte économique actuel (concurrence acerbée, durée de vie courte des produits, demande de client volatile, etc.) [Frohlich & Westbrook, 2001; Kulp et al., 2004; Sahin & Robinson, 2005; Watson & Zheng, 2005; Mitra & Singhal, 2008].

#### 1.4. Stratégie d'intégration : créatrice de valeur en Supply Chain Management

Nous constatons que le concept d'intégration revêt une importance particulière dans les définitions de la Supply Chain et du SCM. La Supply Chain est passée d'une vision interne à une vision étendue et collaborative où la démarche intégrative des processus et des activités prend tout son sens.

Dans toute stratégie d'intégration, les acteurs doivent s'interroger sur le type et l'étendue de l'intégration qu'ils souhaitent mettre en place. [Fabbe-Costes, 2007] identifie, dans ses travaux, quatre couches d'intégration :

- les flux : les flux doivent être fluides, pertinents et continus aussi bien en intra-organisationnel qu'entre les partenaires. Une meilleure intégration des flux d'information améliore la gestion des flux physiques et financiers.
- les processus et les activités : les opérations doivent être synchronisées pour tous les processus opérationnels, organisationnels et tactiques : production, distribution, recyclage.
- les systèmes et les technologies : elle permet de garantir une interopérabilité et une inter-connectivité des technologies au niveau de la Supply Chain. Cette intégration exige la communication et la standardisation des outils de communication entre les différents partenaires.
- les acteurs : il s'agit de définir la coordination, la collaboration et la coopération entre les parties prenantes.

L'étendue de l'intégration Supply Chain a été étudiée sous divers aspects liés au degré d'interactions, coordination et collaboration au niveau intra et inter-organisationnel [Harland, 1996 ; Cohen & Roussel, 2005 ; Baglin et al., 2007 ; Paché & Spalanzani, 2007 ; Lambert et al., 1998 (b) ; Paché & Colin, 2000 ; Mentzer et al., 2001].

[Paché & Spalanzani, 2007] élaborent une grille d'intégration Supply Chain à cinq niveaux axés sur les relations inter-organisationnelles de la Supply Chain.

##### - **niveau 1 : intégration intra-organisationnelle :**

L'objectif est de piloter une performance en associant les différentes fonctions de l'entreprise (conception, marketing, production, etc.).

##### - **niveau 2 : intégration inter-organisationnelle** [Håkansson & Persson, 2004].

Le pilotage de la performance s'effectue en intégrant les acteurs proches de l'entreprise : fournisseurs et clients directs.

- **niveau 3 : intégration inter-organisationnelle étendue** [Harland, 1996 ; Håkansson & Persson, 2004]

L'ensemble des acteurs (directs et indirects) d'une chaîne sont impliqués dans la recherche de la performance.

- **niveau 4 : intégration multi-chaînes** [Lambert et al., 1998 (b) ; Håkansson & Persson, 2004]

L'entreprise s'intègre dans un réseau complexe de relation où chaque entreprise du réseau peut être le « pilote » ou le « pivot » de la relation. Ce niveau « multi-entreprises » permet à chaque entreprise de prendre de la hauteur en offrant des démarches de performance intersectorielle (les exemples sur la GMA – Gestion Mutualisée des Approvisionnements en sont une bonne illustration).

- **niveau 5 : intégration sociétale**

Les entreprises d'un réseau global supposent des dimensions de performance associées au développement durable (environnement, société) et valorisées dans un environnement plus large de la société.

Le SCM repose sur des stratégies d'intégration qui requièrent une collaboration et une coordination entre les différentes parties prenantes d'une Supply Chain. Cette intégration dépend essentiellement des couches et des étendues concernées. Quel que soit le niveau d'intégration, la capacité des processus logistiques à créer de la valeur dépend de l'intégration de l'information au niveau de la Supply Chain [Gulledge, 2006 ; Fosso Wamba, 2009]. La gestion des flux d'informations une condition essentielle dans le pilotage de la Supply Chain étendue car elle permet de gérer les processus à l'intérieur des frontières de l'entreprise (intra-organisationnel) et au niveau des interfaces entre les différents partenaires (inter-organisationnel) [Fiala, 2005 ; Wang & Wei, 2007 ; Le Du, 2011].

L'intégration de l'information est accélérée par le progrès des TIC qui permettent d'automatiser les différents processus de la Supply Chain, de renforcer la coordination des activités inter et intra-organisationnelles et d'accroître la visibilité par une synchronisation des flux de matières avec les flux d'informations. [Fosso Wamba & Boeck, 2008 ; Gaukler & Seifert, 2007 ; Whitaker et al., 2007].

Le choix et l'implémentation des TIC diffèrent en fonction du niveau d'intégration que l'entreprise souhaite instaurer. Nous présentons les différentes TIC existantes et nous les classons suivant le niveau d'intégration organisationnelle.

### 1.5. Évolution et typologies des Technologies de l'Information et de la Communication (TIC)

Parallèlement à l'évolution de l'environnement, les TIC ont également connu des progrès importants : développement d'internet, échanges électroniques des données, augmentation de la capacité de stockage, rapidité des processus, etc. [Laudon & Laudon, 2007]. Le développement des TIC joue un rôle important dans la gestion des chaînes logistiques car elles permettent à un volume important de données d'être collecté, transféré et partagé en temps réel [Gunasekaran & Ngai, 2004 ; Nurmilakso, 2008, grâce à des outils tels que les EDI (Electronic Data interchange), les ERP, les APS, la RFID, etc. [Bourland et al., 1996 ; Kärkkäinen, 2002 ; Kelle & Akbulut, 2005 ; Subramanya & Sharma, 2008 ; Welker et al., 2008].

Les Technologies de l'Information et de la Communication peuvent être classées en : progiciels de gestion, outils de communication et d'échanges inter-entreprises, outils de mobilité, outils d'identification et d'acquisition des données.

### 1.5.1. Les progiciels de gestion de la Supply Chain

Le système d'information est un domaine qui a fortement évolué avec l'apparition de nombreux outils de gestion et d'optimisation de la chaîne logistique :

#### - Les progiciels intégrés : ERP

L'évolution de la Supply Chain a connu une première phase d'intégration se limitant aux flux internes de l'entreprise. Il s'agit d'aligner, de synchroniser et de coordonner toutes les fonctions opérationnelles de l'entreprise (finance, comptabilité, achat, production, etc.) vers des objectifs communs pour mieux satisfaire le client final. Cette intégration intra-organisationnelle requiert un système d'information interne et efficace donnant naissance dans les années 1990, aux progiciels « tout intégrés » appelés les ERP. Ces derniers s'utilisent sur un plan opérationnel et sont dédiés à intégrer les données transactionnelles (commandes clients, ordres d'achat, factures fournisseurs, entrées/sorties des entrepôts, etc.).

Les ERP se développent autour d'une base de données unique et commune [Rowe, 1999 ; Min & Zhou, 2002 ; Kelle & Akbulut, 2005] et assurent une standardisation des échanges de données au sein de l'organisation en favorisant une efficacité intra-organisationnelle. Pour chaque maillon de la Supply Chain, les systèmes d'information sont organisés autour d'un ERP accompagné d'un système de planification SCP et d'exécution SCE.

#### - Les progiciels de planification : SCP

Les APS (Advanced Planning System or Scheduling) ont pour rôle de faciliter la prise de décision car ils permettent une meilleure intégration de l'information [Vo & Bironneau, 2011]. Les APS sont utilisés à un niveau stratégique et sont souvent axés sur la programmation linéaire, les heuristiques et méta heuristiques. Ils intègrent différentes logiques de calcul de besoins et sont capables d'optimiser la majorité des fonctions de l'entreprise : achat, production, transport, distribution et vente [Stadtler, 2005]. En fonction de la demande exprimée en aval de l'entreprise, l'APS permet d'analyser la capacité des ressources (machines, main d'œuvre, matières, aires de stockage) et les diverses contraintes de planification afin de proposer un plan d'activité détaillé et adapté à une production optimale [Stadtler & Kilger, 2000 ; Genin et al., 2007].

#### - Les progiciels d'exécution : SCE

Les SCE sont appliqués à un niveau d'exécution. Ils ont pour vocation de communiquer les informations en temps réel et de mettre en place des systèmes d'alerte, afin de détecter les dysfonctionnements et d'apporter les mesures correctives adéquates. La famille des SCE regroupe les outils de gestion de commandes (Advanced Order Management, AOM), les outils de gestion d'entrepôt (Warehouse Management System, WMS), les outils de gestion du transport (Transport Management System, TMS), et ceux de pilotage de production (Manufacturing Execution System, MES).

#### - Customer Relationship Management : CRM

C'est un outil informatique qui collecte, organise et traite les informations relatives aux clients afin d'assurer un suivi personnalisé et fidéliser les clients. [Tang et al., 2005 ; Tseng & Huang, 2007].

### - **Supplier Relationship Management : SRM**

C'est un outil informatique dont le but est d'améliorer les activités d'approvisionnement par l'automatisation de certaines tâches (Sourcing, achat, échange d'informations). Cette automatisation permet d'optimiser les relations avec les partenaires en amont de manière à réduire les coûts d'achat et à réaliser des économies. Le suivi de la performance amont est établi grâce à une batterie d'indicateurs utilisés. [Choy et al., 2004].

### - **Supply Chain Event management : SCEM**

C'est un outil de gestion des dérives et d'analyse de leur impact sur la chaîne logistique. C'est une application destinée à détecter les événements pouvant survenir au niveau de la Supply Chain et d'en informer les utilisateurs. Le SCEM a pour rôle de garantir une visibilité totale de l'information afin d'apporter une solution à tous les événements auxquels une entreprise peut être confrontée : rupture de stock, erreur de préparation de commande, retard de livraison, etc. Le SCEM s'impose sur le plan opérationnel et se situe entre les solutions de SCP et SCE en s'appuyant sur les moyens technologiques actuels de diffusion de l'information en temps réel [Szirbik et al., 2000 ; Kärkkäinen et al., 2003 (a) ; Speyerer & Zeller, 2004 ; Adhitya et al., 2007 ; Cauvin et al., 2009 ; Bearzotti et al., 2012].

#### 1.5.2. Les outils de communication et d'échanges inter-entreprises

### - **EDI (Electronic Data Interchange)**

L'EDI est l'ancêtre des protocoles d'échange d'internet. C'est une technique qui autorise la transmission des données d'ordinateur à ordinateur et d'entreprise à entreprise en automatisant l'échange des données à caractère commercial (facture, bon de commande, avis de livraison, etc.). [Fosso Wamba, 2009 ; Sanders, 2007 ; Zhu et al., 2003] considèrent le coût de l'EDI comme onéreux particulièrement pour les PME. Les avantages les plus cités de l'EDI sont la réduction de l'utilisation du papier, d'erreurs, de délais, de ressources humaines et des stocks [Bourland et al., 1996]. Pour faciliter les échanges entre les partenaires, des standards tels que le GS1 ont été définis pour normaliser les messages et augmenter l'interopérabilité des utilisateurs.

### - **WEB (EDI)**

Dans sa forme la plus simple, le WEB (EDI) permet à des entreprises de petite et moyenne envergure de recevoir, traiter, créer et gérer des documents électroniques en utilisant uniquement un navigateur Web. En outre, le WEB (EDI) a l'avantage d'être accessible dans le monde entier et ne nécessite pas l'implication d'informaticien dédié pour gérer l'installation de logiciel.

### - **Internet :**

L'avènement de l'internet offre une large possibilité d'utilisation des technologies afin d'améliorer la gestion de la Supply Chain en termes de support et d'augmentation des interactions entre les acteurs de la Supply Chain.

#### 1.5.3. Les outils de mobilité

Les outils de mobilité ont pris une dimension importante grâce à l'avancée technologique. Ces outils englobent les terminaux embarqués, les techniques de géolocalisation (GPS) les smartphones, la téléphonie GPRS, 3G, 4G, le wifi, la fibre optique, etc.

#### 1.5.4. Les outils d'identification et d'acquisition des données

Les outils d'identification et d'acquisition des données sont utilisés pour instrumenter des produits afin de pouvoir les suivre tout au long de leur cycle de vie depuis le fournisseur jusqu'au client. Il existe diverses solutions, les plus répandues sont les codes à barre, les codes bidimensionnels, les bandes magnétiques, Near Field Contact (NFC) et les étiquettes à Radio-fréquence RFID. [Srivastava, 2004] considère la technologie RFID comme la révolution de la gestion de la Supply Chain car elle permet de coordonner, d'optimiser les flux physiques et informationnels entre les différents intervenants [Fosso Wamba & Boeck, 2008 ; Whitaker et al., 2007], d'automatiser les activités et d'intégrer les processus internes et externes. [Loebbecke & Palmer, 2006 ; Loebbecke, 2007 ; Fosso Wamba, 2009 ; Bendavid, 2010].

La Figure 2 décrit les différentes Technologies de l'Information et de la Communication présentées ci-dessus.

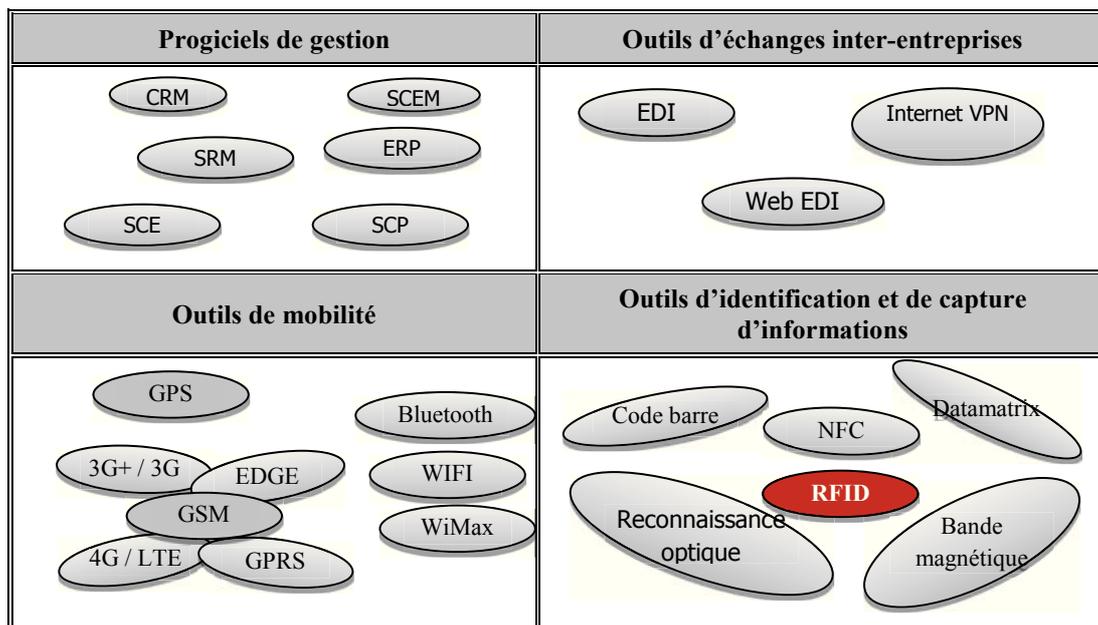


Figure 2 : Technologies de l'information et de la communication

[Bayraktar et al., 2009] classifient dans le Tableau 3, les Technologies de l'Information et de la Communication (TIC) suivant trois catégories : les technologies de l'entreprise étendue, les technologies intégratrices et les technologies facilitatrices.

Tableau 3 : Classification des TIC selon leur objectif

Catégories de technologies	Entreprise étendue	Intégratrices	Facilitatrices
Technologies (TIC)	ERP	APS, SCE (AOM, WMS, TMS, MES), CRM, SRM, SCCEM	Code à barre, RFID, GPS, GPRS, Wifi, 3G, 4G

Les technologies « entreprise étendue » permettent au sein d'une même architecture applicative et avec une base de données unique, une intégration des données transactionnelles qui circulent entre les fonctions internes de l'entreprise, d'une part, et les différents partenaires, d'autre part. Les technologies « intégratrices » ont l'objectif de faciliter l'aide à la décision dans la Supply Chain par une meilleure intégration de l'information. Les outils

« facilitateurs » ont le rôle de diffuser et d'accélérer le traitement de l'information entre les partenaires.

Cette classification peut être approfondie en la croisant avec le niveau d'intégration de l'entreprise (Tableau 4). Les technologies dites « intégratrices » sont utilisées à un niveau d'intégration intra-organisationnel. Les technologies « entreprise étendue » sont adoptées au niveau 1 et 2 de l'intégration. Les technologies « facilitatrices » peuvent être implémentées à tous les niveaux d'intégration (intra, inter-organisationnel, multi-chaines et sociétal).

Tableau 4 : Classification des TIC selon le niveau d'intégration

	intra-organisationnelle	inter-organisationnelle	inter-organisationnelle étendu	Multi-chaine	sociétal
Entreprise étendue	ERP				
Intégratrices	APS, SCE (AOM, WMS, TMS, MES), CRM, SRM, SCEM				
Facilitatrices	Code à barre, RFID, GPS, GPRS, 3G, 4G, Wifi				

## 1.6. Rôle des TIC dans la Supply Chain

Le rôle des TIC en Supply Chain est d'assurer la disponibilité de l'information, de garantir la visibilité sur la totalité de la chaîne logistique [Simchi-Levi et al., 2003 ; Hadaya & Cassivi, 2007], de permettre une prise de décision réactive et synchronisée [Kearns & Lederer, 2003] ainsi qu'une collaboration parfaite entre les partenaires.

Plusieurs auteurs s'accordent à dire que les TIC garantissent le partage et l'échange des informations [Kearns & Lederer, 2003] aussi bien entre les fonctions internes de l'entreprise qu'entre l'entreprise et ses différents partenaires en amont et en aval [Barrett & Konsynski, 1982 ; Choudhury, 1997 ; Mattsson, 2002]. Les TIC impactent positivement la collaboration inter-organisationnelle [Stank et al., 2001 ; Evangelista, 2002 ; Sanders & Premus, 2005 ; Rayati et al., 2009], car elles améliorent la communication de part leurs capacités de stocker, de transmettre et de traiter un volume important d'informations [Nidumolu, 1995 ; Sriram & Stump, 2004].

Les TIC permettent, grâce au partage de l'information, de réduire l'effet Bullwhip [Forrester, 1958 ; Lee & Whang, 1997 ; Lee et al., 1997 ; Chen et al., 2000 ; Kimbrough et al., 2000 ; Agrawal et al., 2009], elles sont également utilisées comme des outils d'aide à la décision [Simchi-levi et al., 2003 ; Swaminathan & Tayur, 2003 ; Kearns & Lederer, 2003].

Les TIC contribuent à modifier et à transformer les structures des organisations. Elles sont considérées comme des catalyseurs à l'engineering et à l'émergence de nouveaux modèles d'organisation. [Kumar & Van Dissel, 1996 ; Hong & Kim, 1998 ; Büchel & Raub, 2002 ; Lefebvre & Lefebvre, 2002 ; Barlow & Feng, 2005 ; Lambert et al., 2005 ; Vathanophas, 2007 ; Dong, 2008 ; Kemp & Low, 2008]

Les TIC assurent une grande visibilité des événements de la Supply Chain et permettent de modéliser et d'analyser les scénarii de type « What-if » au sein de la Supply Chain [Evrard Samuel et al., 2011] afin de mieux maîtriser les incertitudes [Subramani, 2004 ; Nana et al., 2012] et d'améliorer la gestion du risque et la prise de décision au niveau opérationnel, tactique et stratégique.

Nous pouvons déduire que le rôle fondamental des TIC dans les systèmes inter-organisationnels est de garantir l'accès, l'échange et le partage de l'information à tous les niveaux de la Supply Chain. Cette visibilité de l'information permet de résoudre certaines problématiques liées aux chaînes logistiques, en l'occurrence : l'effet Bullwhip, la traçabilité, le pilotage et la gestion des incertitudes.

### 1.6.1. Le partage d'information via les TIC

Le partage d'information est un élément primordial de la collaboration car il permet de fluidifier, d'accélérer l'accès à l'information et de synchroniser les flux physiques et informationnels [Lee, 2000]. Le partage de l'information constitue un facteur clé de succès car les défaillances constatées au sein des Supply Chain sont principalement dues aux asymétries de l'information [Fiala, 2005 ; Wang & Wei, 2007 ; Rouibi, 2012].

Le partage d'information entre les différents acteurs de la Supply Chain a été favorisé par le développement des technologies de l'information et de communication telles que l'EDI, les ERP, les APS, les technologies d'identification, de localisation, etc. [Rouibi, 2012].

En dépit de ces évolutions technologiques, la collaboration demeure difficile à instaurer compte-tenu des rapports de pouvoir et de méfiance qui existent entre les partenaires. En effet, les TIC n'ont pas beaucoup d'utilité si elles ne sont pas accompagnées par une volonté d'échange, de collaboration et de partage [Grabot, 2002]. [De Sanctis & Poole 1994] affirment que l'impact de l'utilisation des TIC sur l'organisation dépend non seulement des technologies en question mais également des jeux des acteurs. À cet effet, [Pagell, 2004, Welker et al., 2008] mettent en évidence l'importance du contact avec les partenaires en plus de l'intégration des TIC.

#### 1.6.1.1. Le type d'information partagée dans la Supply Chain

L'information partagée peut être amont ou bien aval. Celle-ci est dite aval lorsque le partenaire qui se trouve en aval de la chaîne transmet des informations au partenaire en amont. Dans le cas contraire, celle-ci est qualifiée d'information amont. Dans la littérature (Tableau 5), les recherches qui se sont intéressées au partage d'information aval sont plus nombreuses par rapport à celles qui ont traité le partage d'information amont [Rouibi, 2012].

Les informations les plus partagées dans la partie aval sont : la demande finale, la prévision de la demande, le niveau des stocks, etc. Quant à la partie amont, les informations échangées sont les délais de réponse à la demande, le plan de production, le niveau de stock, etc. Certains articles se sont penchés sur un modèle hybride dans lequel l'information relative au niveau de stock est partagée simultanément dans les deux sens (amont et aval).

Le partage d'information qu'il soit en amont ou en aval concerne aussi bien les informations opérationnelles, tactiques que stratégiques. Il a pour principal objectif d'améliorer la performance globale de la Supply Chain [Lambert & Cooper, 2000 ; Simatupang et Sridharan, 2001 ; Li & Wang, 2007]. Plusieurs auteurs s'attardent à démontrer la relation qui existe entre

le partage d'information et la performance globale et présente cette corrélation comme étant une évidence. [Hartono et al., 2010 ; Wiengarten & Humphreys, 2010 ; Le Du, 2011].

Tableau 5 : Types d'informations partagées dans la Supply Chain

Type d'informations	Information partagée		Articles	
Aval	Demande	Demande des clients	[Lee et al., 1997 ; Cachon & Fisher, 2000 ; Chen et al., 2000 ; Lee et al., 2000 ; Li et al., 2001 ; Lau et al., 2002 ; Duvall et al., 2005 ; Lehtonen et al., 2005 ; Miao & Chen, 2005 ; Yee, 2005 ; Chu & Lee, 2006 ; Giard & Mendy, 2006 ; Gürbüz, et al., 2006 ; Chen et al., 2007 ; Moyaux et al., 2007 ; Zhang et al., 2007 ; Li & Zhang, 2008 ; Wu & Cheng, 2008]	
		Prévision de la demande	[Aviv, 2001 ; Cachon & Lariviere, 2001 ; Zhao et al., 2002 ; Chatfield et al., 2004 ; Chu & Lee, 2006 ; Li et al., 2006 ; Yue & Liu, 2006 ; Ouyang, 2007 ; Zhang et al., 2007 ; Giard & Mendy, 2008 ; Sohn & Lim, 2008 ; Taratynava et al., 2009]	
		Demande en avance	[Thonemann, 2002]	
	Commande	Calendrier de commandes	[Fox et al., 2000 ; Sahin & Robinson, 2005]	
		Taille de lot	[Lee et al., 1997]	
	Produit	Intrinsèque	[Li & Gao., 2008]	
		Attributs		
	Politique de réapprovisionnement			[Cheng, 2009]
	Niveau des stocks			[Cachon & Fisher, 2000 ; Li et al. 2001 ; Lau & al. 2002 ; Moinszadeh, 2002 ; Lau et al. 2004 ; Gürbüz et al. 2006 ; Huang & Irvani, 2006 ; Li et al. 2006 ; Chen et al., 2007 ; Hsiao, 2008 ; Wong et al 2009]
Amont	Délais	approvisionnement	[Chen & Yu, 2005 ; Mehrabi et al., 2007]	
		livraison	[Towill, 1996 ; Anderson et al., 2000 ; Fleisch & Powell, 2001 ; So & Zheng, 2003 ; Chen & Yu, 2005 ; Dobson & Pinker, 2006 ; Mehrabi et al., 2006, Mehrabi et al., 2007 ; Mehrabikoushki, 2008]	
	Production	Planning	Sahin & Robinson, 2005	
		Capacité	[Swaminathan et al., 1997 ; Chen et al., 2007 ; Huang et al., 2007 ; Xue et al., 2011)	
	Niveau des stocks			[Li et al. 2001 ; Ketzenberg & Ferguson, 2006, Li et al., 2006]

#### 1.6.1.2. La qualité de l'information partagée

[Wang & Strong, 1996 ; Madnick et al., 2009] considèrent la qualité d'information comme un concept multidimensionnel. [Wang & Strong, 1996] proposent une grille de plusieurs dimensions pour déterminer la qualité de l'information. Cette grille est considérée par [Madnick et al., 2009 ; Sadiq et al., 2011] comme une base pour toute recherche en qualité d'information. Elle regroupe les caractéristiques suivantes : exactitude, crédibilité, objectivité, réputation, pertinence, temporalité, consistance, accessibilité, etc.

Certains auteurs rejoignent les travaux de [Wang & Strong, 1996] et présentent d'autres caractéristiques liées à la qualité de l'information tels que : le contenu, la fréquence, la rapidité, la récence, la véracité, l'exhaustivité, la pertinence et l'accessibilité [Neumann & Segev, 1979 ; Vijayasarathy & Robey, 1997 ; McCormack, 1998 ; Petersen, 1999 ; Kulp et al., 2004].

### 1.6.2. Les TIC et la réduction de l'effet Bullwhip

Il s'agit d'améliorer la visibilité et les échanges d'informations entre les différents partenaires de la Supply Chain de telle façon à diminuer l'effet Bullwhip et à accroître la performance globale.

[Forrester, 1958 ; Stevenson, 2007] définissent « l'effet Bullwhip » comme l'amplification de la variabilité de la demande de l'aval vers l'amont des chaînes logistiques. Les auteurs affirment que la cause majeure de ce phénomène est la difficulté de partager l'information entre les différentes parties prenantes. Plusieurs recherches se sont focalisées sur l'étude de l'effet Bullwhip en abordant principalement la compréhension du phénomène [Chen et al., 2000 ; Kimbrough et al., 2000 ; Ouyang & Li, 2010], ses causes [Lee et al., 1997 ; Lee et al., 2005 ; Wang et al., 2008] ainsi que les solutions envisageables pour y remédier [Moyaux et al., 2003 ; Moyaux et al., 2006 ; Wright & Yuan, 2008 ; Bayraktar et al., 2008 ; Springer & Kim, 2010].

[Lee et al., 1997] présentent quatre causes principales de l'effet Bullwhip : (i) l'actualisation de la prévision de la demande, (ii) la taille des lots, (iii) la fluctuation des prix, et (iv) l'anticipation des pénuries. [Wang et al., 2008] se basent sur les causes évoquées par [Lee et al., 1997] et présentent à leur tour d'autres raisons : les délais (lead time), la sensibilité des marchés et l'allocation des ressources en Supply Chain.

Plusieurs recherches démontrent que l'effet Bullwhip peut être réduit en introduisant le partage d'informations. [Chatfield et al., 2004 ; Ouyang, 2007, Moyaux et al., 2007] considèrent le partage d'information sur la prévision de la demande finale comme étant la solution pour améliorer la performance de la chaîne logistique d'une part, et réduire l'effet Bullwhip, d'autre part. [Chatfield et al., 2004 ; Agrawal et al., 2009 ; Kelepouris et al., 2008] étudient l'impact du partage d'information et du délai de livraison sur l'effet Bullwhip. [Chatfield et al., 2004] quantifie l'impact de la variabilité des délais de réapprovisionnement et de la qualité de l'information partagée sur l'effet Bullwhip dans le cas d'une Supply Chain aval. Leurs résultats confirment que le partage d'information peut considérablement réduire le phénomène. [Agrawal et al., 2009 ; Kelepouris et al., 2008] s'intéressent à une Supply Chain à deux échelons dont les résultats sont similaires à ceux de [Chatfield et al., 2004]. Les auteurs révèlent que le partage d'information permet de baisser l'effet Bullwhip. [Moyaux et al., 2007] étudient une Supply Chain à trois échelons et démontrent que le partage d'information concernant la demande finale et le niveau des stocks contribue à réduire le phénomène Bullwhip.

[Bailey & Francis, 2008] réalisent également une étude dans le même sens et précisent que le partage d'information ne suffit pas pour maîtriser les fluctuations sur la demande et par conséquent, ne réduit pas complètement l'effet Bullwhip.

### 1.6.3. Les TIC au profit de la traçabilité

La traçabilité est un enjeu incontournable pour les entreprises car elle permet de tracer les marchandises, de les localiser, de retrouver leur origine, d'assurer leur conformité et de faire face aux éventuelles contrefaçons. Les TIC qui contribuent à la mise en place d'une

démarche de traçabilité regroupent les outils d'identification d'une part, (codes à barre, les codes bidimensionnels, les bandes magnétiques, les étiquettes à radiofréquence RFID, NFC.etc) et les outils dédiés à la gestion des liens entre les informations (ERP, MES, WMS, TMS, EDI.etc), d'autre part [Galliano & Orozco, 2011 ; Kumar & Schmitz, 2011 ; Maruchek et al., 2011]. Sans les TIC, le processus de traçabilité est lent et limité [Salançon 2009 ; Ballin, 2010 ; Lazzeri & Fabbe-Costes, 2012].

La traçabilité est définie comme l'aptitude à retrouver l'historique, l'utilisation ou la localisation d'une entité au moyen d'identifications enregistrées. [Norme ISO 8402/1994 ; [Lecomte et al. 2006]. Deux fonctions principales sont liées à la traçabilité : le tracking (suivi en temps réel des flux) et le tracing (mémorisation de ce suivi) [Kärkkäinen et al., 2004 ; Karâa & Morana, 2008]. Du point de vue de l'utilisateur, la traçabilité est la possibilité de suivre des produits qualitativement et quantitativement dans l'espace et dans le temps. Du point de vue informationnel, il s'agit d'associer un flux d'information à un flux physique pour assurer le suivi d'un produit.

Le suivi quantitatif des produits permet de localiser les produits et de déterminer les destinations et les provenances pour en connaître l'origine. Le suivi qualitatif est utilisé pour rechercher les causes d'un problème de qualité enregistré en amont (chez le fournisseur) ou en aval (lors du transport).

Le but de la traçabilité est de réduire la discontinuité de l'information tout au long de la Supply Chain en mettant en avant l'aspect inter-organisationnel qui fait impliquer l'ensemble des acteurs de la Supply Chain [Fritz & Schiefer, 2009 ; Fabbe-Costes & Lemaire, 2010 ; Lazzeri & Fabbe-Costes, 2012]. Cette démarche de traçabilité globale (Figure 3) concerne l'ensembles des partenaires de la Supply Chain et a pour objectif de maîtriser conjointement les processus et les produits depuis le point d'origine jusqu'à la distribution des produits aux clients [Ta, 2004] . Ceci englobe trois types de traçabilité : amont, interne et aval [Ta, 2004 ; Romeyer, 2004 ; Lecomte et al., 2006].

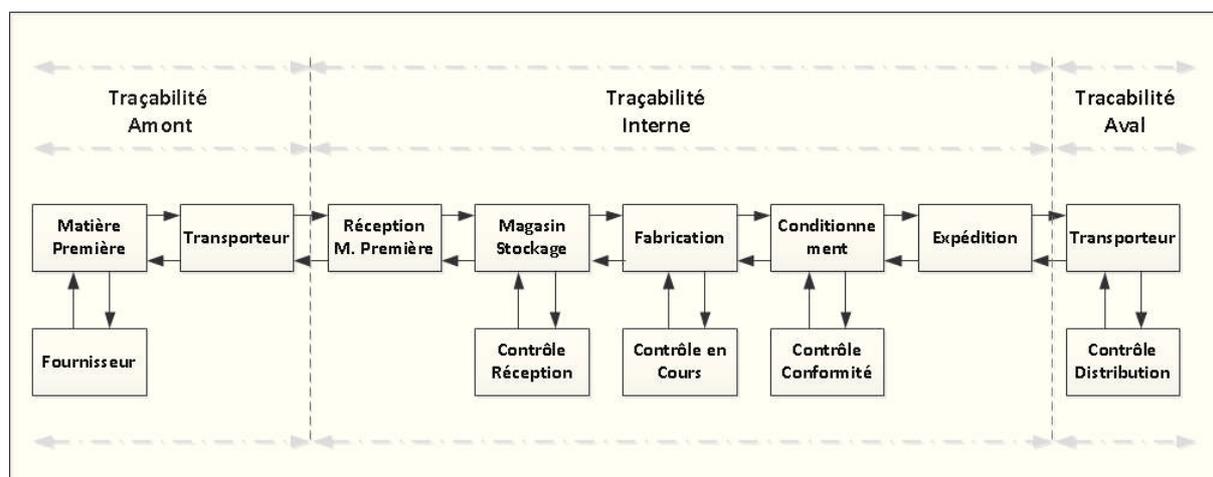


Figure 3 : Processus de traçabilité globale

La traçabilité amont permet de retrouver les informations relatives à la matière première avant que l'entreprise devienne responsable légalement ou physiquement des produits. La traçabilité interne concerne les processus de fabrication des produits depuis la réception des matières premières jusqu'à l'expédition des produits manufacturés. La traçabilité aval permet de retrouver ce qui est advenu après le transfert physique des produits fabriqués par l'entreprise vers un client. (Norme NF en ISO 9000 :2005)

L'optique de traçabilité globale est une démarche collaborative où la visibilité ne se cantonne plus à une même entreprise mais fait impliquer le réseau de partenaires. Ceci nécessite l'étroite relation avec les fournisseurs, les transporteurs et les distributeurs. Chaque partie prenante doit assurer sa traçabilité locale et garantir la traçabilité au niveau amont et aval de son entreprise [Ta, 2004].

[Ngai et al., 2007 ; Ramudhin et al., 2008 ; Thiesse & Fleisch, 2008] mettent en évidence les outils d'information et de communication qui permettent d'instrumenter la traçabilité, notamment la technologie RFID. Ils montrent la compatibilité entre les partenaires et l'interopérabilité qui existent entre les différents systèmes existants. [Karâa, 2007 ; Karâa & Morana, 2008] présentent les apports de la traçabilité en se basant sur quatre points principaux : la maîtrise de la qualité, l'amélioration de l'avantage concurrentiel, le renforcement du contrôle et du pilotage permanent et enfin l'amélioration des relations entre les partenaires. [Tamayo et al., 2009] attestent que le système de traçabilité apporte de nombreux avantages liés à différents domaines : production, qualité, réglementation, logistique et marketing.

#### - **La maîtrise de la qualité**

La traçabilité offre aux clients la possibilité d'avoir accès aux informations relatives à l'origine, les étapes de transformation, les conditions de stockage et de distribution des produits qu'ils consomment. Cette visibilité de l'information permet d'accroître la maîtrise de la sécurité, d'établir une relation de confiance et par conséquent, d'augmenter la crédibilité de l'entreprise [Regattieri et al., 2007 ; karâa & Morana, 2008 ; Fabbe-Costes & Lemaire, 2010].

#### - **L'avantage concurrentiel**

La démarche de traçabilité totale a pour objectif d'améliorer la qualité, la fiabilité, la sécurité, la visibilité temps réel de l'information ainsi que la maîtrise des coûts. Ceci constitue un avantage concurrentiel avéré qui peut assurer la pérennité des entreprises. [Fabbe-Costes & Lemaire 2010 ; Farris et al., 2005 ; Viruega, 2006 ; Banterle & Stranieri, 2008 ; Karâa, 2007 ; Karâa & Morana, 2008 ; Salançon, 2009 ; Ubilava & Foster, 2009 ; Fabbe-Costes & Lemaire 2010 ; Kumar & Schmitz, 2011].

L'accès à l'information et la visibilité temps réel de l'état des commandes augmentent le taux de satisfaction des clients. La traçabilité assure la rationalisation des flux logistiques, l'optimisation de la gestion des stocks et des inventaires, le suivi en temps réel des tournées de véhicules ,etc.

#### - **Le contrôle et le pilotage permanent**

La traçabilité via les TIC offre aux entreprises une visibilité continue et en temps réel sur la totalité de la Supply Chain, ce qui permet des prises de décisions appropriées et au moment opportun. La traçabilité fournit aux entreprises la possibilité de mettre en place un système de contrôle permanent grâce à la disponibilité de l'information à chaque moment et à tous les niveaux de la Supply Chain. Les TIC assurent le contrôle continu grâce à la consolidation des données des différents partenaires via l'interconnexion des applications et les langages communs [David & Pallez, 2001 ; De Corbière, 2011 ; Tran, 2012]. La traçabilité permet également de connaître les responsabilités de chaque acteur en cas d'incidents détectés. [Bayre, 2005 ; Karâa, 2007 ; Karâa & Morana, 2008].

## - La coopération et la coordination des partenaires

La démarche de traçabilité totale s'inscrit dans une démarche collaborative qui nécessite le partage de l'information entre les différents partenaires de la Supply Chain. Grâce aux TIC, la traçabilité instaure une relation de confiance et de coopération, permet de renforcer les relations inter-organisationnelles ainsi que la coordination et la collaboration entre les différents partenaires de la Supply Chain.

### 1.6.4. Les TIC facilitatrices de la gestion d'incertitude dans une Supply Chain

Le perpétuel changement de l'environnement expose les entreprises à de multiples incertitudes face auxquelles elles doivent développer leur aptitude à s'adapter pour y remédier [Ruel & Evrard Samuel, 2011].

[Hallikas et al., 2004 ; Shi, 2004 ; Neiger et al., 2007] relient le concept de risques aux caractéristiques actuelles de l'environnement : multiplication des relations interentreprises, raccourcissement des cycles de vie des produits, mondialisation, changement comportemental des clients, etc. Dans ce contexte, l'entreprise doit être à même d'imaginer des solutions et de prendre des décisions pour pallier ces aléas, limiter les risques et maintenir sa pérennité et sa compétitivité. [Evrard Samuel et al., 2011 ; Vo, 2010 ; Karâa, 2007].

Nous proposons de définir la notion d'incertitude et de mettre en avant les typologies des événements que les TIC peuvent réduire.

#### 1.6.4.1. La notion de risque et d'incertitude en Supply Chain

[Manuj & Mentzer, 2008] font le lien entre le concept de risque et celui de l'incertitude. La notion de risque est abordée la première fois par [Stearns, 2000] qui la présente comme l'espérance mathématique d'une fonction de probabilité d'événements.

[Deloach & Andersen, 2000 ; Norrman & Jansson, 2004] définissent le risque comme la probabilité d'un hasard de se produire. [Desroches et al., 2007 ; Lemette, 2008] caractérisent le risque par la probabilité d'occurrence (fréquence) et le degré de gravité des conséquences de l'évènement en termes de dommages ou de préjudices. Pour [Laville, 2006 ; Thierry & Lamothe, 2006 ; Lemette, 2008], le risque est la probabilité d'occurrence d'un événement qui viendrait menacer les activités des entreprises et entraver l'atteinte de leurs objectifs. [Deloach & Andersen, 2000] affirment que la maîtrise du risque et le contrôle de l'incertitude constituent deux facteurs fondamentaux pour l'obtention d'un avantage concurrentiel.

#### 1.6.4.2. La Typologie des événements en Supply Chain

Dans l'optique de mieux cerner l'influence des TIC sur la performance, nous identifions les grandes familles d'événements auxquelles les partenaires d'une Supply Chain sont confrontés. L'analyse que nous effectuons est loin d'être exhaustive, vu le nombre important d'événements qui peuvent survenir. Ces derniers peuvent être endogènes (internes au partenaire) ou bien exogènes (externes au partenaire) [Laville, 2006].

[Shi, 2004 ; Xiaohui et al., 2006] présentent les risques liés au prix du marché, à la fluctuation de la demande client, aux activités opérationnelles et aux impondérables (catastrophes naturelles, accidents).

[Hallikas et al., 2004 ; Christopher, 2005 ; Bogotaj & Bogotaj, 2007 ; Amrani Zougar, 2009 ; Ruel & Evrard Samuel, 2011] distinguent entre les risques liés aux processus

d'approvisionnement, de production, de transport, de livraison ainsi que ceux liés à la qualité des produits, à l'environnement et à la flexibilité des ressources.

[Wong & McFarlane, 2005 ; Sarac, 2010] présentent les événements observés lors du stockage tels que le vol, la casse, la perte de marchandise dans les entrepôts. [Sahin & Dallery., 2009] mettent en évidence les événements associés à la sécurité des produits, notamment, en termes de dépassement du seuil de température. [Telkamp, 2006 ; Rekik et al., 2007] s'intéressent, quant à eux aux erreurs d'identification des produits. [Wang et al., 2010, Jedermann et al., 2006, Jedermann et al., 2009] exposent la périssabilité des produits lors du processus de transport.

Nous nous basons sur les travaux précédemment décrits pour identifier et classer (Tableau 6) les événements selon une typologie s'appuyant sur leur nature endogène et /ou exogène et les processus auxquels ils sont rattachés.

Tableau 6 : Typologie des événements en Supply Chain

Processus	Évènements	Nature	
		Endogène	Exogène
Approvisionnement	Retard de réception		✓
	Erreur de produits reçus		✓
	Qualité non conforme		✓
Production	Panne machine	✓	
	Perturbation des plans de production	✓	
	Insuffisance des ressources humaines et matérielles	✓	
Entreposage	Insuffisance des ressources humaines et matérielles	✓	
	Vol	✓	✓
	Péremption	✓	
	Détérioration des produits	✓	
	Produit mal placé	✓	
	Erreur d'identification des produits	✓	
Routage	Vol	✓	✓
	Détérioration des produits	✓	
	Dépassement du seuil de température	✓	
	Panne camion		✓
	Accident		✓
	Ressource indisponible	✓	
	Congestion / Déviation		✓
	Condition climatique		✓
	Apparition d'une commande urgente		✓
	Annulation de commande		✓
Livraison	Erreur de livraison	✓	
	Changement de lieu et d'heure de livraison		✓

Maîtriser les divers aléas constitue un enjeu stratégique pour l'entreprise qui se doit d'être capable de s'adapter à son environnement quelles que soient les perturbations rencontrées.

Il existe plusieurs orientations techniques et organisationnelles pour améliorer la gestion des événements et la gestion dynamique de la Supply Chain. Les auteurs proposent des actions à entreprendre s'articulant principalement autour du système d'information, le partage d'information, la collaboration, la confiance et l'amélioration de la visibilité. [Simatupang & Sridharan, 2001 ; Spalanzani, 2003 ; Faisal et al., 2006, Laville, 2006 ; Mazlan & Ali, 2006 ; Ruel & Evrard Samuel, 2011 ; Evrard Samuel et al., 2011]. Les actions mentionnées sont réalisées grâce au déploiement des TIC dont le rôle est de faciliter l'accès à l'information, sa mémorisation et son traitement afin de permettre une prise de décision adéquate au moment opportun. Avec le développement des TIC, les entreprises n'acceptent plus de défaillances, la gestion des aléas est prépondérante pour l'entreprise et l'ensemble de ses partenaires. [Laville, 2006]. Les TIC, rendent les partenaires du réseau accessibles en maîtrisant la connaissance des flux. Elles contribuent donc fortement à lutter contre l'incertitude par l'amélioration de la qualité et de la disponibilité de l'information en temps réel.

#### 1.6.5. Les TIC au service du pilotage Supply Chain

Pour rester compétitive sur des marchés de plus en plus incertains, les entreprises ont besoin de rechercher la flexibilité et le dynamisme pour mieux réagir aux événements imprévus. Ceci exige d'avoir des systèmes de pilotage qui permettent le suivi et le contrôle des systèmes afin de mettre en place les actions correctives appropriées.

Le pilotage est l'ensemble des tâches accomplies par une entité décisionnelle dirigeant une organisation/ un système afin d'assurer la cohérence de son fonctionnement [Pujo & Kieffer, 2002]. Le pilotage définit, organise les relations entre le sous-système physique et le sous-système de décision. Le système d'information constitue l'intermédiaire entre les deux sous-systèmes [Le Moigne, 1974]. Le système physique est le système opérant. Le système d'information assure la collecte et la mémorisation des informations provenant du système opérant et de l'environnement. Le système de décision constitue l'ensemble de ressources intelligentes (hommes et outils d'aide à la décision).

En fonction des informations reçues, le système décide des actions à mener pour atteindre les objectifs. Une boucle de rétroaction existe permettant au système de décision de contrôler si les résultats obtenus sur le système physiques correspondent aux objectifs fixés et de mettre ainsi les actions correctives en cas de déviance. Pour [Doumeingts, 1984], piloter revient à fixer à chaque partie du système des objectifs à réaliser. Le pilotage oriente ces parties vers l'accomplissement de leurs objectifs. Un retour d'information est nécessaire pour évaluer les résultats obtenus par rapport aux objectifs assignés.

Nous distinguons trois types de pilotage :

##### - **Pilotage proactif**

L'objectif du pilotage proactif est d'anticiper un certain nombre d'aléas et de déterminer les meilleures décisions à prendre en cas d'occurrence d'événements. Il s'agit d'anticiper les perturbations à partir de prévisions sur des informations passées. Le gestionnaire cherche à identifier les risques de ne pas atteindre les objectifs initialement fixés et envisage des solutions avant l'apparition même du dysfonctionnement.

### - Pilotage correctif

Le pilotage correctif est appliqué lorsqu'une entreprise n'arrive pas à maîtriser une dérive et donc elle apporte des mesures correctives à posteriori après l'occurrence réelle de l'évènement. Il est important de mémoriser les causes des différentes perturbations dans une base de données pour une utilisation ultérieure. Les résultats du pilotage correctif peuvent conduire ainsi à un pilotage proactif par une meilleure maîtrise des données.

### - Pilotage réactif ou temps réel

Ce pilotage réagit en temps réel, il correspond à une approche réactive de la gestion de la chaîne logistique. Il s'agit de prendre des décisions lors de l'apparition même d'un évènement imprévu. Le pilotage réactif est nécessaire pour analyser les conséquences des aléas par rapport aux objectifs fixés et déterminer les paramètres de pilotage à corriger afin de réduire l'impact de ces dérives.

L'approche réactive donne un rôle plus important au produit qui passe d'un simple objet physique circulant dans le système à un acteur qui participe activement au système de pilotage. Ainsi s'est développé le concept de pilotage par le produit où ce dernier devient porteur d'information et dispose d'un rôle participatif aux prises de décision. [McFarlane et al., 2003 ; Pannequin et al., 2008 ; Cardin et al., 2008].

Le pilotage réactif nécessite la disponibilité, l'accessibilité et le partage de l'information entre les différents acteurs de la Supply Chain. La prise en compte de l'information pour le pilotage, notamment dans les processus inter-organisationnel sollicite l'utilisation des TIC. Le pilotage réactif n'est rendu possible que grâce à l'émergence des technologies d'identification Radio-fréquence (RFID) qui accordent au produit l'aptitude de stocker de l'information et de communiquer avec son environnement. [McFarlane et al., 2003 ; Cea & Bajic, 2004 ; Pannequin et al., 2008 ; Cardin et al., 2008].

## 1.7. Impact des TIC sur la performance de la Supply Chain

La gestion de la Supply Chain a pour objectif principal d'atteindre d'une part, la performance locale de chaque partenaire et d'autre part, la performance globale de la totalité de la Supply Chain [Mentzer et al., 2001]. Le concept de la performance Supply Chain et de son évaluation sont amplement étudiés dans la littérature.

### 1.7.1. La définition de la performance

S'intéressant à plusieurs dimensions, il est difficile de trouver un consensus sur la définition de la performance en Supply Chain [Mathe & Chague., 1999 ; Gilmour, 1999 ; Belin-Munier, 2008]. Plusieurs auteurs définissent la performance en s'articulant autour des concepts d'efficacité, d'efficience et d'effectivité [Burlat & Boucher, 2003 ; Stefan, 2004 ; Shepherd et Günter, 2006 ; Pichot, 2006 ; Lo et al., 2009].

- L'efficacité est la capacité d'une entreprise à réaliser ses objectifs en termes de production [Mentzer & Ponsford, 1991 ; Neely et al., 2005] ou d'attentes clients [Young et al., 1988 ; Neely et al., 2005]. [Mouzas, 2006] considère l'efficacité comme une démarche d'amélioration continue qui permet à l'entreprise de créer de la valeur pour elle-même ainsi que pour ses partenaires.

- L'efficience mesure l'effet de produire une quantité définie avec un minimum de ressources et de pertes [Young et al., 1998]. C'est le rapport entre l'effort et les moyens

totaux déployés dans une activité d'une part, et l'utilité réelle que les gens en tirent sous forme de valeur d'usage, d'autre part. C'est le degré d'atteinte des objectifs fixés à moindre coût. [Neely et al., 2000 ; Neely et al., 2005].

[Bescos & Mendoza, 1994] résument le concept de la performance à tout ce qui contribue à améliorer le rapport (valeur-coût) et à atteindre les objectifs stratégiques. La performance repose sur les notions de valeur, de coût et d'actions stratégiques.

- L'effectivité : C'est le degré d'atteinte des objectifs fixés à moindre coûts tout en améliorant la satisfaction et la motivation des membres de l'organisation. Le concept d'effectivité est fortement corrélé à la satisfaction vis-à-vis des résultats obtenus. [Bescos et al., 1995 ; Marcon et al., 2003 ; Colin, 2005].

### 1.7.2. L'évaluation de la performance

L'évaluation de la performance est utilisée soit pour concevoir un nouveau système ou bien pour piloter un système existant. On parle alors de démarche d'évaluation à priori ou à postériori [Frein, 1998 ; Tahon & Frein, 2000], en se basant soit sur des indicateurs de performance ex ante pour aider la prise de décision à venir ou ex poste pour évaluer des prises de décisions passées. [Giard, 2003].

[Bitton, 90 ; Berrah et al., 2000 ; Neubert et al., 2004] définissent trois éléments constituant l'évaluation de la performance :

- l'objectif : représente l'état que doit atteindre le système piloté,
- la mesure : rapporte l'état réel constaté,
- la variable d'action : Ce sont les variables sur lesquelles l'entreprise agit pour apporter les mesures correctives en cas d'écart.

De nombreux travaux de recherche se sont intéressés au rapport existant entre les TIC, la performance SC et le SCM [Kearns & Lederer, 2003 ; Hendricks et al. 2007 ; Ouardighi, 2008 ; Li et al. 2009 ; Zhang, 2012].

[Zhang 2012] met en évidence cette relation, en présentant trois modèles en [Figure 4](#):

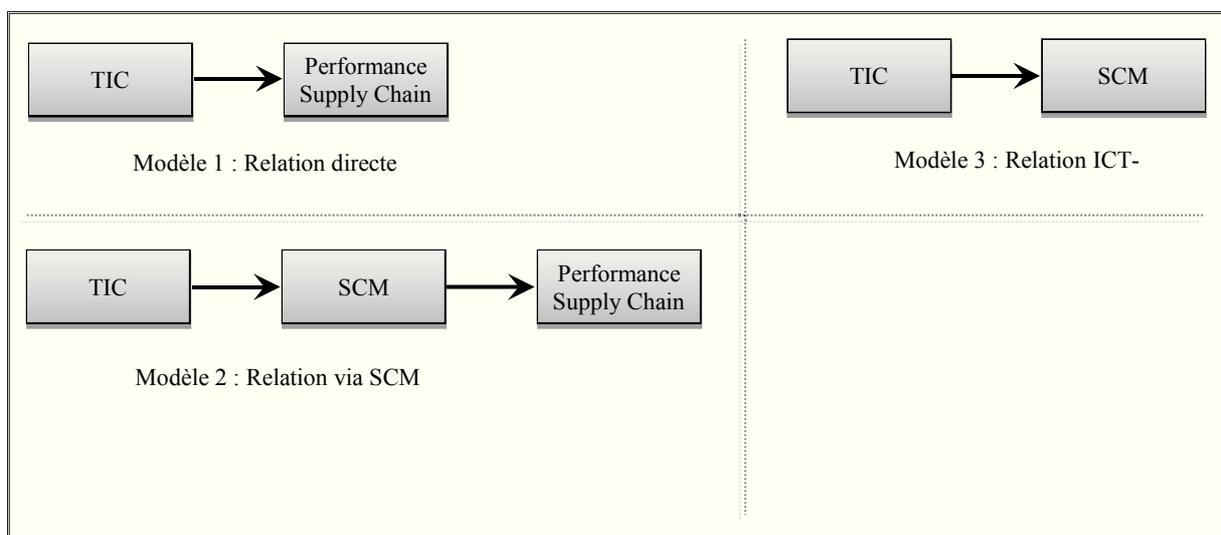


Figure 4: Relation entre les TIC, SCM et SC performance

- le premier modèle montre que les TIC améliorent directement la performance de la Supply Chain par une disponibilité et précision meilleures de l'information. [Saeed et al., 2005 ; Sanders, 2007 ;. Lai et al, 2008 ; Swafford et al., 2008, Zhang & Dhaliwal, 2009].
- le deuxième modèle place le SCM comme un intermédiaire entre les TIC et la performance Supply Chain. Les auteurs attestent que les TIC améliorent certaines démarches relevant du SCM telles que la collaboration, le partage d'information qui à leur tour amélioreront la performance de la Supply Chain. [Devaraj et al., 2007 ; Hsu et al., 2008 ; Sanders, 2008 ; Li et al., 2009].
- le troisième modèle étudie seulement la relation entre les TIC et le SCM en supposant d'emblée qu'une amélioration de la SCM conduit automatiquement à un accroissement de la performance de la Supply Chain. [Sanders & Premus, 2005 ; Devaraj et al., 2007 ; Hsu et al., 2008 ; Paulraj et al., 2008 ; Li et al., 2009].

### 1.7.3. Les indicateurs de performance en Supply Chain

Les entreprises s'appuient sur des indicateurs pour évaluer leurs performances. Un indicateur de performance est un outil de mesure qui permet d'évaluer une situation, un processus, un système, etc. C'est une donnée quantifiée qui mesure l'efficacité et/ou l'efficacité d'un processus ou d'un système par rapport à une norme ou un objectif déterminé dans le cadre d'une stratégie d'entreprise [Fortuin, 1998]. Les indicateurs peuvent avoir une double fonction car ils sont utilisés soit pour évaluer des objectifs déjà atteints ou bien pour fixer des objectifs à atteindre dans le futur. [Bhagwat & Sharma, 2007].

Le choix d'indicateurs adéquats est très important car lorsqu'on ne peut pas mesurer, on ne peut pas améliorer [Harrington, 1991]. Un indicateur de performance doit répondre aux caractéristiques suivantes [Kiba, 2010] :

- pertinent : il doit répondre aux objectifs de mesure. Les informations qu'il fournit doivent être utiles pour jauger de la performance du système,
- précis : les informations qui émanent de l'indicateur doivent être sans ambiguïté,
- accessible : disponible au moment du besoin et facile à traiter,
- communicant : son interprétation doit être compréhensible par les différentes parties prenantes. Autrement, les décisions prises peuvent être biaisées.

Plusieurs chercheurs se sont penchés sur la question des indicateurs de performance et s'entendent à affirmer que l'utilisation d'une seule mesure de performance pour évaluer un système, un produit, un processus ou un service est insuffisante. [Bititci et al., 1997 ; Beamon, 1999 ; Gunesakaran et al., 2001 ; Morana & Paché, 2003 ; Shepherd & Günter, 2006 ; Choy et al., 2007 ; Trienekens et al., 2008]. La performance logistique est appréhendée sous différents axes, il convient donc de recourir à de multiples mesures de performance.

[Beamon, 1999 ; Beamon, 1998 ; Ross, 2002 ; Chan & Qi, 2003] explicitent que les indicateurs peuvent être (i) stratégiques, tactiques ou opérationnels, (ii) financiers ou non financiers [Gunasekaran et al., 2001], (iii) qualitatifs ou quantitatifs [Beamon, 1999 ; Lorino, 2000 ; Chan, 2003].

[Bhagwat & Sharma, 2007] s'appuient sur les travaux de [Kaplan & Norton, 1992] pour énoncer les quatre visions sous lesquelles des indicateurs de performance sont regroupés :

- Vision financière : ensemble d'indicateurs qui mesurent la performance économique de la Supply Chain (Cash-flow, retour sur investissement, part de marché, etc.),

- Vision client : correspond à la satisfaction des clients tels que la qualité des produits, le temps de livraison, la qualité de service,
- Vision processus interne : regroupe les indicateurs relatifs à la gestion interne de la Supply Chain tels que le cycle opératoire, la productivité,
- Vision apprentissage et capacité de croissance : comprend les indicateurs qui évaluent la capacité de la Supply Chain à l'exemple de l'utilisation des capacités, l'évaluation fournisseur, le temps de lancement d'un produit nouveau.

[Bowersox, 1999 ; Zhou & Benton, 2007 ; Roth et al., 2008] évaluent la performance en termes de technologies, de visibilité et de partage d'informations. [Ritchie & Brindley, 2007], [Wagner & Bode, 2008] pensent, quant à eux, que l'analyse de la performance doit être liée à celle de la gestion des risques et de la résilience, notamment dans les environnements incertains.

Le modèle SCOR s'organise autour de cinq dimensions : la fiabilité, la réactivité, la flexibilité, le coût et la rotation des capitaux engagés. [Supply Chain Operations Reference Model, 2011]

Le coût reste l'un des facteurs les plus évoqués dans la performance Supply Chain [Kaplan & Johnson, 1987 ; Kaplan & Norton, 1996 ; Stapleton et al., 2002]. Le taux de satisfaction client est un paramètre important [Kaplan & Norton, 1992] tout en s'intéressant avec [Chow et al., 1995] à l'adéquation entre l'organisation de la logistique et la stratégie concurrentielle de l'entreprise.

Nous regroupons dans le [Tableau 7](#), les indicateurs de performance pouvant servir à évaluer l'impact de l'utilisation des TIC sur la performance SCM. Les auteurs cités utilisent des indicateurs liés aux coûts, au délai de livraison, à la qualité, au niveau de stock, à la flexibilité et au taux de service.

Tableau 7 : Indicateurs mesurant l'impact d'utilisation des TIC sur la performance Supply Chain

Indicateurs performance (KPI)	Auteurs
Coûts	[Swaminathan et al., 1997 ; Gavirneni et al., 1999 ; Tan, 1999 ; Lee et al., 2000 ; Grover et al., 2002 ; Zhao et al., 2002 ; Huang et al., 2003 ; Duvall et al., 2005 ; Chan & Chan, 2006 ; Hsiao, 2008 ; Li et al., 2009 ; Zhang & Dhaliwal, 2009 ; Cheng, 2011 ; Xue et al., 2011]
Délais de livraison	[D'Amour et al., 1999 ; Levary, 2000 ; Dobson & Pinker, 2006 ; Fabbe-Costes 2007 ; Rayati et al., 2009]
Qualité	[Devaraj et al., 2007 ; Hsu et al., 2008 ; Lai et al., 2008 ; Li et al., 2009 ; Paulraj et al., 2008 ; Zhang & Dhaliwal, 2009]
Niveau des stocks	[D'Amour et al., 1999 ; Lee et al., 2000 ; Dobson & Pinker, 2006 ; Fabbe-Costes, 2007 ; Schmidt, 2007 ; Zaojie & Guoying, 2007 ; Hsiao, 2008 ; Xue et al., 2011]
Flexibilité	[Saeed et al., 2005 ; Devaraj et al., 2007 ; Hsu et al., 2008 ; Paulraj et al., 2008 ; Swafford et al., 2008]
Niveau de service	[Swaminathan et al., 1997 ; Swaminathan et al., 1998 ; Chan & Chan, 2006 ; Dobson & Pinker, 2006 ; Li et al., 2006 ; Schmidt, 2007 ; Xue et al., 2011]

Il est difficile d'identifier et d'appliquer les indicateurs à la Supply Chain afin d'évaluer la performance de chaque partenaires et de ses relations inter-organisationnelle [Fosso Wamba, 2009]

Dans notre travail de recherche, nous souhaitons montrer l'apport de l'utilisation des TIC sur l'évaluation de la performance Supply Chain en termes d'amélioration de la traçabilité, du pilotage réactif et de la gestion des incertitudes. De ce fait, nous avons axé notre choix sur les indicateurs de performance du niveau 1 du modèle SCOR 10.0 [Supply Chain Operations Reference Model, 2011]

- Coût/ Efficience : c'est le rapport entre l'effort et les moyens totaux utilisés dans une activité, d'une part, et la valeur d'usage tirée par les utilisateurs d'autre part. C'est le degré d'atteinte des objectifs fixés à moindre coûts.
- Fiabilité et taux de service client : c'est la capacité de l'entreprise à livrer des commandes parfaites, conformes à l'attente du client.
- Flexibilité : c'est l'aptitude de l'entreprise à s'adapter à son environnement. Elle constitue le mode de réponse à l'instabilité et à l'imprévisibilité de l'environnement.
- Réactivité et agilité : elles correspondent à la capacité de l'entreprise à réagir de manière prompte aux aléas qu'ils soient d'origine interne (panne de machine, accident...) ou externe (rupture d'approvisionnement, modification d'une commande, apparition d'une nouvelle commande, etc.).
- Gestion des actifs : C'est l'efficacité d'une organisation à gérer les actifs nécessaires à la satisfaction de la demande.

Face aux préoccupations d'amélioration du partage d'information, de traçabilité, de gestion d'incertitude et de pilotage dynamique, nous constatons l'omniprésence des technologies d'identification de type code à barre ou RFID, l'utilisation de l'internet, des EDI comme outil d'échange d'information, etc.

Plusieurs auteurs place la technologie RFID comme le pivot de la gestion des chaînes logistiques. En tant qu'outil d'identification et système d'information inter-organisationnel [Curtin et al., 2007 ; Sharma et al., 2008], la technologie permet l'identification des objets, la capture automatique des données et leur transmission aux différents partenaires [Loebbecke & Palmer, 2006 ; Loebbecke, 2007 ; Fosso Wamba & Boeck, 2008]. Elle est intégrée aux systèmes d'information des entreprises et permet d'automatiser les activités en interne et entre les partenaires de la Supply Chain. [Sharma et al., 2007 ; Kumar, 2007 ; Bendavid, 2010].

La technologie RFID semble répondre aux exigences et à la complexité de l'environnement actuel car elle offre la possibilité d'acquérir des informations exactes et précises en temps réel. Cette visibilité continue permet une prise de décision dynamique. La technologie se positionne comme une solution intéressante et est utilisée dans diverses applications de la Supply Chain pour améliorer la performance des processus intra et inter-organisationnels. [Pigni et al., 2007 ; Curtin et al., 2007]. Elle est considérée, selon la classification de [Bayraktar et al., 2009], Comme un facilitateur de la mise en place de différentes applications où l'identification et le contrôle sont essentiels.

### 1.8. Conclusion

L'intégration des Technologies de l'Information et de la Communication a pris toute son importance notamment dans un environnement complexe où les entreprises doivent s'appuyer sur leur capacité à s'adapter à l'incertitude et à répondre rapidement aux attentes des clients. Pour cela, elles doivent orienter leur pilotage vers l'utilisation de l'information temps réel leur permettant d'assurer une visibilité continue sur la totalité de la Supply Chain. L'intérêt des TIC s'accroît lorsqu'elles sont utilisées au-delà des frontières de l'entreprise et adoptées par plusieurs utilisateurs. Les TIC présentent les avantages suivants :

- améliorent l'accès, l'échange et le partage de l'information au niveau intra et inter-organisationnel. Ceci renforce la stratégie de coordination et de collaboration entre les différentes parties prenantes de la Supply Chain,
- garantissent une visibilité et une traçabilité temps réel des produits à tous les niveaux de la Supply Chain. L'entreprise est capable de tracer et de traquer le produit, ce qui améliore la maîtrise de la qualité, la sécurité et la relation de confiance entre les partenaires,
- assurent la gestion des incertitudes par une meilleure accessibilité de l'information en temps réel,
- permettent la mise en place d'un pilotage dynamique en temps réel pour y remédier.

Plusieurs auteurs ont évalué l'impact de l'utilisation des TIC sur la performance Supply Chain en mesurant des indicateurs essentiellement liés aux coûts, délai, qualité, niveau de service, flexibilité, etc.

Afin d'atteindre tous les avantages apportés par les TIC, des changements structurels doivent être mis en place. De plus, l'utilisation des TIC doit être accompagnée par une réelle volonté de changement et de collaboration de la part des différents partenaires.

Après avoir présenté le rôle des Technologies de l'Information et de la Communication dans la Supply Chain. Nous aborderons dans le chapitre 2 les technologies d'identification automatique en l'occurrence la RFID. Nous nous focaliserons à montrer l'apport de l'intégration de cette technologie dans des problématiques liées à la Supply Chain et à évaluer son impact sur la performance des structures inter-organisationnelles.



## 2.1. Introduction

Plusieurs technologies d'auto-identification sont utilisées dans les industries, les centres de distribution, les entreprises manufacturières pour identifier efficacement les objets [Finkenzeller, 2003 ; Waldner, 2008 ; Haouari, 2012]. Dès les années 70, diverses technologies d'auto-identification se sont développées [Bendavid, 2010]. [Poon et al., 2011] les classent en quatre catégories : code à barre, identification par radiofréquence, carte magnétique, identification par reconnaissance visuelle, etc.

La technologie code à barre est la plus utilisée dans la gestion des produits. Elle permet de capturer les données, d'automatiser les activités intra et inter organisationnelles [Lahiri, 2005]. Néanmoins, le code à barre connaît des limites notamment en termes de capacité de mémoire et d'accès permanent à l'information encodée [Bendavid, 2010]. Dans l'optique de remplacement des codes à barres, la technologie RFID se révèle être une alternative intéressante.

Nous nous intéressons dans ce chapitre, à l'identification Radiofréquence. Notre préoccupation essentielle est de présenter la technologie RFID, de mettre en évidence ses avantages, ses limites et ses similitudes par rapport aux technologies concurrentes. Ces connaissances permettront de mieux cerner la technologie, de comprendre son rôle en tant qu'outil d'aide à la décision et d'évaluer son impact réel sur la performance de la Supply Chain.

Nous commençons le chapitre par une description détaillée de la technologie RFID. Nous présentons les différents composants qui forment un système RFID afin de discuter des choix technologiques à adopter en fonction des applications entreprises. Nous mettons en évidence les impacts de l'intégration de la technologie RFID dans les différents domaines de la Supply Chain.

## 2.2. Identification par radio fréquence

La technologie RFID (Radio Frequency Identification) est une technologie, sans fil, qui fait appel aux techniques de fréquence radio pour l'identification et la capture automatique des données [Wyld, 2006 ; Fosso Wamba, 2009 ; Bendavid, 2010]. La RFID permet d'identifier, de suivre l'acheminement et de connaître les caractéristiques d'un objet ou d'une personne sur lesquels une étiquette émettant des ondes radio y est attachée. Cette technologie n'est pas une technologie nouvelle, son utilisation remonte à la deuxième guerre mondiale par la Royal Air Force pour l'identification des appareils.

Les discussions autour de la technologie RFID ont d'abord commencé au milieu des années 40 suite au développement technique de la communication radio dans les années 1930 et le développement du radar durant la 2<sup>ème</sup> guerre mondiale [Roberti, 2006]. Les années 50 ont été une ère d'exploration des techniques RFID car certaines technologies qui lui sont liées ont été développées, à l'exemple des systèmes de transpondeurs avec longue portée pour repérer les avions amis/ennemis (identification Friend or Foe IFF). Ce dispositif était embarqué à bord des avions et émettait un signal radio dans le ciel. Si un avion allié, équipé du même système, était proches, il répondait à son tour par une émission radio. [Landt, 2001 ; Flück et al., 2008].

Dans les années 70, la première application commerciale de la technologie RFID a été déployée. Dans les années 80-90, la technologie RFID se voit utilisée dans divers secteurs, les premières têtes de bétail sont équipées de ces tags, garantissant la traçabilité de la viande. De même, dans l'industrie automobile, elles facilitent le travail dans les chaînes de montage

automatisées depuis plus d'une décennie. Cependant, ces déploiements ont été limités à cause des problèmes de standardisation et d'interopérabilité.

La tendance à la standardisation a commencé à la fin des années 90. Les normes ISO 18000 ont défini les règles à respecter par les tags RFID dans les principales gammes de fréquence. Le centre Auto-Identification (MIT) a mis en place des spécifications internationales pour les tags et les lecteurs.

Le système RFID est un système multi-couches composé de différentes technologies Hardwares et Softwares connectées à un système inter-organisationnel (IOS). [Bendavid, 2010] présente les composants du système RFID en le subdivisant en trois couches : capture et identification automatique des données, gestion des données et partage d'information.

⇒ **1<sup>ère</sup> couche : Capture et identification automatique des données**

Il s'agit d'identifier et de capturer des données d'un objet physique (conteneur, palette, carton, item). La capture des données peut se faire grâce à un transbordeur (tag), des lecteurs et des équipements auxiliaires.

▪ **Les transbordeurs : le tag**

Un numéro de série est abrité dans une puce reliée à une antenne. Ce couple (puce/antenne) est encapsulé dans un support appelé le tag RFID [Finkenzeller, 2003]. Le format des données inscrites sur les étiquettes est standardisé EPC (Electronic Product Code). Il y a divers types de tags : actif, passif et semi-passif. Le choix des transpondeurs dépend du type de produit à taguer, des applications à mettre en œuvre et de l'environnement des opérations.

- **Le tag passif**

Les tags passifs ne sont pas équipés de batterie interne, ils dépendent de l'effet électromagnétique de réception d'un signal émis par le lecteur. Ces tags sont peu coûteux à produire et plus particulièrement utilisés dans la Supply Chain. Ils disposent d'une durée de fonctionnalité longue et sont en mode inactif jusqu'à la réception des signaux du lecteur [Lieshout et al., 2007]. Les tags fonctionnent sous différentes bandes d'énergie : basse (LF), haute (HF) et ultra haute (UHF) et possèdent une petite mémoire de 96-256 bits [Bendavid, 2010]. Les tags passifs (LF) sont utilisés dans les paiements automatiques. Les tags passifs (HF) se trouvent dans la gestion des accès, des animaux et des bagages. Les passifs (UHF) sont employés dans la gestion de la Supply Chain pour suivre les produits.

Sur les tags passifs, il n'y a aucune intelligence embarquée, la puce ne transmet que son identifiant unique.

- **Le tag actif**

Les tags actifs sont alimentés d'une batterie interne qui fournit de l'énergie. Cette batterie émet des signaux externes pour activer la puce. La valeur du tag actif est plus élevée que celle du tag passif et sa durée de vie est plus limitée (environ 5 ans) [Lahiri, 2005 ; Lieshout et al., 2007 ; Tajima, 2007]. Les tags actifs disposent de mémoire de stockage d'information plus importante (128 kb) et fonctionnent sur des bandes UHF où la distance de lecture est plus importante [Gaukler & Seifert 2007]. Ils sont utilisés, notamment pour la localisation et le suivi d'actifs en temps réel : les conteneurs dans les ports, les objets de valeur, etc. [Bendavid, 2010]

### - Le tag semi-passif

Les tags semi-passifs n'utilisent pas leur batterie pour émettre des signaux, la raison pour laquelle, ils sont appelés des tags assistés par batterie. Sur le plan communicationnel, ils fonctionnent comme des tags passifs. En revanche, les batteries leur permettent d'enregistrer des données via des capteurs internes qui mesurent l'humidité, la température, les chocs, etc. [Hauet, 2006 ; O'Connor, 2011]. Ces tags sont utilisés pour des applications qui requièrent des informations régulières de l'état des produits à suivre à l'exemple des produits sous température contrôlée. Les tags semi-actifs sont dispendieux compte-tenu de la fonctionnalité supplémentaire des senseurs internes. Nous comparons les caractéristiques de ces trois types de tags dans le [Tableau 8](#). [Weis, 2007 ; Bendavid, 2010]

Tableau 8 : Les caractéristiques des différents types de Tags RFID

Types de tags	Passif	Semi-Passif	Actif
<b>Source d'énergie</b>	Onde électromagnétique du lecteur	Assisté par batterie	Batterie
<b>Communication</b>	Réponse seulement	Réponse seulement	Réponse / Initiation
<b>Méthode de transmission</b>	Électromagnétique	Électromagnétique	Induction électromagnétique (LF et HF), électromagnétique (UHF)
<b>Fréquence</b>	(LF 125 KHz), (HF 13,56 MHz) et (UHF 902-928 MHz États Unis ou 860-890 Europe)	(UHF 902-928 MHz États Unis ou 860-890 Europe) et (micro-ondes 2,4GHz)	(UHF 902-928 MHz États Unis ou 860-890 Europe)
<b>Portée Maximale</b>	4-10 mètres	Quelques mètres à 10 mètres	10 -100 mètres
<b>Durée de vie</b>	Infinie	Quelques années en fonction de la consommation des senseurs et du nombre d'interrogation	Moyenne de 3 à 5 ans
<b>Temps de lecture</b>	Milliseconde + 15 millisecondes de temps de réveil	Milliseconde	Milliseconde
<b>Coût</b>	Moins élevé	Élevé	Plus élevé
<b>Capacité de mémoire</b>	96-256 bits	128 Kb	128 Kb

Pour une même application, les technologies de capture automatique des données peuvent cohabiter. En fonction des coûts et de la performance escomptée, les entreprises peuvent combiner la technologie du code à barre avec les différents tags RFID qui existent. Le département américain de la défense (US DoD 2007) illustre cette hiérarchisation de l'utilisation des technologies de capture et d'identification dans la démarche de traçabilité des produits ([Figure 5](#)). Le département américain de la défense a combiné l'utilisation du code à barre, des tags actifs, des semi passifs et des passifs.

Les tags actifs sont apposés au niveau des conteneurs dans l'unité de transport où la distance de lecture requise est grande. Les tags actifs peuvent faire office de base de données mobile car leur capacité de stockage leur permet de mémoriser tous les numéros uniques des palettes transportées. Si la marchandise transportée est sensible (température dirigée), les tags semi-passifs sont préconisés.

Les palettes sont équipées de tags passifs UHF qui contiennent un numéro unique connecté à une base de données où toute l'information qui concerne le contenu de la palette et son lien avec son contenant (conteneur) est enregistrée. Pareillement, pour les colis sur les palettes. Concernant les items, le code à barre est choisi en raison du coût bas d'impression.

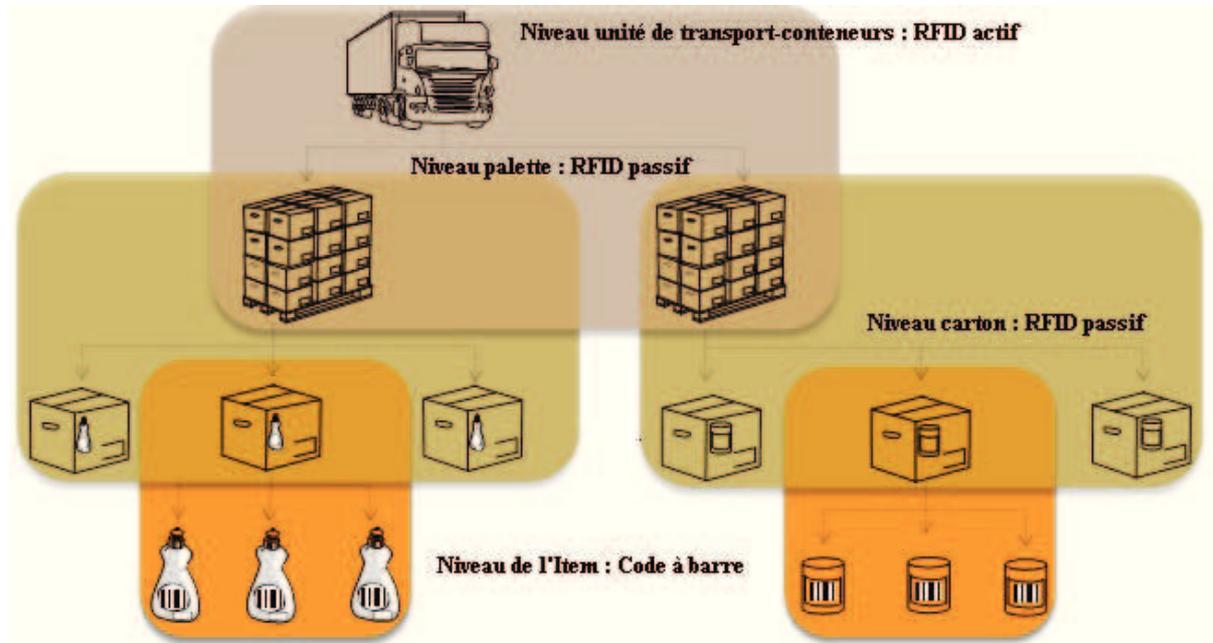


Figure 5 : Hiérarchisation de l'utilisation des technologies de capture et d'identification.

#### ▪ Le lecteur RFID et antennes

Le lecteur RFID est constitué d'un circuit, qui émet une énergie électromagnétique à travers une antenne, active les tags et communique avec eux avant de transmettre l'information au Middleware. La lecture des tags RFID se fait en étapes : le lecteur transmet par radiofréquence l'énergie nécessaire à l'activation des tags, lance une requête interrogeant ces derniers, reçoit les réponses, élimine les doublons et transmet les résultats au Middleware.

Le lecteur RFID présente des caractéristiques différentes suivant qu'ils interrogent des tags passifs ou actifs. Les lecteurs des tags passifs émettent des signaux plus élevés pour activer les étiquettes comparativement aux lecteurs des tags actifs. Les lecteurs peuvent facilement lire jusqu'à 150 à 200 tags par secondes, bien que les vendeurs évoquent 400 à 1000 tags /sec. [Finkenzeller, 2003 ; Lieshout, 2007 ; Bendavid, 2010 ; Sarac, 2010]

Nous distinguons deux types de lecteurs : fixes et mobiles. Les lecteurs fixes sont utilisés au niveau des entrées/sorties des entrepôts, des magasins et également au niveau des convoyeurs pour automatiser la capture des données des chaînes de montage ou de distribution [Bendavid, 2010]. Pour augmenter la performance de lecture, les antennes peuvent être orientées en direction de la provenance des produits et la puissance de lecture peut être ajustée.

Le niveau de puissance du lecteur et du tag peut être amélioré par la nature de l'antenne, de sa conception et de son orientation. Les antennes omnidirectionnelles émettent des rayonnements répartis de façon égale dans toutes les directions, elles sont considérées comme des antennes de faible performance. Les antennes à grand gain émettent un rayonnement dans une direction particulière. Elles sont unidirectionnelles et disposent d'une grande portée et

d'un signal de meilleure qualité. Ces antennes doivent être disposées avec soin pour pointer dans une direction précise.

Les lecteurs mobiles sont soit portables ou montés sur un véhicule. Dans le premier cas, l'antenne est intégrée au lecteur. Les lecteurs montés sur véhicules ou transpalettes sont utilisés pour assurer une capture de données lors du déplacement de matériel et garantir une lecture en temps réel. Certaines entreprises optent pour la mobilité des lecteurs, d'autres choisissent des lecteurs fixes et une capture discrète des données. La solution hybride où les deux types de lecteurs cohabitent peut également être envisagée. [Bendavid, 2010].

- **Les équipements auxiliaires**

C'est des équipements annexés à un système RFID : imprimantes (encodeurs), détecteurs de mouvement, portes de déviation sur convoyeur, alarmes sonores, écrans de contrôle. [Bendavid, 2010].

⇒ **2<sup>ème</sup> couche : Gestion des données**

- **Le réseau de communication**

Le réseau de communication filaire ou sans fil est utilisé pour transférer les données capturées par la technologie RFID vers la couche de la gestion des données.

- **Le Middleware :**

Le Middleware est un ensemble d'applications logicielles qui servent d'intermédiaire entre les infrastructures physiques RFID et le système d'information de l'entreprise [Floerkemeier & Lampe, 2005]. Le Middleware transforme les informations réunies en données utiles et significatives. Il traite les données capturées par l'ensemble des lecteurs et interagit avec les systèmes de gestion et d'information de l'entreprise [O'Connor, 2007].

- **Système d'information de l'entreprise**

À travers le Middleware, le système RFID communique avec le système de gestion et d'information de l'entreprise qui regroupe : les ERP, le WMS, Le TMS, etc. [Bendavid, 2012]

⇒ **3<sup>ème</sup> couche : Partage d'information**

L'intérêt de l'utilisation de la technologie RFID est de faciliter l'accès à une information précise et en temps réel. Les informations collectées par le système RFID sont partagées par les différents acteurs de la Supply Chain à travers un système inter-organisationnel (IOS). L'information peut être centralisée ou bien distribuée. Dans le premier cas, l'information est entièrement stockée sur l'étiquette RFID. Dans le second, un identifiant est attribué au tag RFID et l'accès à l'information se fait via des bases de données accessibles par un réseau. À cet effet, un réseau de partage d'information RFID/EPC est mis en place pour héberger l'information dans des bases de données accessibles via Internet [Thiesse & Michahelles, 2006]. L'architecture du réseau EPC schématisé dans la [Figure 6](#) comprend les composants suivants :

### ▪ Le code EPC

Un système de codification séquentielle des produits (code EPC : Electronic Product Code) est utilisé pour assurer une standardisation de l'information. L'EPC a été développé par EPC Global afin de garantir une identification automatique et unique des objets à travers le monde. Il y a plusieurs formats d'EPC : 64 bits, 96 bits, 128 bits ou 256 bits. Nous illustrons par un exemple ci-dessous le cas d'un code de 96 bits.

Le code de 96 bits comprend un en-tête de description (header) sur 8 bits, un préfixe identifiant de l'entreprise (EPC Manager Number) sur 34 bits, une référence du produit (Object Class) sur 20 bits et un numéro de série du produit sur 34 bits (Serial Number). [Imburgia, 2006 ; Bottani & Rizzi, 2008]

Le format d'un EPC est par exemple : 01 – 0007885– 004016 – 000492475

- 01 : En-tête déterminant la norme de codage
- 0007885 : l'entreprise émettant cet EPC
- 004016 : le code du produit sortant de cette entreprise
- 000492475 : numéro de série du produit

Le lecteur capture les codes EPC et envoie cette information au Middleware dont le rôle est de traiter l'information et d'interagir avec le système EPC Information Service (EPC-IS) ainsi que le local Object Name Service (ONS).

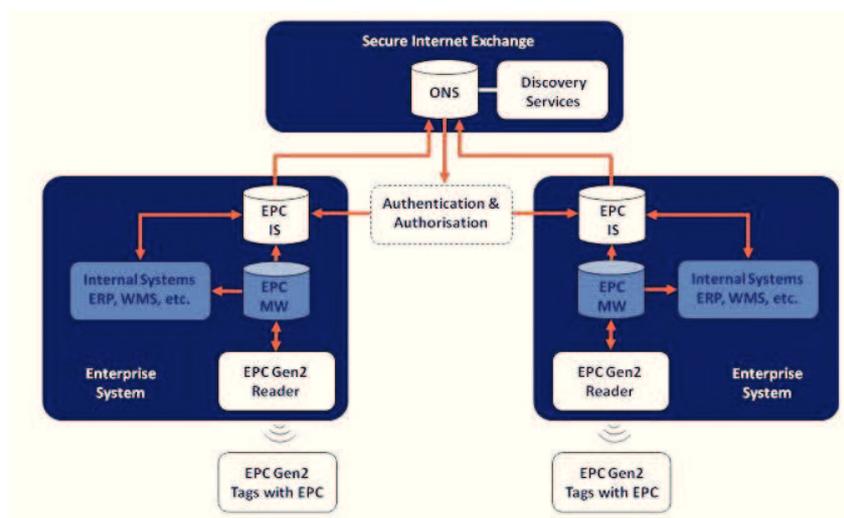


Figure 6 : Architecture du réseau EPC

### ▪ L'EPC-IS

L'EPC-IS est le portail d'accès à l'information. Il permet l'échange des données avec les partenaires commerciaux en utilisant Internet. Il fournit des informations sur un EPC précis d'un objet physique via une requête sur la base de données d'un partenaire.

### ▪ L'ONS : Object Name Service

L'ONS constitue le lien entre l'EPC et la base de données utilisant EPC-IS. L'ONS traduit les numéros EPC en adresses Internet (URL) où se trouvent davantage de données logistiques concernant les objets munis d'EPC. L'ONS est considéré comme un carnet d'adresses qui oriente vers l'endroit où les informations concernant l'EPC sont stockées. Afin de permettre le fonctionnement pratique de l'ONS, un réseau d'ONS locaux a été créé en connexion avec le 'Root ONS'. Ce dernier contient l'adresse de l'ONS local qui dispose de l'adresse EPC-IS.

### 2.3. RFID et technologie alternatives

Le choix de la technologie RFID se justifie par le constat que cette dernière connaît une phase de croissance d'utilisation au niveau de la Supply Chain. Toutefois, il est intéressant d'identifier les technologies alternatives à la RFID, de présenter les caractéristiques de chacune afin de mettre en exergue les avantages et les inconvénients des unes par rapport aux autres.

Le code à barre, la bande magnétique, les systèmes de contact, la reconnaissance optique et la biométrie sont d'autres technologies utilisées pour capturer de l'information et identifier les objets (Figure 7). [Hodges & McFarlane, 2006; Wyld, 2006; Fosso Wamba et al., 2008(a); Fosso Wamba, 2009; Bendavid, 2010]

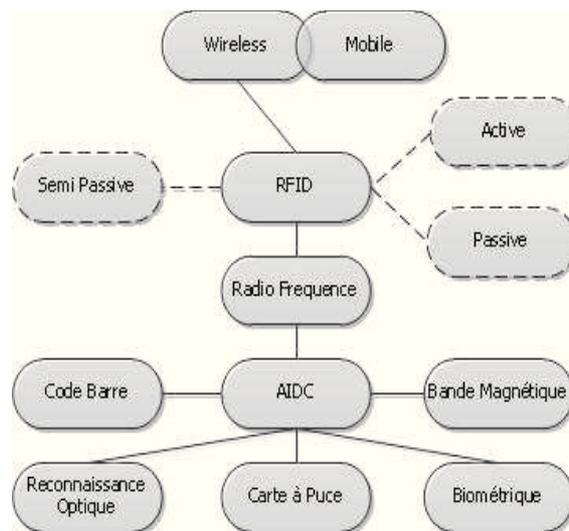


Figure 7: RFID et technologie alternatives

[Hodges & McFarlane, 2006 ; Bendavid, 2008] comparent, dans le [Tableau 9](#), les tags RFID et les autres technologies alternatives en présentant leurs différentes caractéristiques. Le choix d'une technologie par rapport à une autre se fait, principalement, en fonction des applications mises en place. Pour celles liées à la sécurité et à l'autorisation automatique des accès, le choix pourrait se faire entre les technologies biométriques (empreinte rétinienne, empreinte digitale), les cartes à puce, les cartes avec tags passifs, etc. Dans le domaine de la Supply Chain, le choix s'effectue entre la technologie RFID et les code à barres car elles sont considérées comme les technologies les plus répandues dans ce domaine. [Lahiri, 2005 ; Bendavid, 2010]

En comparant les avantages de la RFID par rapport au code à barres, nous pouvons dégager plusieurs points, les tags RFID :

- disposent d'une capacité de stockage plus importante que celle du code barre,
- un seul lecteur peut lire simultanément plusieurs centaines de tags par seconde, ce qui représente un gain de temps considérable. La lecture des tags est également plus rapide que celle des codes à barre car le temps nécessaire pour localiser ces derniers est supprimé,

Tableau 9 : Comparaisons RFID Vs technologies alternatives

Caractéristiques	Technologie D'identification				
	RFID	Cade Barre 1-D	Code Barre 2-D	Bande Magnétique	Mémoire de Contact
<b>Capacité Stockage</b>	Haute	Basse	Moyenne	Basse	Haute
<b>Nature des Données</b>	Réinscriptible	Lecture individuelle	Lecture individuelle	Réinscriptible	Réinscriptible
<b>Lecture</b>	Sans visibilité	Visibilité	Visibilité	Visibilité	Visibilité & Contact
<b>Vitesse de lecture</b>	Très rapide (milliseconde)	Rapide (fraction de seconde)	Rapide (fraction de seconde)		
<b>Simultanéité de Lecture</b>	Oui	Non	Non	Non	Non
<b>Robustesse au Milieu</b>	Haute	Moyenne	Basse	Moyenne	Moyenne
<b>Ligne de visibilité</b>	Non	Oui	Oui	Non	Non
<b>Problème d'Environnement (Métal, Liquide...)</b>	Oui	Non	Non	Oui	Possible
<b>Coût du Tag</b>	[0,1 - 1] €	<0,10€	<0,01 €	<0.01 €	[0,1- 1] €
<b>Coût du Lecteur</b>	Élevé	Bas	Moyen	Bas	Bas

- peuvent être réactualisés facilement. Grâce aux tags réinscriptibles, il est possible de changer ou d'ajouter certaines informations. Les codes à barre, en revanche, sont statiques et nécessitent d'être changés entièrement pour modifier des informations initialement inscrites,
- ne requièrent pas un contact visuel direct avec les lecteurs pour être lus,
- ont une portée de lecture plus grande que celle du code à barre. Ce dernier peut être lu à quelques centimètres au moment où les tags actifs sont lus sur une distance d'une centaine de mètres,
- ne nécessite pas d'intervention humaine, ce qui donne davantage de précision à l'information,
- ont un cycle de vie plus grand car semblent être plus résistants aux conditions de l'environnement que les codes à barre. Ces derniers sont facilement détériorés avec l'humidité, le soleil, la poussière, etc.

Toutefois, la technologie RFID présente certains inconvénients :

- technologie et infrastructure plus coûteuses que le code à barre,
- technologie émergente par rapport au code barre notamment dans les applications de gestion de la Supply Chain,
- qualité de lecture tributaire des caractéristiques des produits tagués : métal, liquide, etc.
- limitation pour certaines fréquences à cause des interférences éventuelles.

L'utilisation de la technologie RFID dans les domaines de la Supply Chain se vulgarise grâce à l'état d'avancement des études de normalisation et à la réduction des coûts d'acquisition [Maxwell, 2007]. La RFID assure le suivi des produits lors des étapes de production, de stockage, de transport et de distribution. Elle permet d'améliorer la traçabilité et la visibilité, de limiter les fraudes et de réduire les vols. Les entreprises qui investissent dans ce système gagnent en rentabilité, en qualité et en contrôle. Il est à noter également que le code à barre est une technologie bien mature, moins dispendieuse et bien ancrée dans les applications et les pratiques Supply Chain ce qui amène jusque-là les deux technologies à cohabiter [Combes, 2004 ; Bendavid, 2010].

Nous avons donné une présentation générale du système RFID en mettant en exergue ses caractéristiques, ses composants, les normes et standardisation qui lui sont associées ainsi que ses avantages par rapports aux autres technologies concurrentes, notamment, le code à barre. Nous nous intéresserons à présent, à mettre en évidence les divers impacts de l'utilisation de la RFID sur la performance de différents domaines de la Supply Chain.

#### **2.4. Impact de l'utilisation de la RFID dans la Supply Chain**

Les applications de la technologie RFID ont été classées selon [Bendavid, 2010] en quatre catégories : (i) gestion des relations clients, (ii) sécurité et accès, (iii) gestion des actifs et (IV) gestion de la Supply Chain. La gestion de la chaîne logistique constitue le domaine d'application que nous étudions.

La technologie RFID est utilisée pour apporter des solutions à des problèmes tels que l'effet Bullwhip, l'incohérence des stocks, la gestion de production et d'assemblage, le transport et la gestion de retour. Dans la littérature, plusieurs articles ont été publiés par les chercheurs pour illustrer le rôle de l'implémentation de la RFID dans le domaine de la Supply Chain. Les articles peuvent être de nature descriptive, présenter des méthodes d'optimisation et d'évaluation de la performance ou bien proposer une revue de littérature. Dans le premier cas, les auteurs décrivent la technologie RFID, les avantages et les limites de son intégration en Supply Chain. Dans le deuxième cas, les chercheurs se basent sur les modèles analytiques, les simulations, les études de cas et les expérimentations pour évaluer l'impact d'intégration de la RFID dans les processus de la Supply Chain.

[Asif & Mandviwalla, 2005 ; Tajima, 2007 ; Cannon et al., 2008], décrivent la technologie RFID, les avantages qui peuvent résulter de sa mise en place ainsi que les obstacles techniques, financiers et opérationnels à relever pour son implémentation. [Ngai et al., 2008 (a)] recensent dans leur revue de littérature 85 articles publiés dans 56 journaux entre 1995 et 2005. La classification de cette littérature s'est effectuée suivant quatre catégories majeures : caractéristiques de la technologie RFID, applications de la technologie, sécurisation, confidentialité et autres aspects : introduction générale, Review, etc.

[Roh et al., 2009] s'intéressent aux avantages de la mise en place de la RFID et aux différentes méthodes de son intégration. [Ilie-Zudor et al., 2011] comparent la technologie RFID aux autres technologies traditionnelles d'identification. Ils présentent une description brève des implémentations réelles de la technologie RFID par domaine d'application.

[Khader et al., 2011] classifient les différentes publications scientifiques en se basant sur deux principaux critères : la nature de la contribution de l'article (descriptif, mise en œuvre de la technologie, optimisation, analyse de la performance) et le type de processus impacté par l'utilisation de la technologie RFID. L'article de [Zhu et al., 2012] permet aux chercheurs de saisir rapidement les différentes solutions et applications de la RFID dans différentes industries (distribution, vêtement, chaîne de montage, restauration, santé, tourisme, librairie, etc.)

#### 2.4.1. RFID dans les problématiques de visibilité et de partage d'information : Atténuer l'effet Bullwhip

Dans le chapitre précédent, nous avons illustré la place importante qu'occupent les Technologies de l'Information et de la Communication (TIC) dans les problématiques liées à l'effet Bullwhip. Dans cette partie, nous mettons le focus sur certaines études portant sur le rôle de la RFID à atténuer ce phénomène et son impact sur quelques indicateurs de performance.

L'utilisation du système RFID permet de diminuer l'effet Bullwhip par l'amélioration du partage de l'information, la visibilité sur les inventaires, la précision des prévisions et la réduction des stocks de sécurité. [Zaharudin et al., 2002 ; Imburgia, 2006 ; Saygin, 2007 ; Bottani & Rizzi 2008].

[Joshi, 2000 ; Simchi-Levi et al., 2003 ; Fleisch, & Tellkamp, 2005] utilisent l'approche par simulation pour évaluer l'impact de la visibilité de l'information sur la performance de la Supply Chain en utilisant la RFID. [Joshi, 2000] s'intéresse à l'effet Bullwhip et simule plusieurs scénarii en variant le degré de visibilité de l'information et de collaboration entre les différents acteurs de la Supply Chain. Les résultats de la simulation démontrent que la visibilité et la collaboration augmentent la traçabilité temps réel, réduisent l'effet Bullwhip et ainsi les coûts de l'inventaire de 40 % à 70%. [Simchi-Levi et al., 2003 ; Fleisch, & Tellkamp 2005] considèrent que la communication temps réel via la technologie RFID permet de réduire la distorsion informationnelle.

[Chen et al., 2000] développent une approche analytique pour évaluer l'impact du partage de l'information sur l'effet Bullwhip.

En réduisant l'effet Bullwhip, la technologie RFID améliore la précision des prévisions, réduit le niveau des stocks de sécurité, diminue le niveau d'inventaire. (Tableau 10)

Tableau 10 : Indicateurs de performance impactés par la RFID dans l'effet Bullwhip

Indicateurs performance (KPI)	Auteurs
Coûts	[Joshi, 2000]
Niveau des stocks	[Zaharudin et al., 2002 ; Simchi-Levi et al., 2003 ; Fleisch, & Tellkamp 2005 ; Imburgia, 2006 ; Saygin, 2007 ; Bottani & Rizzi 2008]

### 2.4.2. RFID dans l'entreposage et la gestion d'inventaires

L'entrepôt est un maillon essentiel de la Supply Chain car il constitue un lien entre les différents partenaires. Il est nécessaire d'allouer les ressources nécessaires à l'entrepôt de manière efficace et efficiente afin d'améliorer la productivité et de réduire le coût d'exploitation. Avec le système du code à barre, il est compliqué de mettre à jour fréquemment les niveaux de stocks ainsi que la localisation des moyens de manutention en temps réel.

L'exactitude de l'inventaire dépend de la précision du système d'information. Une perte d'information non détectée par le système d'information peut conduire à des inventaires erronés qui se répercutent sur la politique de réapprovisionnement et sur la gestion des inventaires. [Kang & Gershwin, 2005] pensent que la correspondance entre le stock physique et le stock qui le représente dans le système d'information est rarement exacte. [Dolgui & Proth, 2008] exposent les raisons de l'inexactitude de l'inventaire en quatre catégories :

- Perte de stock : due au vol, détérioration des produits, obsolescence.
- Erreurs de transaction : elles sont le résultat d'une vérification approximative ou inexistante de la marchandise avant l'entrée en stock.
- Emplacement inapproprié : lorsque les produits sont placés dans des endroits différents de ceux indiqués par le système d'information. Il devient donc difficile de les trouver.
- Étiquetage erroné : Il s'agit de poser une étiquette sur un produit alors qu'elle correspond à un autre produit. L'étiquette peut également contenir des erreurs : (quantité, type, destination, etc.).

Plusieurs acteurs s'appuient sur la simulation pour évaluer les impacts de la RFID sur les problématiques liées à l'incertitude des inventaires.

[Lee et al., 2004 ; Saygin, 2007 ; Karagiannaki et al., 2007] traitent l'apport de la technologie RFID dans la gestion des inventaires. En se basant sur la simulation, Les auteurs montrent qu'avec la technologie RFID les processus d'entreposage sont optimisés et les stocks sont suivis avec davantage d'exactitude. L'information sur les inventaires devient de plus en plus précise et accessible et le service augmente tout au long de la Supply Chain. [Saygin, 2007] s'intéresse à ce problème dans les systèmes manufacturiers et montre également que la technologie RFID réduit les coûts de production et augmente le taux de service par la minimisation des coûts d'inventaire.

[Fleish & Tellkamp, 2005 ; Basinger, 2006 ; Dolgui & Proth, 2008] s'intéressent à une Supply Chain à trois niveaux qui connaît un problème d'inexactitude de stock. [Fleish & Tellkamp, 2005 ; Basinger, 2006] présentent des modèles de simulation pour produit unique où des anomalies d'inexactitude sont réajustées grâce à la RFID. Les simulations de [Dolgui & Proth, 2008] révèlent que l'augmentation du taux de perte à chaque maillon de la Supply Chain provoque une hausse de la rupture de stock. Les résultats de leurs travaux montrent que l'introduction de la RFID, notamment à l'échelle de l'article (item), permet de réduire la perte des produits stockés et conduit, de ce fait, à la baisse du nombre de rupture des stocks.

[Sarac et al., 2008] identifient des scénarii de simulation qui correspondent à des niveaux de mise en place des technologies d'identification : code à barre, RFID sur palette, RFID sur produit, RFID sur produit avec plus de lecteurs et étagères intelligentes. Les résultats de la simulation rejoignent ceux de [Fleish & Tellkamp, 2005 ; Dolgui & Proth, 2008] et prouvent que la technologie RFID permet de réduire les erreurs d'inventaires, les ruptures de stocks et

ainsi d'accroître le taux de service. Les auteurs évaluent également l'impact économique de l'introduction de la technologie RFID à travers une analyse de retour sur investissement (ROI). La mise en place de la RFID nécessite des investissements significatifs car le coût de la RFID reste encore onéreux par rapport au code à barre. Les résultats montrent qu'il existe un seuil à partir duquel l'investissement en RFID commence à être rentable. Ce seuil est proportionnel aux prix des produits et aux quantités commandées.

[Wang et al., 2008] développent une étude par simulation pour montrer la corrélation qui existe entre le système de réapprovisionnement et l'utilisation de la technologie RFID. Les résultats attestent que l'automatisation des systèmes réduit considérablement le coût total d'inventaire et accroît le taux de rotation des stocks.

[Fosso Wamba et al., 2008 (c)] présente l'impact de l'utilisation de la technologie RFID sur les processus de ramassage et d'expédition dans un entrepôt d'entreprises du secteur 3PL (Third Party Logistic). Les auteurs optent pour la simulation afin d'analyser l'effet de la technologie RFID sur les Business Process. Les résultats de cette recherche confirment que la technologie RFID peut engendrer un réengineering des processus, améliore la qualité des informations, synchronise les informations entre les différents acteurs. Les auteurs affirment que les bénéfices globaux de la technologie sont atteints en fonction de l'implication des acteurs dans l'intégration de la technologie.

Certains auteurs ont étudié la même problématique mais en se basant sur les méthodes analytiques. [Sarac, 2010] compare deux situations : (i) la première intègre les produits perdus, périmés, indisponibles, les erreurs de vol sans utilisation de la RFID (ii) la deuxième analyse les mêmes problèmes en intégrant la technologie RFID. Les résultats prouvent que grâce à la technologie RFID, la disponibilité des produits augmente de 10% et le profit accroît de 50%.

[Atali et al., 2006] développent un modèle analytique et considèrent un système périodique de réapprovisionnement « Periodic Review inventory » pour un produit unique. Les résultats de l'étude montrent que l'imprécision de l'inventaire conduit à des pertes considérables. En garantissant une meilleure visibilité, La RFID permet de réduire les coûts de rupture de stocks et le taux d'erreurs.

[Kang & Gershwin, 2005] proposent un modèle analytique accompagnée d'une approche par simulation. Ils simulent un modèle pour un inventaire de produit unique avec un système de contrôle périodique sous une politique en Regular Replenishment Order (Q, R). Les résultats montrent que l'inexactitude des stocks même minime (1%) peut causer des ruptures de stocks de 17%. Un taux de 2,4% des pertes augmente le niveau de rupture de stock de 50%.

[Gaukler, 2005 ; Lee & Özer, 2007] se basent sur un modèle analytique pour mesurer les impacts de l'utilisation de la RFID dans une chaîne d'approvisionnement. Les auteurs précisent que l'introduction de la RFID conduit à réduire le taux d'inexactitude des inventaires de 10% à 66% et les coûts de l'inventaire de 2,8% à 4,5%.

[Sunderpandian et al., 2006] se penchent sur l'évaluation des coûts et des bénéfices de l'implémentation de la RFID dans une Supply Chain composée de producteurs, distributeurs, détaillants et consommateurs. Les auteurs ont développé un modèle analytique pour évaluer l'apport de cette application sur le réapprovisionnement des étagères au niveau des points de vente. Le modèle prend en compte les coûts de mise en œuvre, de lecture des tags, des réseaux de communication et autres coûts d'infrastructures. Les auteurs observent que la technologie RFID améliore le contrôle automatique des magasins de détail et réduit les coûts de l'inventaire, les pertes dues aux vols des clients, aux produits égarés, etc.

[Heese, 2007 ; Rekik et al., 2007 ; Rekik et al., 2009], étudient l'effet de la technologie RFID sur la performance d'une chaîne d'approvisionnement à deux niveaux. [Rekik et al., 2007 ; Rekik et al., 2009] comparent deux situations : dans la première, les acteurs de la Supply Chain tentent d'éliminer les erreurs (vol, produits perdus, produits mis dans une autre étagère) sans avoir recours à la RFID. Dans la seconde, la technologie RFID est prise en compte. Les auteurs se basent sur un modèle analytique pour une Supply Chain à deux niveaux, un produit unique et un contrôle périodique de l'inventaire. Les résultats observés montrent une corrélation entre les bénéfices de l'implémentation de la technologie RFID et la fréquence d'occurrence des erreurs. Les bénéfices augmentent au fur et à mesure de l'accroissement de la fréquence des erreurs. [Heese, 2007] affirme que la technologie RFID élimine les erreurs d'inventaire et montre le seuil à partir duquel l'adoption de cette dernière se révèle rentable.

[Sahin, 2004 ; Sahin & Dallery., 2009] se focalisent sur l'impact de l'inexactitude de l'inventaire sur la performance de la Supply Chain. Les auteurs supposent que les acteurs de la Supply Chain utilisent la technologie du code à barre pour collecter les informations relatives à l'inventaire de leurs entrepôts. L'objet des articles est, d'une part, de quantifier l'impact économique des erreurs enregistrées durant le processus de contrôle manuel et, d'autre part, de comparer cette situation avec celle où la RFID est intégrée.

Deux modèles analytiques concernant l'inventaire d'un produit unique sont proposés. Dans le premier modèle, les erreurs sont ignorées, dans le second modèle, les données sont capturées grâce à l'utilisation des technologies d'identification automatique (RFID). Les modèles développés prouvent que les erreurs d'inventaires affectent la performance en termes de coûts et mettent en avant les bénéfices réalisés grâce à la RFID.

[Kok et al., 2008 ; Ozelkan & Galambosi, 2008] présentent un modèle économétrique permettant d'analyser les coûts et les bénéfices rattachés à la technologie RFID. [Kok et al., 2008] déterminent le coût entraîné par la perte de stock et considèrent les coûts d'investissement de l'implémentation de la RFID pour pallier ce dysfonctionnement. Les auteurs montrent que la valeur du produit a un impact sur le seuil de rentabilité. [Ozelkan & Galambosi, 2008] constatent au travers de leur analyse que les coûts fixes des systèmes RFID semble jouer un rôle significatif dans les décisions de mise en place de la technologie RFID.

Plusieurs auteurs axent leurs travaux sur des études de cas pour montrer le rôle de la technologie RFID dans l'entreposage et la gestion d'inventaire.

[Loebbecke, 2005] constate sur la base d'une enquête menée pour le conglomérat européen de commerce de détail (Metro group) en Allemagne, que la technologie RFID contribue à baisser les ruptures de stocks d'environ 9 % à 14 % par rapport à l'année qui précédait.

[Hardgrave et al., 2006] présentent le cas des magasins Wal-Mart pour constater que la technologie RFID permet de réduire le taux de rupture des stocks d'environ 62% pour les produits dont la moyenne de vente est de 7-15 unités par jour, ce qui induit à des gains de vente de 1% pour les détaillants et de 0,8% pour les manufacturiers. [Huber & Michael, 2007 ; Kim et al., 2008 (a) ; Ilie-Zudor et al., 2011] présentent divers bénéfices de l'utilisation de la RFID notamment en termes de gestion d'inventaire au niveau de la vente de détail.

[Ilie-Zudor et al., 2011] illustrent le cas de l'entreprise Levis Strauss qui a réussi, grâce à la technologie RFID, de réduire la rupture de ses stocks à 70% et à augmenter la disponibilité des produits à 99%. [Huber & Michael, 2007] s'appuient sur des entretiens semi-directifs et une analyse du contenu pour montrer que la technologie RFID est utilisée dans le but d'assurer une visibilité sur les stocks et par conséquent, de minimiser les pertes dues à des produits endommagés, température incorrecte, dépassement de dates de consommation, etc.

[Kim et al., 2008 (a)] présente le cas d'entreprises américaines et coréennes de détail. Les résultats indiquent que l'automatisation du système est le facteur clé d'amélioration de la gestion d'inventaire, de l'authentification des produits, de la minimisation des erreurs, de la contrefaçon et des actes de fraude.

[Çakici et al., 2011] comparent à travers une étude de cas les bénéfices de la technologie RFID par rapport au code à barre en s'intéressant aux problématiques de gestion d'inventaires des produits pharmaceutiques et médicamenteux dans un milieu hospitalier. Les auteurs analysent l'inventaire d'un unique produit en considérant les deux politiques de contrôle : périodique et continu (Periodic/Continuous Review Policy). L'étude s'appuie sur l'analyse de trois situations : code à barre, RFID et RFID accompagné d'un changement organisationnel (Business Process Redesign BPR). Les résultats démontrent que la technologie RFID élimine l'intervention humaine, permet le contrôle continu de l'état des stocks ce qui améliore considérablement la visibilité, réduit les erreurs d'inventaires ainsi que les coûts.

[Katz, 2006] illustre dans son article l'intérêt d'utiliser la technologie RFID dans les opérations de réception des produits au niveau des entrepôts. L'auteur présente le cas de Gillette où l'entreprise a vu diminuer le temps de réception de la palette dans les centres de distribution de 25%. Ce gain de temps est réalisé grâce à la technologie RFID qui permet la lecture automatique des tags sans intervention humaine.

[Chow et al., 2006 ; Harry et al., 2006 ; Poon et al., 2009 ; Poon et al., 2011] mettent en évidence le rôle de la technologie RFID dans l'amélioration de la gestion des entrepôts et des ressources. [Chow et al., 2006 ; Harry et al., 2006] étudient un système de gestion des ressources basé sur la technologie RFID dont l'objectif est d'aider les utilisateurs à déterminer les ressources les plus appropriées pour le traitement des opérations de manutention. Un algorithme est développé pour optimiser le chemin des chariots élévateurs au niveau des entrepôts. Le système proposé ainsi que l'algorithme développé ont pour but d'améliorer l'efficacité de l'entrepôt par une gestion efficace des ressources et une optimisation de l'itinéraire des moyens de manutention. Afin de mieux illustrer l'apport de la RFID, [Harry et al., 2006] appuient leur analyse par une étude de cas de l'entreprise GENCO (entreprise de distribution et de logistique). Les résultats illustrent que la technologie RFID réduit les erreurs de palettes expédiées, le temps de préparation de commande, améliore la localisation des moyens de manutention, et conséquemment accroît le taux de satisfaction client.

[Poon et al., 2009] présentent des tests pour évaluer le taux de lecture pour deux types de tags (passifs et actifs) ainsi que les champs de couverture à utiliser. L'information issue de la technologie RFID aide à mettre en place un système de gestion des ressources pour :

- sélectionner les équipements de manutention,
- identifier la localisation des ressources,
- formuler le chemin le plus court pour la préparation de commandes.

Les auteurs présentent une étude de cas effectuée au niveau d'une entreprise chinoise (GSL), l'un des leaders mondiaux de la fabrication des dictionnaires électroniques de poche. L'application de la technologie RFID au niveau de l'entreprise permet d'améliorer l'exactitude des inventaires, de préciser l'emplacement des moyens de manutention, de baisser le temps de capture et de traitement de l'information (quelques secondes), de déterminer rapidement le matériel approprié pour la manutention et le chemin le plus court pour la préparation de commandes. [Poon et al., 2011] rejoignent les études précédemment décrits. Ils développent un algorithme génétique pour optimiser l'affectation des ressources lors des opérations de réapprovisionnement entre les entrepôts et les ateliers de production. La

RFID aide les entreprises à fournir des itinéraires optimisés de ramassage et de livraison entre les ateliers de production et les entrepôts. Elle permet également d'optimiser les ressources de manutention par la détermination des équipements les plus appropriés.

[Lefebvre et al., 2006] exposent une étude pilote concernant un réseau de quatre entreprises. Les résultats de l'étude indiquent que la technologie RFID semble être difficile à adopter par les différents acteurs car elle implique une restructuration organisationnelle, une refonte des processus existants et une intégration plus élevée des outils de communication et transmission d'information entre les différents intervenants.

[Bottani & Rizzi, 2008] mesurent l'impact de la RFID dans les processus des biens de consommation courante (Fast-Moving Consumer Goods FMCG). Les auteurs examinent une Supply Chain composée de trois échelons (producteur, distributeur et détaillant). En utilisant un questionnaire, des données quantitatives et qualitatives ont été collectées pour cerner les processus logistiques de chaque intervenant de la chaîne. Une étude de faisabilité a été établie afin d'étudier l'adoption de la RFID pour chaque échelon d'une part, et pour la totalité de la Supply Chain d'autre part. Quatre scénarii ont été adoptés : Supply Chain non intégrée vs Supply Chain intégrée, tags sur palette ou sur carton.

Les conclusions de l'article révèlent que dans le scénario « Supply Chain non intégrée » l'introduction de la RFID au niveau de la palette offre un résultat économique positif pour tous les échelons, notamment pour le producteur. En revanche les coûts de l'encodage et des tags sont élevés au niveau de la mise en place sur cartons. Les bénéfices sont réalisés qu'au niveau des détaillants et des distributeurs car ces derniers ne supportent pas les coûts de l'acquisition des tags RFID.

Quant au scénario « Supply Chain intégrée », l'implémentation de la RFID sur palette permet un résultat économique conséquent pour tous les échelons grâce à la visibilité et au partage d'information qui induit à la réduction de l'effet Bullwhip et des stocks de sécurité. Au niveau de la RFID sur cartons, les bénéfices dépendent de l'acteur de la Supply Chain. Pour le producteur, les gains réalisés ne couvrent pas les coûts générés pour les tags et l'encodage. Pour les distributeurs et les détaillants les résultats économiques sont positifs. Les auteurs concluent que la réduction des coûts de stock de protection est intéressante au niveau du distributeur et du détaillant ce qui entraîne des bénéfices sur la totalité de la Supply Chain. Ceci justifie l'investissement sur la mise en place de la technologie RFID au niveau des cartons.

Dans le domaine de l'entreposage et de la gestion d'inventaire, la technologie RFID améliore l'exactitude des stocks en alignant l'inventaire physique à l'informationnel, réduit les pertes, les vols, optimise la gestion des ressources, etc. Ceci permet de baisser les coûts, les délais, le niveau de stock de sécurité, les ruptures des stocks et d'augmenter le taux de service, le profit et la qualité (Tableau 11).

Tableau 11 : Indicateurs de performance impactés par la RFID dans l'entreposage et gestion d'inventaire

Indicateurs performance (KPI)	Auteurs
Coûts	[Sahin, 2004 ; Gaukler, 2005 ; Sounderpandian et al., 2006 ; Lee & Özer, 2007 ; Saygin, 2007 ; Bottani & Rizzi, 2008 ; Kok et al., 2008 ; Ozelkan & Galambosi, 2008 ; Wang et al., 2008 ; Sahin & Dallery., 2009 ; Çakici et al., 2011]
Rotation de stock	[Wang et al., 2008]
Délai	[Katz, 2006]
Qualité	[Fosso Wamba et al., 2008 (c)],
Réduction d'erreurs	[Atali et al., 2006 ; Harry et al., 2006 ; Sounderpandian et al., 2006 ; Heese, 2007 ; Huber & Michael 2007 ; Rekik et al., 2007 ; Kim et al., 2008 (a) ; Sarac et al., 2008 ; Rekik et al., 2009 ; Çakici et al., 2011]
Niveau des stocks	[Lee et al., 2004 ; Karagiannaki et al., 2007 ; Saygin, 2007 ; Bottani & Rizzi, 2008 ; Wang et al., 2008 ]
Profit	[ Sarac, 2010]
Rupture de stock	[Kang & Gershwin, 2005 ; Loebbecke, 2005 ; Atali et al., 2006 ; Hardgrave et al., 2006 ; Sarac et al., 2008 ; Dolgui & Proth, 2008 ; Sarac, 2010; Ilie-Zudor et al., 2011]
Niveau de service	[Lee et al., 2004 ; Chow et al., 2006 ; Harry et al., 2006 ; Karagiannaki et al., 2007 ; Saygin, 2007 ; Sarac et al., 2008 ]
Optimisation des ressources	[Chow et al., 2006 ; Harry et al., 2006 ; Poon et al., 2009]

### 2.4.3. RFID dans la gestion de production et des lignes d'assemblage

Le premier objectif d'introduire la technologie RFID dans les processus de production et d'assemblage est d'améliorer les processus de planification et de contrôle [Bussman & McFarlane, 1999 ; Bussman & Schild, 2000 ; Meyer, 2009]. Les changements fréquents dans les plans de production causés par des pannes machine, rupture de stock, incertitude d'arrivée des composants, retard de livraison, etc., conduisent à des instabilités dans le calendrier de production.

[Huang et al., 2008(a) ; Huang et al., 2008(b)] déterminent les problèmes de fonctionnement d'un atelier de production et les avantages que la RFID apporte en termes de productivité et de qualité. La RFID améliore le suivi des matériels, des composants au niveau des processus de production et assure la continuité de la disponibilité de l'approvisionnement. [Wang et al., 2007] s'intéressent à mettre en exergue le rôle de la technologie RFID à garantir la traçabilité et le suivi des produits dans un atelier de production. L'intérêt de cette traçabilité est d'améliorer la prise de décision et d'accroître le degré d'automatisation et l'efficacité des processus d'assemblage.

[Johnson, 2002 ; Qiu, 2007] mettent l'accent sur l'intégration de la RFID dans la gestion du déplacement des produits dans un atelier de fabrication. Les auteurs présentent le cas de l'entreprise Ford qui utilise la technologie RFID dans son processus de production. Les tags RFID sont fixés aux châssis de chaque voiture. Ceux-ci indiquent via un numéro de série les composants et les pièces qui doivent être installés pour chaque châssis. La RFID indique ce qui a été accompli pour chaque véhicule et ce qui reste à faire le long de la ligne de production. Les châssis se déplacent d'un poste d'assemblage à un autre, les lecteurs RFID

lisent automatiquement les procédures d'assemblage du châssis afin que les bonnes pièces y soient installées.

[Strassner & Fleish, 2005 ; Manik et al., 2007 ; Mourtzis et al., 2008] montrent également les avantages de la RFID dans l'industrie automobile. Le but est de réduire les éventuelles erreurs de choix des composants à intégrer dans chaque véhicule étant donné les exigences différentes des clients quant aux caractéristiques de leurs voitures. [Tang et al., 2011] s'intéressent eux aussi à un cas d'industrie automobile où l'organisation actuelle est basée sur le code à barre. Le système présent accuse énormément d'erreurs et un temps lent de lecture des codes. Les résultats de l'application de la RFID illustrent une diminution des erreurs, un allègement de la charge du travail des employés et une augmentation de la capacité de production de 6,6%.

[Lu et al., 2011] mettent l'accent sur l'intérêt de la RFID dans les projets de construction afin de fournir une information exacte utile à une prise de décision réactive. L'information peut concerner l'état d'inventaire du matériel, la position des travailleurs et l'état des machines. Les composants sont traqués car ils sont équipés de tag RFID combiné avec le GPS et le GIS. La RFID devient intéressante quand les sites de construction sont grands et les emplacements des machines difficiles à localiser. La RFID aide à positionner les machines et les outils, à prévoir les pertes, les emplacements erronés, etc.

[Chen & Tu, 2009] étudient le cas d'un fabricant taiwanais de bicyclettes dont l'organisation actuelle est majoritairement gérée avec la technologie du code à barre. Le système est caractérisé par une traçabilité imprécise et une faible performance due au manque d'information. L'étude se base sur une expérimentation où il est question de présenter un prototype simulant le fonctionnement d'un atelier de production suite à l'application de la RFID. Les résultats présentent une réduction de l'intervention humaine, une détection rapide des dysfonctionnements, une amélioration de la visibilité des produits et conséquemment, un accroissement globale du contrôle de production.

En continuité aux travaux de [Chen & Tu, 2009], [Tu et al., 2009] suggèrent l'intégration de la technologie RFID accompagnée d'un système multi-agents de contrôle de production afin d'assurer la personnalisation de masse des produits. Les auteurs comparent deux scénarii toujours au niveau du fabricant taiwanais de bicyclettes : le premier est le système actuel. Le second se base sur le système RFID qui suppose une visibilité plus pointue. Les résultats de l'étude révèlent une augmentation de la traçabilité de 70% dans le système actuel à 95% dans le scénario 2. Une baisse des retards de livraison de 5% à moins 1,5%, de la perte de produits de 7% à moins de 1%, une réduction du stock de 15% et une diminution du temps de séjour d'environ 40%.

[Vrba et al., 2008] adoptent la simulation pour modéliser l'intégration de la RFID à un système de contrôle basé sur des agents. Les données issues de l'application de la RFID sont utilisées par des agents à l'exemple des machines, des composants, etc. Le modèle de simulation proposé est vérifié dans un laboratoire utilisant un système de simulation appelée Manufacturing Agent Simulation Tools System (MAST).

[Wei et al., 2010] déploient un système RFID dans une micro-usine expérimentale constituée d'un entrepôt, d'un centre de tri et d'une ligne d'assemblage. Le système RFID permet de suivre la circulation des flux des produits et de garantir le fonctionnement d'un système Kanban. Les auteurs se basent sur douze indicateurs pour évaluer la performance du système implémenté. Les résultats de l'expérimentation attestent que la RFID conduit à l'amélioration des indicateurs suivants : performance des livraisons, durée de séjour, réactivité, flexibilité de

la production, productivité des employés, temps de cycle. Les coûts logistiques et les délais de livraison du fournisseur ne sont en revanche, pas améliorés.

[Hou & Huang, 2006] cherchent à réaliser une étude empirique pour analyser les coûts et les avantages de l'intégration de la technologie RFID dans les différentes activités de l'industrie des imprimeries (printing). Les auteurs examinent la faisabilité d'implantation de la technologie RFID à travers des entretiens et des questionnaires administrés à huit entreprises taiwanaises dans le domaine. Les résultats de l'étude prouvent que les avantages de l'implémentation de la RFID sont plus significatifs lorsque le tag RFID est placé au niveau du produit (Item). Ils développent également une approche coût/bénéfice de l'intégration de cette technologie.

[Weining et al., 2010] s'intéressent à certains dysfonctionnements rencontrés dans des systèmes de production caractérisés par la variété des produits et la petite taille des lots. Les problèmes étudiés sont : l'incohérence entre le flux informationnel et le flux physique et les erreurs humaines lors du contrôle de la production. Les auteurs présentent l'intérêt de l'introduction de la technologie RFID dans une ligne d'assemblage de motocycle en Chine. Le système RFID mis en place assure une communication entre le niveau managérial et opérationnel car des informations sur la planification de la production et les modes opératoires sont transmises aux employés. Les résultats de l'étude montrent une augmentation de l'efficacité de production d'environ 8 à 10%, une réduction des erreurs de 80% et un accroissement de la qualité de 65% à 80%.

[Baishun & Baoding, 2011] s'intéressent au cas d'une ligne d'assemblage de produits électroniques pour mettre en exergue les retombées de l'application de la technologie RFID associée à un progiciel d'exécution de production (Manufacturing Execution System MES.). Le système RFID permet de fournir des informations temps réel sur l'exécution des tâches des employés grâce à des lecteurs positionnés, au niveau des postes de travail, et une signalisation numérique. Les MES basés sur la technologie RFID garantissent une communication temps réel entre le niveau opérationnel et le niveau de planification et permet ainsi d'élever la performance du système de production.

[Haouari et al., 2012] se penchent sur l'évaluation de l'apport de la RFID au niveau des ateliers de production gérés en système de configuration à la demande (CTO). Les performances mesurées sont le taux d'utilisation des ressources, les cycles des temps de séjour et le rendement. Les auteurs optent pour la simulation et exposent les résultats suivants : une légère baisse des retards, une augmentation du rendement du système ainsi qu'une nette diminution du temps de séjour ouvré des commandes. Les auteurs affirment également que les gains de la technologie RFID peuvent être plus significatifs si cette dernière est accompagnée par un changement organisationnel du système. Ceci permet d'exploiter au mieux la visibilité qu'elle offre pour une prise de décision plus réactive.

Au niveau des ateliers de production, la technologie RFID améliore les processus de contrôle, de traçabilité et de qualité au niveau des ateliers d'assemblage en impactant le coût, le délai, la qualité, le niveau des stocks, la productivité et le niveau de service (Tableau 12).

Tableau 12: Indicateurs de performance impactés par la RFID dans la gestion de production

Indicateurs performance (KPI)	Auteurs
Coût	[Hou & Huang 2006 ; Wei et al., 2010]
Délai	[Chen & Tu, 2009 ; Tu et al., 2009 ; Wei et al., 2010 ; Weining et al., 2010 ; Haouari et al 2012]
Qualité	[Johnson, 2002 ; Strassner & Fleish, 2005 ; Manik et al., 2007 ; Qiu 2007 ; Mourtzis et al., 2008 ; Huang et al., 2008(a) ; Huang et al., 2008(b) ; Chen & Tu, 2009 ; Tu et al, 2009 ; Wei et al., 2010 ; Weining et al., 2010 ; Lu et al., 2011 ; Tang et al., 2011]
Réduction de stocks	[Chen et Tu, 2009 ; Tu et al., 2009]
Productivité	[Huang et al., 2008(a) ; Huang et al., 2008(b) ; Wei et al., 2010 ; Weining et al., 2010 ; Lu et al., 2011 ; Tang et al., 2011 ; Haouari et al 2012]
Niveau de service	[Lee et al., 2004 ; Chow et al., 2006 ; Harry et al., 2006 ; Karagiannaki et al., 2007 ; Saygin, 2007 ; Sarac et al., 2008 ]

#### 2.4.4. RFID dans la gestion du transport

Lors du transport, l'information continue n'est pas toujours garantie [Jedermann et al., 2006, Jedermann et al., 2009 ; Malhéné & Deschamps, 2010]. L'utilisation de la technologie RFID dans ce domaine s'inscrit essentiellement dans le suivi et la maintenance des ressources, l'identification et la localisation des véhicules, la sécurité, le transport public, les péages, la traçabilité des actifs réutilisables, etc. [Furness & Smshuith, 2005 ; Ilie-Zudor, 2011].

[Jedermann et al., 2006, Jedermann et al., 2009 ; Wang et al., 2010.] s'intéressent dans leur article à présenter l'effet de l'utilisation de la technologie RFID dans le cas du transport des produits alimentaires périssables. Les auteurs déclarent que l'état de ces produits n'est pas connu lors de leur acheminement alors que cette information est indispensable vu le taux de pertes et de détériorations enregistré lors de l'acheminement des produits.

L'utilisation de la technologie RFID constitue un moyen efficace pour garantir une visibilité sur l'état des produits transportés et détecter rapidement les problèmes qui peuvent survenir. Ceci entrainera une prise de décisions réactive qui évitera les situations de perte.

[Wang et al., 2010] s'appuient sur une étude de cas concernant certaines entreprises en Chine confrontées à des problèmes de transport des produits périssables. A cause des détériorations, ces entreprises payent chaque année, des pénalités afin de compenser leurs clients. Pour faire face à ce problème, ces entreprises ont équipé leurs conteneurs de tags RFID accompagnés de capteurs de température. Les anomalies enregistrées sont soit liées aux véhicules ou aux conteneurs. Les problèmes associés aux véhicules sont le degré de vibration, ceux liés aux conteneurs sont le dépassement du seuil de température, taux d'humidité. Lorsqu'un problème lié aux véhicules surgit, une recherche d'autres véhicules proches est effectuée via le GPS, si le véhicule est disponible, le véhicule est remplacé, sinon la livraison est annulée. Si le conteneur subit des problèmes de dépassement du seuil de température ou du taux d'humidité, les décideurs recherchent des plates-formes de chargement/déchargement proches ainsi qu'un conteneur vide. Le véhicule se rend vers la plate-forme la plus proche et le conteneur est ainsi remplacé.

[Jedermann et al., 2006 ; Jedermann et al., 2009] illustrent le cas du transport des fruits. Les produits chargés sont détectés par des lecteurs RFID à l'entrée du véhicule. Quand le véhicule quitte la plate-forme de chargement, une requête est effectuée sur l'état des produits transportés et sur les conditions de température et d'humidité. Le GPS intervient pour la localisation. Au moment du déchargement, le contrôle s'effectue également. [Jedermann et al., 2009] estiment aussi le nombre minimum de capteurs nécessaires pour mesurer la température à l'intérieur des camions et des conteneurs.

[Zacharewics et al., 2011] abordent dans leur article l'apport de la technologie RFID dans le transport routier de marchandises. Dans leur recherche, les auteurs développent une plate-forme de simulation basée sur le modèle G-DEVS (Generalized Discret Event Specification) et le standard HLA (High Level Architecture).

[Jarugumilli & Grasman, 2007] développent des modèles mathématiques combinant gestion des stocks et tournées de véhicules (Inventory Routing Problem). Dans cet article, les auteurs proposent un ensemble d'emplacements desservi par un seul centre de distribution suivant la gestion partagée des approvisionnements (VMI). Dans ce scénario, la technologie RFID permet de contrôler efficacement la gestion des stocks en échangeant des informations temps réel sur les différents emplacements à alimenter. Cet article s'appuie sur des modèles mathématiques qui montrent les économies potentielles associées à la mise en œuvre de cette technologie et fournit une analyse des obstacles pratiques à son application.

Les auteurs comparent les tournées statiques où les points à visiter et les quantités à livrer sont initialement définis aux tournées dynamiques où les quantités à livrer et les itinéraires sont recalculés compte tenu de l'information temps réel issue de l'utilisation de la RFID.

[Prasanna & Hemalatha, 2012] se focalisent dans leur recherche sur l'utilisation de la technologie RFID, GPS et GSM dans les opérations de chargement et de tracking. L'article s'intéresse au chargement de véhicule et aux problèmes qui peuvent se produire tels que : le retard de livraison, la surcharge du véhicule, l'identification des positions de véhicules et le stockage des produits dans des endroits inappropriés. Les produits sont étiquetés par des tags RFID et les lecteurs sont placés au niveau des véhicules. Des capteurs de poids sont intégrés pour détecter les surcharges éventuelles. Les valeurs réelles et celles prévues sont comparées. Si le poids est plus grand que celui prédéfini, une alerte est générée.

Le GSM est utilisé pour transmettre l'information aux utilisateurs et le GPS assure la possibilité de positionner les véhicules, leur vitesse, leur temps d'arrêt, etc.

Les auteurs se sont penchés sur les problèmes de produits perdus, surcharge de véhicule, tracking des véhicules, etc. Ils cherchent à étendre leurs travaux en intégrant les problèmes d'erreurs de livraison.

[Woo et al., 2009] présente l'apport de l'utilisation des tags RFID avec capteurs pour garantir la traçabilité continue des produits ainsi que les conditions dans lesquelles (température, humidité) ils sont acheminés même lorsqu'ils sont à l'intérieur des palettes et des conteneurs. Les auteurs adoptent la démarche de la simulation pour évaluer le système proposé.

[Kim et al., 2008 (b)] étudient le rôle de la technologie RFID à fournir l'information en temps réel pour le mouvement des véhicules au sein des ateliers d'assemblage. Les auteurs optent pour la simulation afin de démontrer que la technologie RFID améliore considérablement la satisfaction client par la réduction du temps et le coût du travail. Les auteurs développent également un algorithme, pour optimiser l'itinéraire et améliorer la performance par une meilleure planification des calendriers d'expédition.

[Cheung et al., 2008] se focalisent sur l'optimisation des tournées de véhicules en utilisant les technologies mobiles (GPS, GIS et RFID). Un modèle mathématique est développé pour optimiser les tournées en prenant en considération des données capturées en temps réel : localisation des véhicules, temps de parcours, arrivée d'une commande, etc. Les auteurs proposent un premier modèle statique et un second dont l'objectif est de ré-optimiser les tournées après l'apparition d'une information dynamique.

[Wen, 2010] s'appuie sur des tests pour présenter l'utilisation de la technologie RFID dans la gestion du trafic incluant la congestion des routes, la détection des voitures volées ou suspectes, etc. Le système comprend des tags passifs, un lecteur RFID, des antennes, un ordinateur, des capteurs infrarouges, un serveur intégrant un système de base de données. Le tag RFID est placé sur le Pare-brise de la voiture, le lecteur installé sur des panneaux de signalisation détecte les données et les envoie au serveur via un réseau Wifi. Le serveur stocke les données dans des bases de données. À travers des requêtes, l'utilisateur peut avoir accès à des informations telles que : les données personnelles, les informations sur la voiture, le prix du carburant, les péages, etc.

Si le conducteur ne paye pas au niveau des péages, une alarme est générée et la voiture est prise en photo. Si la voiture est volée ou suspecte, un signal est transmis aux autorités concernées et la voiture est arrêtée. En outre, une autre application est mise en place, il s'agit d'accumuler les frais tels que les frais du carburant, péages, etc., et d'envoyer le relevé de facturation au propriétaire de la voiture à la fin de chaque mois.

Lors du routage des produits, la technologie RFID améliore la traçabilité, la réactivité et la qualité des produits transportés. Elle optimise également la localisation des produits et la gestion des tournées lorsqu'elle est couplée au GPS (Tableau 13).

Tableau 13: Indicateurs de performance impactés par la RFID dans le transport

Indicateurs performance (KPI)	Auteurs
Optimisation des tournées	[Jarugumilli & Grasman 2007 ; Cheung et al., 2008 ; Wen 2010 ; Zacharewicz et al., 2011]
Qualité	[Jedermann et al., 2006 ; Jedermann et al., 2009 ; Woo et al., 2009 ; Wang et al., 2010 ; Prasanna & Hemalatha, 2012]
Coût	[Kim et al., 2008 (b)]
Délai	[Kim et al., 2008 (b)]
Niveau de service	[Kim et al., 2008 (b)]

#### 2.4.5. RFID dans la logistique de retour

[Langer et al., 2006 ; Lee & Chan, 2009] proposent des modèles analytiques pour montrer l'utilisation de la technologie RFID dans la logistique inverse (Tableau 14).

[Langer et al., 2006] développent un modèle pour diminuer les plaintes frauduleuses grâce à la traçabilité exacte assurée par la mise en place de la RFID.

[Lee & Chan, 2009] mettent en évidence l'intérêt de la technologie RFID dans le domaine de la logistique inverse et proposent un modèle pour déterminer les emplacements des points de collectes. La technologie RFID permet d'envoyer une information au dépôt central pour lui

indiquer le nombre de retours dans les points de collecte. Une tournée sera ainsi programmée pour les vider. Les auteurs développent un algorithme génétique afin d'optimiser le taux d'utilisation des points de collecte et de maximiser la couverture des clients. L'utilisation de la RFID est proposée pour compter les quantités d'articles recueillis dans les points de collecte et ainsi d'envoyer un signal au centre de retour central. Ces données sont utilisées pour planifier les tournées de véhicules afin de transférer les produits retournés des points de collecte vers le centre de retour. L'intérêt de cette recherche est d'optimiser les tournées des véhicules, entre les points de collectes et le centre de retour central, dans l'objectif de garantir un recyclage économique et écologique.

Tableau 14: Indicateurs de performance impactés par la RFID dans la logistique de retour

Indicateurs performance (KPI)	Auteurs
Qualité	[Langer et al., 2006]
Optimisation des tournées	[Lee & Chan, 2009]
Coûts de transport	[Lee & Chan, 2009]
Eco logistique	[Lee & Chan, 2009]

Nous avons analysé l'impact de l'intégration de la technologie RFID dans les différents domaines de la Supply Chain : partage d'information, gestion de production, gestion d'inventaires et entreposage, transport et logistique des retours.

Nous relevons que la problématique la plus traitée est liée à la gestion des inventaires. Une grande majorité de la communauté scientifique s'est penchée sur l'inexactitude de l'inventaire en mettant en exergue les causes qui entraînent l'imprécision des stocks (produits égarés, vols, erreurs d'identification, erreurs administratives, erreurs de transaction, etc.) et les effets de l'utilisation de la technologie RFID en termes de réduction de ces perturbations et d'amélioration de la performance des politiques de gestion d'inventaires et de réapprovisionnement.

La plupart des auteurs qui ont étudié cette problématique ont limité leur analyse à un seul niveau de la Supply Chain ou à un seul type de produit. La méthodologie utilisée est essentiellement basée sur les modèles analytiques.

Les auteurs ont également évalué l'impact de l'utilisation de la RFID dans le domaine de la production. L'intérêt a porté principalement sur le tracking des produits dans les ateliers d'assemblage et le contrôle qualité.

Nous constatons que les recherches relatives à l'impact de l'utilisation de la RFID dans le domaine du transport restent limitées en comparant avec les autres domaines de la Supply Chain. Certains auteurs se sont orientés vers les problématiques liées au transport en se focalisant principalement sur la gestion des ressources (véhicules) : optimisation des tournées de véhicules, localisation, gestion intelligente du trafic, etc. D'autres auteurs ont axé leurs travaux sur la sécurité et la sûreté des produits notamment les produits périssables, dangereux ou à température dirigée.

Dans notre thèse, nous évaluons les apports de l'intégration de la technologie RFID sur la performance d'une Supply Chain intégrant le transport. Nous nous focalisons sur le transport routier de marchandises car celui-ci est peu exploré par les chercheurs. Nous nous intéressons

à un pilotage orienté produit où l'information émane du produit grâce à la technologie RFID pour être transmise en temps réel aux différents partenaires. Cette information est utilisée pour améliorer la visibilité, détecter les événements et mettre en place un système de pilotage dynamique.

Afin d'étudier les systèmes et de mesurer la performance, plusieurs approches d'analyses peuvent être utilisées. Nous présentons dans le point suivant, les différentes approches existantes et les motivations de choix d'une approche par rapport à une autre.

## 2.5. Approches d'étude des systèmes

Il existe diverses méthodes pour étudier les systèmes. [Law & Kelton, 2000] présentent les expérimentations avec le système réel et celles avec un modèle représentatif du système. L'expérimentation basée sur la représentation du système regroupe le modèle physique et le modèle mathématique. Un modèle physique est matériel tandis que le modèle mathématique repose sur des relations logiques et quantitatives. Les modèles mathématiques concernent deux catégories : les modèles analytiques et la simulation. La première catégorie est dédiée aux systèmes simples à faible interaction entre leurs différents composants. En revanche, lorsque le système est complexe pour être modélisé de façon analytique, la simulation est considérée comme un choix intéressant [Pegden et al., 1995 ; Banks, 1998].

### 2.5.1. Les études de cas

Il s'agit de montrer l'intérêt de la technologie RFID en étudiant des cas d'entreprises où celle-ci est intégrée. Cette méthode est intéressante car elle permet d'évaluer l'impact de l'utilisation de la technologie RFID en se basant sur des données réelles.

Dans le [Tableau 15](#), nous regroupons les articles, étudiés dans la section précédente, qui ont utilisé les études de cas pour montrer l'impact de l'utilisation de la RFID sur la performance de la Supply Chain.

### 2.5.2. L'approche analytique

Les modèles analytiques ont souvent l'objectif de résoudre des problèmes d'optimisation. Ils peuvent être déterministes ou stochastiques et représentent la Supply Chain par un ensemble d'équations mathématiques décrivant son fonctionnement [Maria, 1997]. Les approches analytiques regroupent les méthodes d'optimisation qui ont le but de proposer la meilleure solution (programmation linéaire, dynamique) et les heuristiques qui fournissent des solutions approchées [Harrison, 2001].

[Evans & Olson, 1998 ; So & Zheng, 2003] affirment que les modèles analytiques sont utilisés pour décrire des chaînes logistiques simples et résoudre des problèmes de petite taille. Ils deviennent difficiles à implémenter lorsque le système est complexe prenant en compte divers événements aléatoires, d'où le recours à l'approche par simulation.

Nous présentons dans le [Tableau 16](#), les auteurs qui ont opté pour l'approche analytique dans leur démarche d'évaluation de l'impact de l'intégration de la technologie RFID sur la performance de la Supply Chain.

Tableau 15: Les études de cas comme méthodologie de mesure de performance

Domaines d'application	Auteurs	Année
Visibilité & partage d'informations	Choi et al	2008
Entreposage et gestion d'inventaire	Alexander et al	2002
	Kambil & Brooks	2002
	McFarlane & Sheffi	2003
	Loebbecke	2005
	Hardgrave et al	2006
	Harry et al	2006
	Katz	2006
	Lefebvre et al	2006
	Hubert & Michael	2007
	Bottani & Rizzi	2008
	Kim et al	2008(a)
	Poon et al	2009
	Çakici et al	2011
Ilie-Zudor et al	2011	
Gestion de production	Johnson	2002
	Strassner & Fleish	2005
	Hou & Huang	2006
	Qiu	2007
	Lu et al	2007
	Manik et al	2007
	Mourtiz et al	2008
	Chen & Tu	2009
	Tu et al	2009
	Wei et al	2010
	Weining et al	2010
Haouri et al	2011	
Transport	Jederman	2006
	Wen	2010
	Wang et al	2010
	Prasanna & Hemalatha	2012

Tableau 16 : Les méthodes analytiques comme méthodologie de mesure de performance

Domaines d'application	Auteurs	Année
Effet Bullwhip	Chen et al	2000
Entreposage et gestion d'inventaire	Sahin	2004
	Gaukler	2005
	Kang & Gershwin	2005
	Atali et al	2006
	Sounderpandian et al	2006
	Heese	2007
	Lee & Özer	2007
	Rekik et al	2007
	Rekik et al	2009
	Sahin & Dallery	2009
	Sarac	2010
Logistique de retour	Langer et al	2006

### 2.5.3. L'approche par la simulation

[Pellegrin, 2012 ; Haouari, 2012] décrit la simulation comme une représentation qui intègre les éléments nécessaires d'un système réel pour résoudre un problème. La simulation est l'approche la plus appropriée pour étudier et analyser les chaînes logistiques [Banks, 1998 ; Law & Kelton, 2000]. La capacité à évaluer une multitude de scénarii (what-if Analysis), avec la prise en compte de plusieurs facteurs rend la simulation comme un des plus puissants outils d'analyse des chaînes logistiques. [Ingalls, 1998] met en exergue trois raisons pour lesquelles, la simulation est considérée comme l'approche la plus adaptée :

- les systèmes logistiques sont très complexes pour l'optimisation,
- les chaînes logistiques constituent des systèmes dynamiques qui peuvent être confrontés à l'apparition d'aléas et d'incertitudes. L'approche analytique ne pourra pas prendre en compte tous les comportements du système face aux différents aléas. Les modèles de simulation, en revanche, permettent d'intégrer avec aisance l'aspect dynamique de la chaîne logistique.
- les décideurs au niveau de l'entreprise considèrent que les solutions issues de la simulation sont meilleures si elle considère les différents aléas liés à l'environnement.

Les caractéristiques des problématiques associées à la gestion de la Supply Chain veulent que l'approche par simulation soit la démarche la plus adaptée pour analyser et évaluer la performance de la Supply Chain. Cependant, il est indispensable de bien appréhender les difficultés relatives à la complexité de la modélisation et à la pertinence des résultats.

[Pegden et al., 1995] montrent que la simulation permet de concevoir de nouveaux systèmes, de nouvelles règles de décision sans avoir à interrompre le fonctionnement du système réel. Cette méthodologie offre la possibilité de compresser le temps en étudiant certains phénomènes, en accélérant le temps de l'étude. Elle prend en compte plus de détail et peut s'affranchir d'hypothèses contraignantes et simplificatrices de la réalité.

En revanche, l'approche par simulation présente certains inconvénients [Van Der Vorst et al., 2005 ; Banks et al., 2010]. La constitution de modèles de simulation nécessite une compétence et une maîtrise effective. La pertinence des modèles dépend des compétences du modélisateur, des acteurs de l'entreprise qui valident les modèles et des analystes [Van Der Vorst et al., 2005].

L'absence d'une réelle méthodologie de simulation mène inéluctablement à des résultats impertinents [Law & Kelton, 2000]. Le caractère aléatoire des modèles de simulation rend difficile l'interprétation des résultats et requière à cet effet des connaissances statistiques. [Law & Kelton, 2000] attestent que la grande complexité de certains modèles peut altérer la pertinence de la simulation qui devient consommatrice de temps et de ressources.

[Kleijnen, 2005] présente quatre types de simulations : les tableurs [Plane, 1997 ; Caulkins et al., 2005], la dynamique des systèmes [Forrester, 1961 ; Spengler & Schröter, 2003 ; Huang et al. 2003 ; Kleijnen & Smits, 2003 ; Higuchi & Troutt, 2004 ], les jeux d'entreprises [Riis et al., 2000 ; Sterman, 2000. ; Sodhi, 2001 ; Simchi-Levi et al., 2003 ; Yu et al., 2009] et la simulation à événements discrets [Law & Kelton 2000 ; Lamothe et al., 2007].

L'objet de notre recherche est de mesurer l'impact de l'utilisation de la technologie RFID sur la performance d'une Supply Chain intégrant le transport. Nous optons pour la simulation à événement discret car le système est complexe, dynamique et où il est question de générer un certain nombre d'événements de manière aléatoire afin de tester la réaction du modèle et d'évaluer les performances.

## 2.6. La simulation à événements discrets

[Robinson, 2005] considère la simulation à événements discrets comme l'un des meilleurs outils d'étude des chaînes logistiques. La simulation à événements discrets est une représentation où l'état du modèle évolue à des instants discrets qui peuvent être aléatoires ou distribués de manière régulière [Erard & Déguéon, 1996 ; Schriber & Brunner, 2008]. Ces instants caractérisent l'avènement d'événements qui font changer l'état du système. La simulation est constituée de plusieurs étapes. [Banks et al., 2010] en présentent onze étapes :

### - **Formulation du problème et des objectifs :**

Il s'agit de présenter les questions auxquelles doit répondre la simulation [Haouari, 2012]. Différents points doivent être traités et clarifiés par les parties prenantes (décideurs et modélisateurs) afin de bien comprendre le problème et de bien le poser.

### - **Planification de l'étude :**

Une étude de simulation nécessite une planification des tâches, des ressources, des coûts, etc. La simulation demande souvent plus de temps que ce qui est prévu car la complexité du modèle est souvent préalablement sous-estimée.

### - **Collecte des données :**

Il s'agit de recueillir des informations et des données pour les analyser, les intégrer et les utiliser pendant la validation. Cette collecte des données concerne : les données d'entrées du modèle (les paramètres d'entrées, leurs valeurs, les données sur la structure et le fonctionnement du système : circulation des flux, description des processus, etc.) et les

données sur la performance du système réel (pour comparer et valider les sorties du modèle avec le système réel).

L'étape de collecte d'information est importante et nécessite le croisement d'une multitude de sources d'information (entretien avec les responsables, documents, bases de données, observation, etc.).

#### - **Établissement du modèle**

Il s'agit de concevoir un modèle conceptuel et de fixer ses hypothèses. Dans cette étape de conception, il serait préférable d'impliquer l'utilisateur final dans le modèle conceptuel afin d'améliorer sa structure, la qualité des résultats et d'accroître sa fiabilité et sa crédibilité [Banks et al., 2010]. Avant de procéder à la phase de développement du modèle, celui-ci doit être validé par l'industriel.

#### - **Développement (Codage)**

Le modèle conceptuel est traduit en une forme compréhensible par un ordinateur. Les outils informatiques utilisés pour cela regroupent les langages de programmation et les logiciels de simulation.

Les langages informatiques (C, C++, Java, etc.) présentent certains avantages tels que le coût faible des logiciels utilisés, la flexibilité, néanmoins la durée de développement de la simulation peut être importante. Les logiciels de simulation offrent des fonctionnalités intéressantes (génération des nombres aléatoires, les structures d'entités (ressource, stock) et intègrent des langages de programmation dans le but de prendre en charge certains besoins spécifiques.

Il existe plusieurs logiciels de simulations sur le marché (ARENA, Witness, AutoMod, Simio, Flexsim). Compte-tenu des avantages qu'il propose, ARENA est le logiciel le plus utilisé chez les industriels et les académiciens conjointement [Bensmaine et al., 2010 ; Swain, 2007 ; Tewoldeberhan et al., 2002]. Le logiciel ARENA a été développé par Rockwell Automation. Il est dédié à la modélisation, la simulation et l'animation des systèmes de production et des flux. Le logiciel est basé sur les concepts de programmation orientée objet et utilise le langage Siman.

#### **Vérification**

-

La vérification est le processus qui détermine si le modèle développé se comporte comme il se doit [Sargent, 2010]. Il existe différentes méthodes de vérification du modèle de simulation [Law 1991 ; Law & Kelton, 2000] :

- l'animation : elle permet de détecter les dysfonctionnements et les erreurs mais ne les élimine pas.
- l'utilisation du débogueur et de la trace : ils permettent de vérifier le code et de suivre les événements pas à pas.
- la vérification du code et de la justesse des résultats : elle se fait par l'introduction de plusieurs jeux de données d'entrées, de remplacement provisoire de données stochastiques par des données constantes afin de comparer le calcul analytique aux résultats de la simulation .etc.

### - Validation

La validation est l'étape qui consiste à déterminer si le modèle développé est représentatif du système étudié. Un modèle validé est sensé présenter des résultats fiables et pertinents sur lesquels les décideurs peuvent s'appuyer dans leur prise de décision. Dans l'étape de la validation, les résultats du modèle sont comparés à ceux du système réel s'il existe. Cette comparaison est réitérée jusqu'à ce que l'écart entre le réel et le modèle soit minime.

### - Plan d'expérience

Le plan d'expérience doit fixer les paramètres à varier, les différents scénarii à simuler, le nombre de réplifications pour chaque scénario ainsi que le temps total de la simulation. [Banks, 1998].

### - Exécution de la simulation et analyse des résultats

Cette étape permet d'estimer les performances du système. L'analyse des résultats requière une analyse statistique notamment dans le cas des modèles stochastiques où plusieurs réplifications doivent être analysées. L'analyse statistique s'établie en utilisant les modules statistiques intégrés dans les logiciels de simulation.

### - Rapport des résultats

Tous les résultats de la simulation sont présentés dans un rapport final afin de mettre en évidence le problème étudié, les différents scénarii analysés, les résultats des tests, les conclusions et les solutions préconisées.

### - Implémentation

L'implémentation constitue l'étape finale de la démarche. Celle-ci concerne l'introduction d'une nouvelle technologie, la mise en place d'une nouvelle organisation, le redimensionnement d'un système de production, etc. Cette étape dépend de l'implication de l'utilisateur final et des résultats de l'étude de simulation. Si l'utilisateur a participé à la validation du modèle et si les conclusions sont positives, alors, l'implémentation du nouveau système est favorable. En revanche, l'écartement de l'utilisateur du processus de simulation et les résultats non probants de l'étude peuvent faire que l'implémentation du nouveau système soit entravée.

Nous regroupons dans le [Tableau 17](#), les différents articles précédemment étudiés et ayant opté pour la simulation pour évaluer la performance de la Supply Chain.

Tableau 17 : La simulation comme méthodologie de mesure de performance

Domaines d'application	Auteurs	Année
Effet Bullwhip	Joshi	2000
	Simch-levi et al	2003
	Fleish & Tellkamp	2005
Entreposage et gestion d'inventaire	Lee et al	2004
	Fleish & Tellkamp	2005
	Kang & Gershwin	2005
	Basinger	2006
	Karagiannaki et al	2007
	Seygin	2007
	Dolgui & Proth	2008
	Fosso Wamba et al (c)	2008
	Kim et al	2008 (b)
	Sarac et al	2008
	Wang et al	2008
Gestion de production	Vrba et al	2008
	Chen et Tu	2009
	Haouari et al	2011
Transport	Kim et al	2008 (b)
	Zacharewicz et al	2011

## 2.7. Conclusion

La technologie RFID est largement utilisée dans les problématiques de partage et d'échange d'information pour atténuer le phénomène « Bullwhip », de gestion d'inventaire pour réduire les incertitudes des stocks et l'amélioration de la politique de réapprovisionnement, de gestion de production pour renforcer le tracking des produits dans les ateliers d'assemblage et le contrôle qualité, etc. Les recherches relatives à l'application de la technologie RFID dans le transport restent peu étudiées. Les auteurs se focalisent principalement sur la gestion des ressources (gestion du trafic, optimisation des tournées) au détriment de la gestion des produits transportés.

Nous étudions l'impact de l'utilisation de la technologie RFID sur la performance d'une Supply Chain intégrant le transport en se focalisant sur un pilotage orienté produit. Dans un premier temps, nous décrivons les différents processus de la Supply Chain et nous définissons l'impact de l'utilisation RFID sur la structure organisationnelle. Nous introduisons ensuite, un certain nombre d'événements et nous analysons le comportement des processus Supply Chain suite à l'intégration de la RFID. Nous optons pour l'approche par simulation car le système est complexe, dynamique et où il est question de générer un certain nombre d'événements discrets de manière aléatoire. Ceci afin de tester la réaction du modèle et d'évaluer les performances.

## **Chapitre 3      La méthodologie de modélisation de la Supply Chain**

Dans toute démarche d'analyse, la phase de modélisation constitue une étape importante. La modélisation permet de décrire les processus et les flux, de structurer l'organisation, de comprendre le fonctionnement et de déceler les dysfonctionnements en vue d'améliorer la performance. De ce fait, il est essentiel de bien choisir le modèle qui sera utilisé pour réaliser cette étape.

L'objectif de ce chapitre est de présenter et d'analyser les modèles existants afin de préconiser celui ou ceux qui seront les mieux adaptés à notre problématique d'étude. Il s'agit de choisir les modèles qui permettent de cartographier les processus des chaînes logistiques, d'une part, et d'aider au déploiement de la démarche d'évaluation de la performance Supply Chain, d'autre part.

### 3.1. Introduction

La modélisation des systèmes est une étape primordiale car elle représente le premier pas pour l'amélioration et l'optimisation de la performance des organisations.

Dans notre travail de recherche, nous souhaitons mettre en évidence les impacts de l'utilisation de la technologie RFID sur la performance de la Supply Chain. Il s'agit de montrer l'intérêt de son intégration dans un contexte dynamique où il est question d'améliorer la capacité de s'adapter aux changements et de réagir efficacement à différents aléas provenant de l'environnement.

Nous devons spécifier nos besoins en termes de modélisation d'entreprise pour choisir les modèles les plus appropriés à notre contexte d'étude. Nous cherchons à repérer des outils qui décrivent les processus en intra et inter-organisationnel. Cette description nous permet de comprendre le fonctionnement local des entreprises ainsi que les interactions entre les différents partenaires.

Les entreprises étudiées opèrent dans un environnement dynamique. Les modèles choisis doivent prendre en compte la modélisation du comportement de la Supply Chain ainsi que la gestion des événements. Ils doivent également identifier les besoins en termes d'évaluation de la performance et proposer un système d'indicateurs de performance adaptés aux spécificités de la Supply Chain étudiée.

Dans ce chapitre, nous présentons un état des lieux sur les principaux outils de modélisation d'entreprise. En fonction de nos attentes de recherche, nous proposons un ensemble de critères sur lesquels nous nous appuyons pour présenter les caractéristiques des outils et les comparer les uns par rapport aux autres. À l'issue de cette comparaison, nous déterminons les modèles les plus appropriés à notre contexte de recherche.

### 3.2. Présentation des outils de modélisation d'entreprise

Il existe différents modèles pour analyser le fonctionnement des systèmes. Nous présentons un panorama de ces principaux outils en s'attardant sur leurs principes et leurs particularités.

- **SADT : Structured Analysis and Design Technique** [Lissandre, 1990 ; Santarek & Buseif, 1998 ; Valla, 2008].

Développée aux USA par Doug Ross en 1977 et a été introduite en Europe en 1982 par Michel Galiner. SADT est une méthode de modélisation des activités et des processus. C'est une approche descendante, modulaire, hiérarchique et structurée d'un système. Il s'agit d'un langage graphique standardisé permettant la description d'un système complexe par une analyse fonctionnelle descendante qui chemine du général (dit "niveau A-0") vers le particulier.

Dans la modélisation SADT, les fonctions sont symbolisées par des boîtes (Actigramme) qui représentent les actions du système à modéliser. Elles sont liées par des données en entrées (données, matières ou ressources), des données en sorties (données, matières, ressources), des moyens utilisées (ressources humaines, matérielles) et des éléments de contrôle (directives, procédures, règles, contraintes, etc.). La modélisation peut se faire également par des datagrammes où c'est les données qui sont reliées entre-elles par des flux d'activité. (Figure 8)

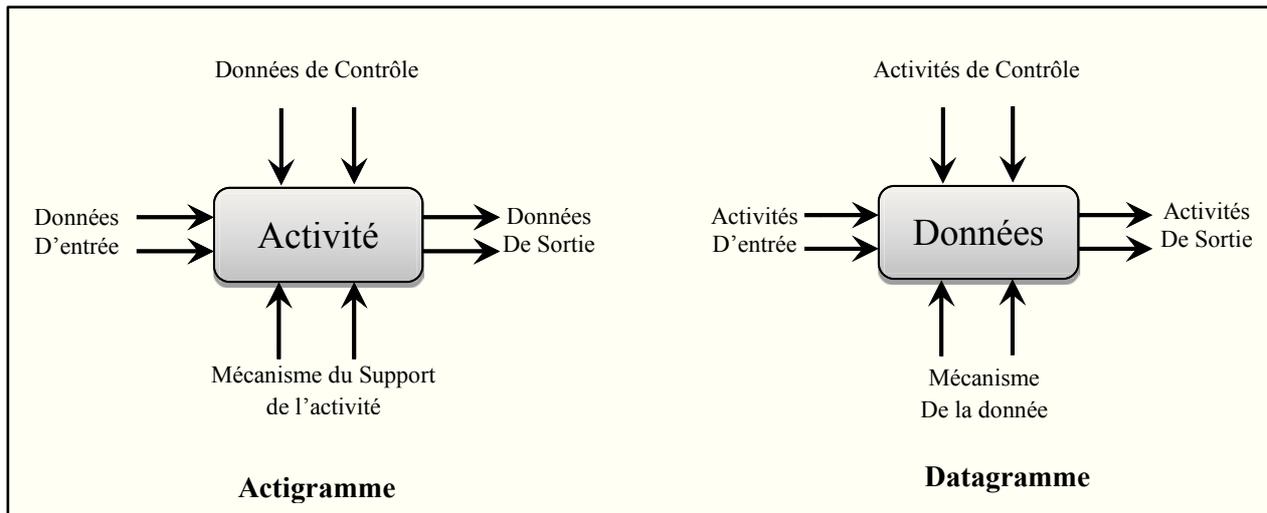


Figure 8 : SADT - Actigramme et Datagramme

- **IDEF 0/ IDEF 3** : [Mayer et al., 1995 ; Lutherer, 1996 ; Vernadat, 1999 ; Zakarian & Kusiak, 2001]

Les modèles ont été proposés par une unité de l'US air Force, l'ICAM (Integrated Computer Aided Manufacturing), pour analyser les fonctionnalités des systèmes. IDEF0 découle de la méthode SADT et est adapté aux besoins de l'ICAM. Il représente les aspects fonctionnels en utilisant une décomposition hiérarchique d'actigrammes.

Le modèle IDEF 3 présenté par la Figure 9 a été créé en 1992 pour pallier les carences d'IDEF 0 en termes de modélisation du comportement de l'entreprise. IDEF 3 modélise les processus par la description d'un enchaînement d'étapes appelées unités de comportement connectées par des boîtes de jonction et des liens. L'IDEF 3 permet de montrer les relations entre les activités à modéliser (précédence, synchronisation, etc.).

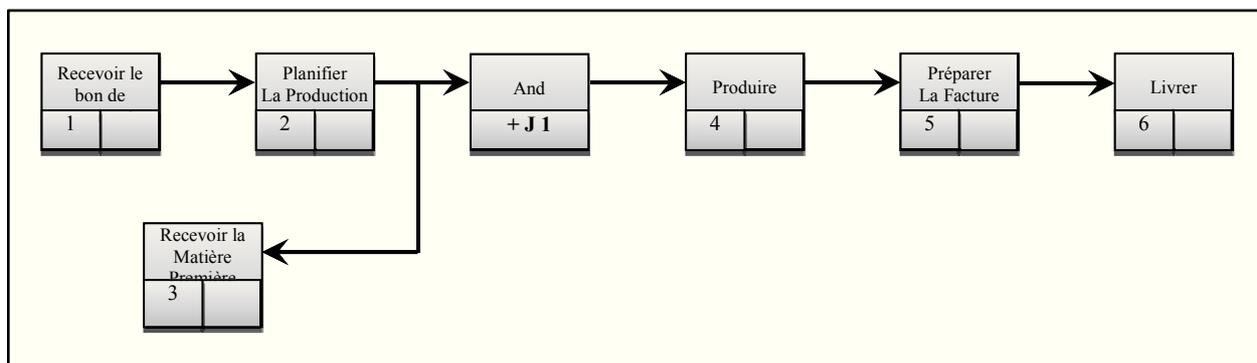


Figure 9 : IDEF 3

Le modèle IDEF 3 semble être une méthode intéressante pour la description des flux et des processus. Cependant, ce modèle ne permet pas de gérer les ressources.

- **SA-RT : Structured Analysis- Real Time** [Hatley & Pirbhai, 1987]

Le SA-RT a été développé pour compléter le modèle SADT. Ce modèle propose une prise en compte de l'aspect temporel. Il est représenté par des graphes de flots de données étendus par la notion d'événements. Cette méthode est efficace pour la représentation de la gestion de

l'information dans le temps. En revanche, elle est moins adaptée pour les flux physiques et leur transformation.

- **Réseaux Pétri** [Dicesar et al., 1993]

Les réseaux de Pétri sont apparus en 1962, dans la thèse de doctorat de Carl Adam Pétri. Il s'agit d'outils mathématiques de modélisation et d'analyse des systèmes dynamiques discrets. Ils sont parfaitement adaptés à l'analyse des processus car ils prennent en compte les concepts de parallélisme, de synchronisation et de partage des ressources. Le graphe de Pétri présenté par un exemple en [Figure 10](#) comporte un ensemble de place (conditions ou statut) et de transition (événements). Il représente l'état d'un réseau par des jetons mis à l'intérieur des places. La transition de ces derniers à une autre place indique le changement d'état.

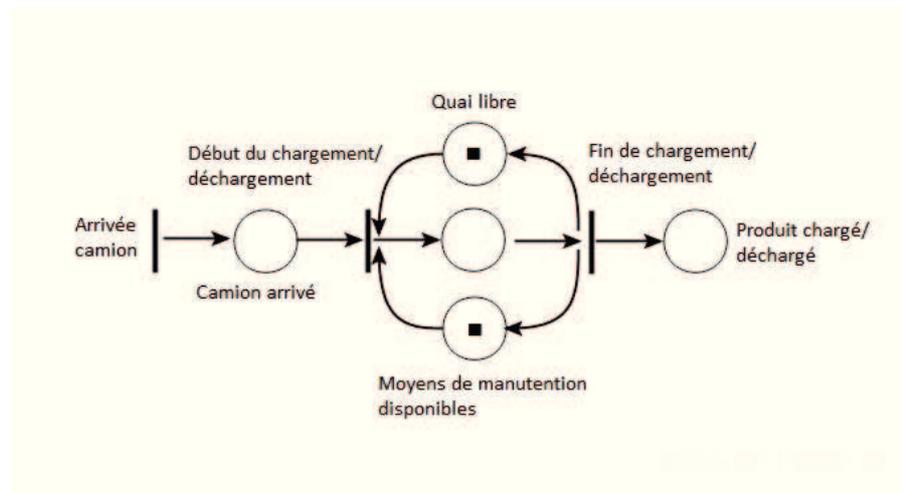


Figure 10 : Illustration du réseau de Pétri

- **Réseau de file d'attente** [Gelembé & Pujolle, 1982 ; Robert, 2000 ; Bollon, 2001]

Apparu avec la recherche opérationnelle, cette théorie mathématique étudie les solutions optimales de gestion des files d'attente. Ce domaine de recherche est issu des travaux de l'ingénieur danois Erlang, en 1917. Il étudie notamment les systèmes d'arrivée dans une queue, les différentes priorités de chaque nouvel arrivant, ainsi que la modélisation statistique des temps d'exécution. Ce modèle est largement utilisé dans le cadre des systèmes de production. Une file d'attente peut illustrer une machine au sein d'un atelier, une unité de production dans une chaîne logistique. Le réseau de file d'attente est très approprié pour la gestion des flux de matière mais semble difficilement adaptable à la gestion des flux d'information.

- **MERISE : Méthode d'Étude et de Réalisation Informatique pour les Systèmes d'Entreprise** [Dionisi, 1998 ; Tardieu et al., 2000]

Développée en 1970 sous l'impulsion du ministère français de l'industrie. L'objectif du MERISE est de créer une méthode de description des systèmes d'information avec une approche reposant essentiellement sur les données et les traitements. La finalité du système MERISE est orientée base de données permettant d'avoir des informations sur les données traitées dans l'organisation.

La méthode MERISE préconise trois niveaux d'abstraction :

- Conceptuel : il décrit la statique et la dynamique du système d'information en se préoccupant uniquement du point de vue du gestionnaire,
- Organisationnel : il présente la nature des ressources qui sont utilisées pour supporter la description statique et dynamique du système d'information. Ces ressources peuvent être humaines et/ou matérielles et logicielles,
- Opérationnel : dans lequel on choisit les techniques d'implantation du système d'information (données et traitements).

Les modèles proposés par MERISE correspondent à la représentation de ces composantes :

- Modèle Conceptuel des Données (MCD) : il représente les données en se basant sur le formalisme entités-relations ;
  - Modèle Conceptuel des Traitements (MCT) : il représente les traitements à effectuer ;
  - Modèle Organisationnel des Traitements (MOT) : il représente les ressources du modèle conceptuel de traitement ;
  - Modèle Conceptuel des communications (MCC) : il modélise les acteurs ainsi que l'environnement du système.
- **CIMOSA : Computer Integrated Manufacturing Open System Architecture** [Vernadat, 1999]

C'est une architecture, développée par le consortium AMICE du projet ESPRIT, pour analyser et concevoir des systèmes manufacturiers. C'est un modèle conceptuel qui permet une modélisation complète des flux physiques et informationnels. Le modèle prend en compte les aspects statiques et dynamiques de l'entreprise ainsi que la dimension temporelle à travers les dates d'occurrence des événements et les durées d'exécution des activités. CIMOSA ne fournit pas de représentation graphique associée à la méthodologie.

- **GRAI : Modèle du Groupe de Recherche en Automatique Intégrée** [Doumeingts et Vallespir, 1995 ; Roboam, 1993],

Créé en 1993 par le Groupe de Recherche en Automatique Intégrée de l'université de Bordeaux 1. Le modèle GRAI se distingue par sa capacité à modéliser le système décisionnel de l'entreprise (les flux décisionnels et informationnels). Il met en évidence la structuration décisionnelle des activités de l'entreprise et s'appuie sur la notion de temporalité des décisions.

Un des outils de la méthode GRAI est la grille GRAI (Figure 11) qui décompose le système de décision en deux axes. L'axe vertical qui décrit les niveaux temporels correspondant à des niveaux de décision et l'axe horizontal qui précise la nature de la décision. La méthode a pour objectif de décrire les activités d'un centre de décision en modélisant les flux d'information et les flux de décision.

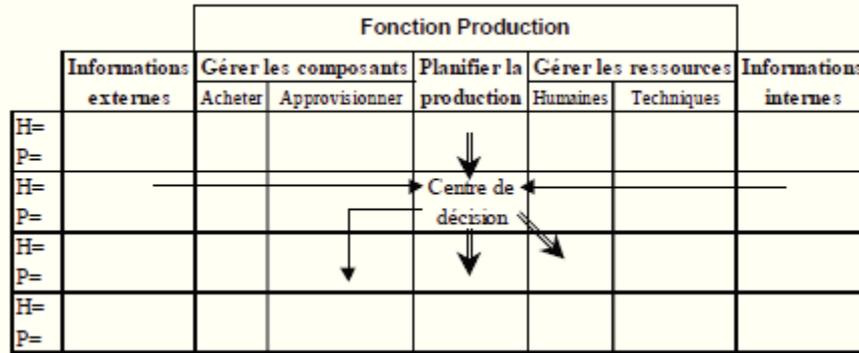


Figure 11 : Exemple de grille GRAI

La grille GRAI distingue les liaisons décisionnelles (double flèche) des liaisons informationnelles (simple flèche). Elle met en évidence le point de vue fonctionnel et informationnel (colonnes) et le point de vue décisionnel (lignes).

Le fonctionnement de chaque centre de décision est décrit par le réseau GRAI qui différencie entre les activités d'exécution et celles de décision.

- **SCOR : Supply Chain Operation Reference Model [SCOR 10.0]**

Le SCOR a été mis en place en 1996 par le Supply Chain Council (SCC). Il s'agit d'un modèle standard qui s'articule autour de cinq processus de gestion : PLAN, SOURCE, MAKE, DELIVER et RETURN (Figure 12). L'évaluation de la performance est axée sur cinq leviers : fiabilité, réactivité, flexibilité, coûts et actifs. Le SCOR est utilisé pour toutes les entreprises et permet un langage commun et standardisé entre les différents acteurs. Le modèle définit un certain nombre d'indicateurs associés à chaque processus et propose les meilleures pratiques émanant de l'expérience des entreprises les plus performantes.

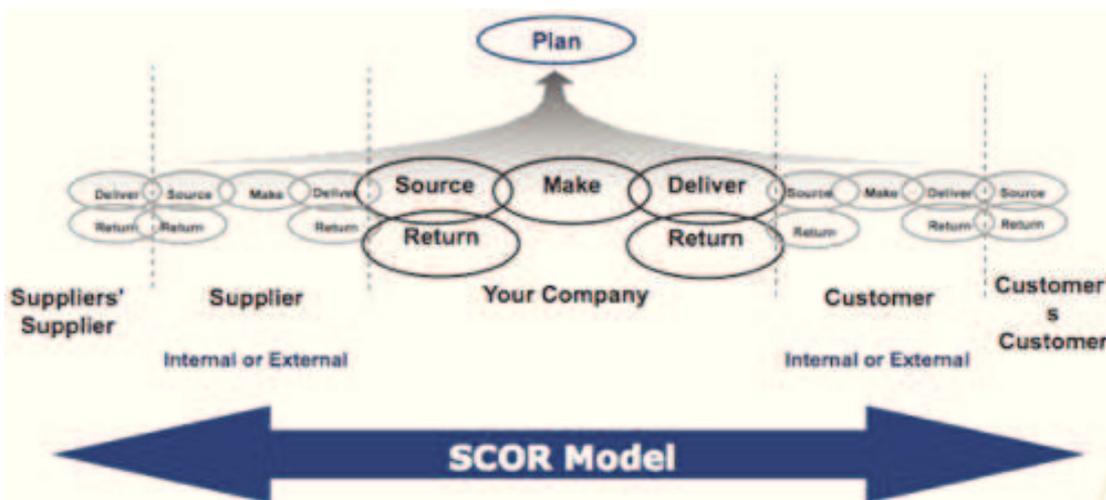


Figure 12 : Modèle SCOR

L'approche SCOR est constituée de trois étapes :

- l'analyse, qui vise à décrire une chaîne logistique : « As-Is »
- l'évaluation, qui propose des indicateurs de performance standards pour les chaînes logistiques permettant notamment de se comparer à d'autres entreprises,

- l'amélioration, qui exploite les bonnes pratiques préconisées par le modèle SCOR : « To-Be »

Le modèle SCOR propose une pyramide de quatre niveaux de granularité présentée dans la Figure 13 [Ramaa et al., 2009].

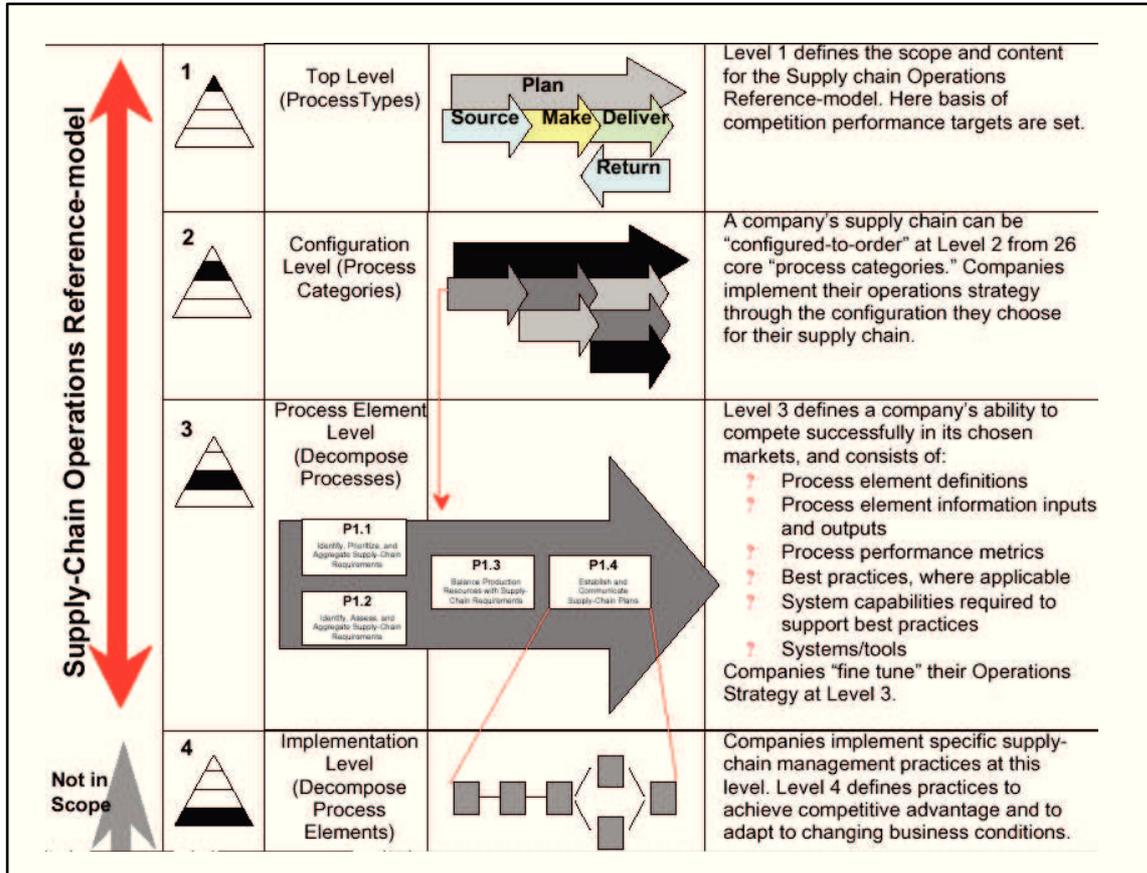


Figure 13 : Les niveaux du modèle SCOR

- le niveau 1 permet, en se basant sur les processus élémentaires (PLAN, SOURCE, MAKE, DELIVER, RETURN), de modéliser avec une vision très macroscopique le périmètre de la chaîne logistique que l'on souhaite étudier.
- le niveau 2 détaille chacun des grands processus de la chaîne logistique. Le modèle SCOR propose des indicateurs de performance associés à chaque processus étudié.
- le niveau 3 décrit de façon plus détaillée, chacun des processus définis au niveau 2. Des indicateurs de performance sont aussi proposés à ce niveau de la modélisation.
- le niveau 4 n'est pas partie prenante du modèle SCOR. Il s'agit ici de descendre au niveau des activités élémentaires qui composent les processus de chaque entreprise de la Supply Chain. Le modèle SCOR ne propose pas ici de boîte à outils ou d'indicateurs de performance.

- **GIM : GRAI Integrated Model** [Chen et al., 1997]

C'est une extension du modèle GRAI. Il regroupe l'approche décisionnelle, fonctionnelle et systémique. Le GIM propose un ensemble d'outils associés : les actigrammes dans le cadre de la vue processus, le modèle « entité-relation » pour la vue informationnelle et la grille GRAI pour la vue décisionnelle.

- **PERA : Purdue Enterprise Reference Architecture** [Williams, 1994 ; Bernus & Nemes, 1996]

C'est le résultat de recherche menée à Williams Purdue University en 1990. La méthodologie définit toutes les phases du cycle de vie d'une entité industrielle depuis sa conceptualisation jusqu'à sa mise en opération, en passant par les phases de conception. PERA est centré sur une architecture fonctionnelle suivant un point de vue informationnel et un point de vue opérationnel initié par le système physique. La particularité de PERA est la prise en considération de l'aspect humain dans la modélisation.

- **GERAM: Generic Enterprise Reference Architecture and Methodology** [Bernus & Nemes, 1996 ; GERAM,1999]

C'est une architecture générique de modélisation créée en 1990 par IFAC/IFIC pour la construction et la maintenance d'entreprise intégrée. Le GERAM s'appuie sur les contributions apportées par les architectures CIMOSA, GRAI et PERA pour développer une généralisation ayant pour objectif une application large sur tous types d'entreprises.

Les composants GERAM, énumérés ci-dessous, couvrent l'ensemble d'une méthodologie d'ingénierie depuis la conception des modèles, leur implémentation jusqu'à leur gestion opérationnelle :

1. GERA « *Generic Enterprise Reference Architecture* » : il identifie les concepts d'ingénierie d'entreprise,
2. EEMs « *Enterprise Engineering Methodology* » : il décrit les processus d'ingénierie d'entreprise,
3. EMLs « *Enterprise Modeling Languages* » : il fournit les constructs de modélisation pour la description des rôles humains, processus et technologies,
4. GEMCs « *Generic Enterprise Modeling Concepts* » : il définit la sémantique des constructs de modélisation,
5. PEMs « *Partial Enterprise Models* » : il fournit les modèles de référence réutilisables,
6. EETs « *Enterprise Engineering Tools* » : il supporte l'ingénierie de l'entreprise,
7. EMs « *Enterprise Model Enterprise* » : il supporte l'analyse, la conception et le fonctionnement,
8. EMOs « *Enterprise Modules* » : il fournit les modules implémentables,
9. EOS « *Enterprise Operational System* » : il supporte le fonctionnement de l'entreprise.

- **ACNOS : Activités Non Structurées** [ACNOS, 1996 ; El Mhamedi et al., 1997]

C'est le résultat d'un projet de recherche (Project DSPT ACNOS 8, 1994-1996) mené en collaboration avec plusieurs laboratoires de recherche : laboratoire de recherche en production de Strasbourg (LRPS), laboratoire d'économie et de la théorie appliquée de Strasbourg (BETA), laboratoire de l'ingénierie industrielle et mécanique de Metz (LGIPM) et le laboratoire de l'automatique de Grenoble (LAG). L'ACNOS est un modèle basé sur IDEF 3 et les réseaux de Pétri. Il prend en compte l'aspect statique, dynamique et permet la simulation. La prise de décision n'est pas abordée dans le modèle.

- **ARIS : Architecture of Integrated Information Systems** [IDS Scheer academy 2001; Scheer 2002]

Cette architecture a été développée par le professeur Scheer à l'université de Saarbrücken en Allemagne. ARIS est un cadre conceptuel pour les méthodes de développement et de simulation des processus à l'aide d'un système d'information intégré. ARIS est basée sur différentes vues : organisationnelle, fonctionnelle, informationnelle et ressource. Chaque vue est représentée par des diagrammes afin de faciliter la communication et l'analyse entre les utilisateurs et les responsables du système.

- **FIDO: The Function, Information, Dynamics, and Organizational Multi-view Enterprise-Modeling Methodology** [Shunk et al., 2003]

Le modèle est établi pour la modélisation des processus de la Supply Chain dans l'industrie électronique de la défense. FIDO est développé pour modéliser, comprendre, implémenter les processus de l'entreprise. Il s'aligne avec le système d'information pour une intégration intra ou inter-organisationnelle.

L'outil se base sur quatre vues : fonctionnelle, informationnelle, dynamique et organisationnelle. Il intègre conjointement le paradigme structuré et orienté objet afin de combiner l'analyse des processus avec le système d'information orienté objet.

- **EPC: Event driven Process Chain** [kern & Kühne, 2007]

Le modèle a été développé en 1992 pour modéliser les processus dans un projet de recherche et développement à l'institut des systèmes d'information à l'université de Saarland, en Allemagne. C'est un langage qui s'appuie sur des diagrammes illustrant le fonctionnement des processus. EPC modélise le comportement dynamique des entreprises en se basant sur trois éléments : fonctionnel, événement et opérations logiques en introduisant les paramètres booléens (and, or, exclusif or). Le contrôle des événements montrent également les prises de décision et les règles de gestion.

- **Les diagrammes d'UML : Unified Modeling language** [Booch et al., 2000]

C'est le résultat de la fusion de trois langages qui ont influencé la modélisation objet au milieu des années 90 : OMT, Booch et OOSE. C'est un langage normalisé par l'OMG (Object Management Group) en 1997. En décembre 2006, l'OMG a continué ses travaux sur l'UML 2.0 pour compléter certains aspects adaptés à la modélisation d'architecture.

UML est un langage de notation graphique standardisé utilisé pour décrire des processus de gestion. Ce standard incontournable propose sept diagrammes qui s'intéressent aux différents points de vue de la modélisation :

1. Diagramme de cas d'utilisation (Use case) : il s'intéresse aux fonctions du système du point de vue de l'utilisateur. Il représente les acteurs symbolisés par des petits personnages et les cas d'utilisation symbolisés par les ellipses,
2. Diagramme des classes : c'est un schéma utilisé pour présenter des éléments statiques (les classes), leurs contenus ainsi que les différentes relations entre eux. Une classe est désignée par un nom contenant des attributs et des méthodes associées.
3. Diagramme des objets : c'est une représentation des objets et de leurs relations,
4. Diagramme de séquences : c'est un diagramme comportemental qui spécifie les interactions entre les objets. L'aspect temporel est privilégié,

5. Diagramme de collaboration : c'est un diagramme d'interaction qui représente les états des objets qui interagissent. L'aspect temporel est pris en considération mais l'aspect spatial (objets et lien entre eux) est favorisé,
6. Diagramme de transition d'états : c'est une représentation du comportement d'une classe en termes d'état,
7. Diagramme d'activité : décrit les flux entre les activités au sein et entre les processus d'un système.

Nous avons exposé les modèles les plus utilisés pour décrire et analyser les systèmes. Ces modèles ont fait l'objet de nombreux travaux et publications. Nous comparons, dans ce qui suit, ces modèles en se basant sur un certain nombre de critères en adéquation avec notre problématique de recherche et nos besoins en termes de modélisation d'entreprise.

### 3.3. Caractérisation des outils de modélisation

Nous présentons l'ensemble des critères sur lesquels nous nous basons pour comparer les modèles décrits dans la section précédente. Nous nous incitons à être le plus exhaustif possible dans le choix de ces critères.

Compte-tenu de notre contexte d'étude, nous cherchons à trouver les outils qui modélisent les processus intra et inter-organisationnel, prennent en compte l'aspect dynamique, le comportement de la Supply Chain et identifient les besoins en termes d'évaluation de la performance. Dans notre démarche de sélection des modèles les plus adaptés, nous nous appuyons sur neuf paramètres. Ces critères sont regroupés dans deux classes (Tableau 18) : la première est liée à la modélisation de la Supply Chain, la seconde est associée à l'utilisation de l'information temps réel. Ces critères sont interdépendants et permettent de cerner les caractéristiques de chaque modèle [Brahim-Djelloul et al., 2012].

#### 3.3.1. Critères liés à la modélisation Supply Chain

##### 1. Approche de modélisation

En se basant sur les travaux de [Trilling & Besombes, 2004], nous distinguons trois catégories :

- **la modélisation structurée** : elle s'appuie sur la décomposition hiérarchique du problème pour le résoudre et la graduation des difficultés dans l'analyse. Il s'agit de décomposer le problème en le hiérarchisant en unités de plus en plus simples à appréhender pour en maîtriser la complexité.
- **la modélisation systémique** : elle considère le système comme un ensemble de données et de traitements. Elle se focalise sur l'analyse des interactions entre le système de pilotage (gestion informationnelle et prise de décision) et le système opérant (fonction opérationnelle).
- **la modélisation orientée objet** : elle considère le système comme un ensemble d'objets en interaction.

Tableau 18 : Critères de choix des outils de modélisation Supply Chain

Critères liés à		Auteurs
la modélisation Supply Chain	Approche de modélisation	Structurée, systémique et orientée objet. [Trilling & Besombes, 2004]
	Vue de modélisation	Fonctionnelle, informationnelle, organisationnelle et ressource. [Vernadat, 1999 ; CEN, 2001]
	concept de base modélisé	Processus, information et prise de décision. [Bui Minh, 1998 ; Vernadat, 1999 ; Berchet, 2000 ; Simatubang & Sridharan, 2001 ; Giard, 2003 ; Sara & Saven, 2004]
	Indicateurs de performance (KPI)	Ratios d'évaluation de la performance [Herrmann et al., 2003 ; Morana, & Paché 2003 ; Choy et al., 2007 ; Trienekens et al., 2008 ; SCOR10.0 ; Persson, 2011]
	Bonnes pratiques	Guide utile pour une gestion efficace
	Référentiel	Structure unifiée
	formalisme	Graphique ou textuel
l'information temps réel	Aspect temporel	Dynamique vs statique [Valla et al., 2005]
	Comportement	Synchronisation, parallélisme et partage des ressources [Dicesar et al., 1993]
	Gestion des événements	[Monteiro, 2001]

## 2. Vue de la modélisation

C'est l'une des trois dimensions d'analyse possibles de la norme CEN ENV 40003. La dimension « vue » précise la nature des objets que le modèle veut mettre en évidence. Il existe quatre vues :

- **la vue fonctionnelle** explique le comportement du système en termes de processus, d'activités et d'opérations,
- **la vue informationnelle** décrit les états des objets du système ainsi que leur relation,
- **la vue organisationnelle** situe les responsabilités associées aux activités et met en évidence la distribution des autorités dans la prise de décision,
- **la vue ressource** présente les moyens utiles pour mettre en œuvre les fonctions du système. Elle spécifie notamment les nomenclatures des ressources utilisées.

## 3. Concept de base modélisé

Étroitement lié avec la dimension « vue » présentée ci-dessus. Il s'agit de définir les éléments de base de la modélisation qui permettent de comprendre le fonctionnement du modèle, d'expliquer son comportement et de prévoir ses réactions dans des situations nouvelles. Les

concepts de base modélisés sont les processus, l'information, la décision et les ressources [Bui Minh, 1998].

- **le processus** [Sara & Saven, 2004] : L'AFNOR définit le processus comme un ensemble d'activités corrélées qui transforme des éléments d'entrée en éléments de sortie. On parle de management de la Supply Chain par les processus pour décrire une succession d'étapes ou d'activités déclenchées par des événements en utilisant des ressources précises [Morley, 2002]. [Perigord, 1987] met en avant le fait que le processus nécessite l'intervention d'éléments qui constituent des vues de représentation du système en l'occurrence : La tâche, l'évènement, la ressource et l'information.

- **l'information** : les technologies de l'information assurent l'accès à l'information en temps réel. Le partage de l'information améliore considérablement la performance globale de la chaîne logistique. Avoir une visibilité sur l'information tout au long de la Supply Chain permet aux partenaires de contrôler les variations inattendues afin de prendre les décisions nécessaires pour améliorer la performance globale [Simatubang & Sridharan, 2001]. À cet effet, les outils de modélisation actuels doivent prendre en considération l'utilisation de l'information temps réel pour décrire au mieux le comportement dynamique de la Supply Chain afin de mettre en place un système de pilotage efficace et réactif. [Berchet, 2000].

- **la décision** : elle impacte la configuration des réseaux logistiques et l'organisation des activités à différents niveaux : opérationnel, tactique et stratégique. [Giard, 2003] met en évidence le lien entre les indicateurs de performance et la dimension décisionnelle. On rappelle que le système d'indicateurs est fortement corrélé à la décision car il permet de connaître l'état du système de façon à pouvoir réagir dans des temps de réponse déclinés sur plusieurs horizons décisionnels. Les caractéristiques des niveaux décisionnels sont issus des travaux sur les espaces temps (horizon et période des décisions) et positions hiérarchiques. Les décisions stratégiques sont axées sur la gestion à long terme des ressources (investissements, contrats cadres, etc.). Les décisions tactiques recouvrent les décisions de planification à moyen terme sur la programmation des ressources. Les décisions opérationnelles concernent le pilotage à court terme des flux [Doumeingts et al., 1998 ; Vernadat, 1999].

- **la ressource** : Il s'agit de prendre en compte la capacité et l'affectation des ressources en identifiant l'utilisation des moyens humains, techniques et matériels.

#### 4. Indicateurs de performance et bonnes pratiques

Les indicateurs clés de performance sont des ratios utilisés par les entreprises pour évaluer la réalisation de leurs objectifs. Les meilleures pratiques constituent un guide et des conseils utiles pour une gestion efficace des activités logistiques. Ces pratiques découlent de l'expérience des meilleures entreprises [SCOR10.0].

#### 5. Référentiel

Il s'agit d'un cadre de référence qui lie les processus d'affaires, les indicateurs de performance et les meilleures pratiques dans une structure unifiée. Les entreprises s'appuient sur ce référentiel unique pour modéliser leurs processus, évaluer et comparer leurs activités et leurs performances [SCOR10.0].

## 6. Formalisme

Le langage de la modélisation peut être graphique ou bien textuel. La modélisation graphique se base sur des diagrammes qui utilisent des symboles, des lignes de connexion, etc. Le langage textuel utilise des expressions standards compréhensibles par l'outil informatique.

### 3.3.2. Critères liés à l'information temps réel

#### 1. Aspect temporel

Il s'agit de définir si les modèles utilisés sont statiques ou dynamiques. Les modèles statiques identifient les acteurs, décrivent l'enchaînement des tâches ainsi que la continuité des flux. Les modèles dynamiques, quant à eux, s'intéressent à la réaction du système suite à l'occurrence d'évènements. Ils permettent de construire l'évolution des systèmes et les séquences des opérations dans le temps [Valla et al., 2005].

#### 2. Comportement

Dans la sélection des modèles, il est important de choisir ceux qui permettent de modéliser certains comportements importants du système : précedence, parallélisme, synchronisation et partage des ressources [Dicesar et al., 1993] :

- **la précedence** : certaines activités ne peuvent pas être accomplies avant l'accomplissement d'autres activités.
- **le parallélisme** : les activités se réalisent parallèlement les unes aux autres.
- **la synchronisation et le partage des ressources** : cela consiste à modéliser la coordination et la concordance d'opérations de plusieurs processus réalisés en parallèle et partageant les mêmes ressources. Le partage des ressources peut provoquer des conflits qui empêchent certaines transitions de se dérouler convenablement.

#### 3. Gestion des évènements

Dans le cas d'occurrence d'aléas, la gestion des évènements permet d'identifier les dysfonctionnements et d'apporter les mesures correctives les plus appropriées. Les informations sont accessibles en temps réel et le pilotage est réactif. La gestion des évènements permet d'améliorer la visibilité, la traçabilité, la réactivité et ainsi le taux de service client [Monteiro, 2001].

À partir des critères décrits ci-dessus, nous établissons une grille de comparaison (Tableau 19) [Brahim-Djelloul et al., 2012] qui positionne les différents modèles. À travers cette comparaison, nous cherchons à déterminer un modèle qui :

- s'oriente essentiellement vers la modélisation des processus et de l'information,
- modélise le comportement de la Supply Chain suite à l'occurrence de certains évènements incertains,
- prend en compte l'aspect dynamique des systèmes en se focalisant sur l'utilisation de l'information temps réel et la gestion des évènements,
- constitue une référence pour modéliser, évaluer et proposer un système d'indicateurs de performance.

Tableau 19 : Tableau comparatif des modèles

Outils de Modélisation		SADT /IIDEF 0	IDEF 3	SA-RT	PETRI	FIL D'ATTENTE	ACNOS	MERISE	CIMOSA	GRAI	GIM	PERA	SCOR	GERAM	ARIS	FIDO	EPC	UML								
																		Classe	Objet	Collaboration	Cas d'Utilisation	Séquence	Activité	Transition d'État		
Approche de Modélisation	Structurée	✓	✓	✓	✓	✓	✓									✓										
	Systémique							✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓												
	Objet														✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
Vue de Modélisation	Fonctionnelle	✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
	Informationnelle			✓			✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓			✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
	Organisationnelle						✓	✓	✓		✓		✓	✓	✓	✓										
	Ressource				✓	✓			✓					✓	✓	✓			✓							
Base de Modélisation	Activité	✓			✓	✓	✓	✓	✓	✓									✓	✓			✓	✓	✓	
	Processus		✓		✓	✓	✓				✓		✓	✓	✓	✓	✓					✓	✓	✓	✓	
	Information			✓			✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓			✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
	Décision									✓	✓	✓														
Indicateurs de performance (KPI)										✓			✓													
Bonnes pratiques													✓													
Référentiel													✓													
Formalisme	Graphique	✓	✓	✓			✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
	Textuel								✓			✓		✓												
Aspect Temporel	Statique	✓	✓				✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓			✓				
	Dynamique		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓			✓	✓	✓	✓			✓		✓	✓	✓	✓	
Comportement	Précédence		✓	✓	✓		✓	✓						✓	✓	✓						✓	✓			
	Parallélisme		✓	✓	✓		✓	✓						✓	✓	✓						✓	✓			
	Synchronisation		✓	✓	✓		✓	✓						✓	✓	✓						✓	✓			
Gestion Évènementielle					✓		✓	✓						✓	✓	✓	✓					✓	✓		✓	

### 3.4. Discussion et choix du modèle

Il n'existe pas d'outil de modélisation complet, susceptible d'intégrer conjointement les différentes vues de la modélisation (fonctionnelle, informationnelle, organisationnelle et ressource), les concepts de base modélisés (processus, information, décision et ressource), l'aspect dynamique, le comportement et la gestion événementielle.

Relativement aux vues recherchées (fonctionnelle, informationnelle) et à la base de modélisation (processus, information), les modèles GIM, SCOR, GERAM, ARIS, FIDO et le diagramme d'activité d'UML présentent les mêmes caractéristiques.

Le modèle SCOR s'avère être le modèle le plus pertinent car il représente le référentiel unique qui, en plus de couvrir les aspects fonctionnels et informationnels, il identifie les besoins en termes de performance et propose un système d'indicateurs de performance et des bonnes pratiques. Le SCOR est utilisé au niveau inter-organisationnel et permet d'avoir une vision sur l'ensemble de la Supply Chain en facilitant la représentation des flux physiques et informationnels allant du fournisseur du fournisseur jusqu'au client du client.

Le SCOR est intéressant, néanmoins, il présente l'inconvénient d'être un outil statique. Ce modèle n'intègre pas l'aspect dynamique et la modélisation de la réaction de la Supply Chain. Ces éléments sont d'une grande importance compte-tenu de l'instabilité de l'environnement dans lequel opèrent les entreprises actuellement. À cet effet, il est nécessaire de combiner le SCOR avec un modèle dynamique susceptible de considérer l'aspect temporel, la modélisation dynamique et la gestion des événements.

Compte tenu de ces spécifications de modélisation dynamique, les modèles GIM, GERAM, ARIS, FIDO et le diagramme d'activité d'UML semblent répondre au mieux aux critères imposés.

- GIM : C'est un modèle qui regroupe l'approche décisionnelle, fonctionnelle et informationnelle. Le GIM repose sur un ensemble d'outils : les actigrammes dans le cadre de la vue processus, le modèle entité-relation pour la vue informationnelle et la grille GRAI pour la vue décisionnelle. Le GIM est un modèle dynamique mais ne prend pas en compte la gestion événementielle et les aspects de précedence, de parallélisme et de synchronisation.
- GERAM : constitue une architecture complète basée sur les points forts des méthodes CIMOSA, GRAI-GIM, PERA pour en créer une nouvelle architecture applicable à tout type d'entreprise.
- ARIS : l'architecture ARIS se base sur différentes vues (organisationnelle, fonctionnelle, informationnelle et ressource). Les outils ARIS permettent de modéliser les processus, les activités et leur enchainement ainsi que les ressources. Ce modèle est dynamique et prend en compte la modélisation des événements.
- FIDO : c'est un modèle qui fait joindre l'approche structurée à celle orientée objet. L'outil FIDO répond aux critères de sélection mais son apprentissage semble complexe car il combine entre différents modèles tels qu'IDEF0 pour la vue fonctionnelle, l'orienté-objet (OO) pour la vue informationnelle et l'organigramme pour la vue dynamique. Le modèle FIDO n'est pas encore appliqué à un grand nombre de cas industriels.

- Le diagramme d'activité d'UML : C'est l'outil le plus adéquat à la modélisation des processus métier. Il permet de bien décrire les flux physique et informationnels et met en évidence les différentes interactions qui existent entre les différentes parties prenantes d'une Supply Chain. Le diagramme d'activité est dynamique, il modélise le comportement de la Supply Chain en prenant en compte les aspects de précédence, de parallélisme et de synchronisation des activités. Il intègre également la gestion événementielle par la modélisation des décisions pouvant être prises suite à l'apparition d'évènements. Il fait partie des diagrammes les plus faciles à maîtriser car ils utilisent les mêmes symboles que les organigrammes.

Nos besoins en termes d'analyse structurelle sont assez simples. Elles se limitent à décrire les processus, les relations qui existent entre les partenaires et à montrer la réaction de la Supply Chain dans un contexte dynamique. Nous avons donc opté pour le diagramme d'activité d'UML pour mettre en évidence ces aspects à travers une représentation graphique des activités et des fonctions associées aux différents acteurs. Ce modèle est de ce fait, combiné au modèle SCOR pour palier son aspect statique et modéliser le comportement dynamique de la Supply Chain.

### 3.5. Conclusion

La modélisation des systèmes constitue une étape cruciale car elle constitue l'étape qui précède celle de l'évaluation de la performance.

Dans ce chapitre, nous avons choisi les outils de modélisation qui permettent de décrire les différents processus de la Supply Chain, de définir les besoins en termes d'évaluation de la performance et de prendre en compte les spécificités dynamiques liées à l'incertitude de l'environnement.

Nous avons décrit les principaux outils de modélisation de la Supply Chain et les avons comparé en s'appuyant sur un certain nombre de critères qui regroupent l'approche de la modélisation (structurée, systémique, orienté objets), la vue de la modélisation (fonctionnelle, informationnelle, organisationnelle, ressource), l'intégration de l'aspect dynamique et la gestion événementielle. Ces critères sont importants car compte-tenu de l'instabilité de l'environnement, il est nécessaire de réévaluer les systèmes pilotés pour pouvoir envisager des actions correctives.

Pour permettre de comprendre le fonctionnement de la Supply Chain dans sa globalité, de mettre en exergue les aspects fonctionnels, processus et informationnels, nous avons opté pour l'utilisation du modèle SCOR. Ce modèle est pertinent car il constitue un référentiel de modélisation et d'évaluation de la performance qui propose une boîte à outils pour les indicateurs de performance et les bonnes pratiques. Le SCOR permet une vision sur l'ensemble de la Supply Chain en facilitant la représentation des flux physiques et informationnels à un niveau inter-organisationnel. Nous avons combiné ce modèle avec le diagramme d'activité d'UML afin de palier son aspect statique. Le diagramme d'activité d'UML propose une modélisation processus métier et offre la possibilité de modéliser la réaction de la Supply Chain et la prise en compte de l'aspect dynamique lors de l'apparition de certains évènements.

Cette modélisation proposée constitue le premier pas pour l'étape de l'évaluation de la performance. Dans cet objectif, nous avons défini une série d'indicateurs de performance issue du modèle SCOR. Nous avons choisi les indicateurs qui sont directement impactés par l'utilisation des TIC. Ces indicateurs permettent de mesurer l'impact de l'utilisation de la technologie RFID sur la performance de la Supply Chain. Le choix de l'outil support à l'évaluation de la performance est primordial. Nous avons choisi l'approche par simulation car elle permet de représenter les systèmes complexes, de tester diverses décisions et d'évaluer leurs conséquences sur la performance (Figure 14).

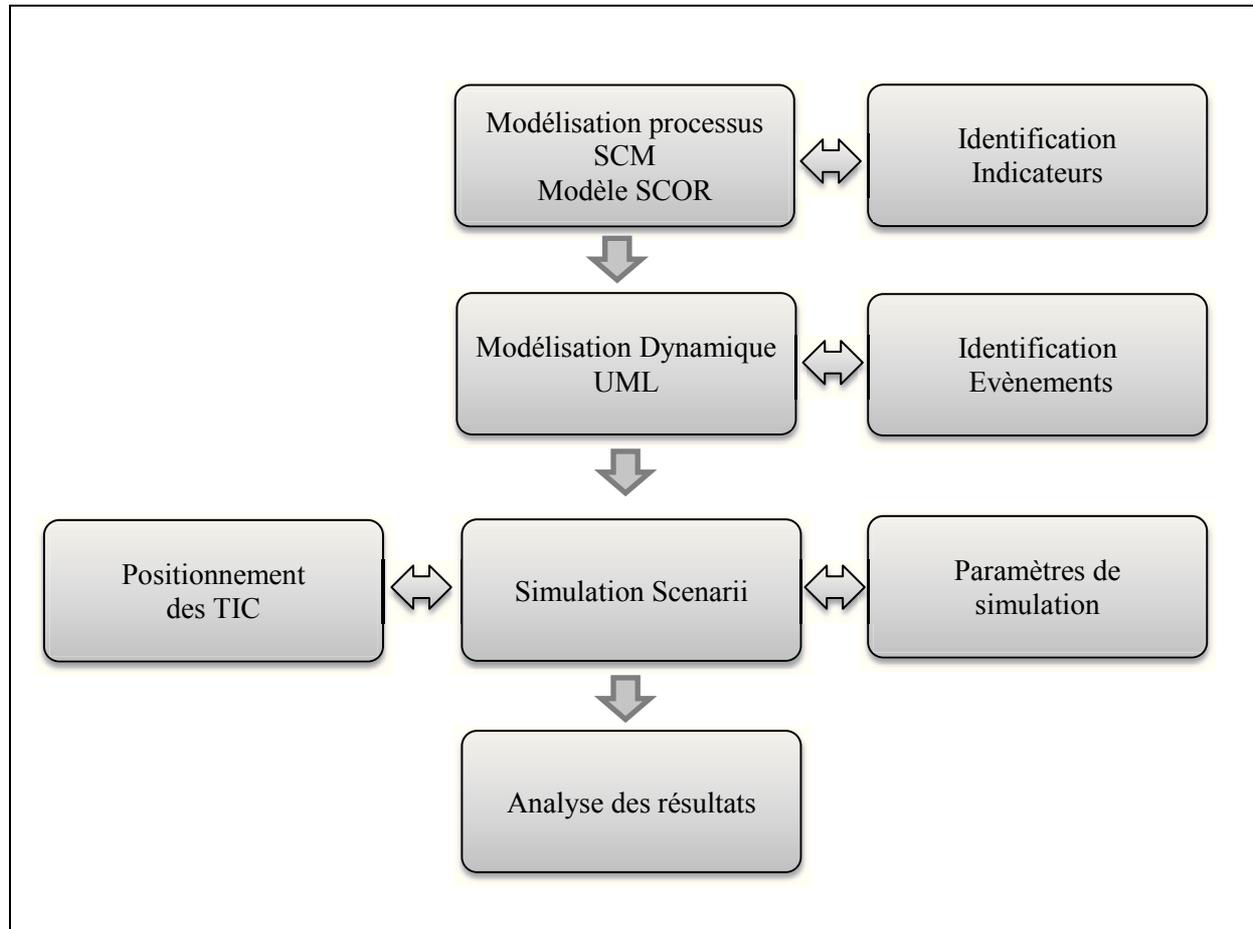


Figure 14: Méthodologie d'évaluation de l'impact de l'utilisation de la RFID sur la performance de la Supply Chain.

## Chapitre 4                      Le cadre d'expérimentation

Nous souhaitons évaluer l'impact de l'utilisation de la technologie RFID sur la performance d'une Supply Chain intégrant le transport. Il s'agit de comparer la situation où les processus sont gérés avec le code à barre à celle où la technologie RFID est intégrée. Nous portons une attention particulière à la réaction de la Supply Chain suite à l'occurrence de certains aléas pouvant surgir lors de l'acheminement du produit vers les clients.

Nous décrivons les processus de la Supply Chain en utilisant le modèle SCOR. Cette modélisation est complétée par le diagramme d'activité d'UML pour modéliser les aspects dynamiques de la Supply Chain suite à l'occurrence de certains événements incertains. Nous comparons les modélisations des processus avant et après l'application de la RFID afin de montrer les éventuels changements organisationnels issus de l'intégration de cette technologie.

Les modèles proposés sont le socle pour l'étape de l'évaluation de la performance. Nous définissons des scénarii de simulation et nous évaluons l'impact de l'utilisation de la technologie sur la performance en mesurant certains indicateurs issus du modèle SCOR.

Nous exposons dans ce chapitre, le cadre d'expérimentation de notre travail de recherche. Il s'agit du projet PRODIGE dont l'objectif est d'étudier le rôle des TIC dans la mise en place d'un système de traçabilité et de visibilité temps réel des produits durant le transport. Ce projet est financé par l'Agence Nationale de la Recherche (ANR).

Le projet PRODIGE constitue la plateforme d'expérimentation qui nous permet de valider les choix théoriques des outils de modélisation et des indicateurs de performance retenus. Nous étudions le cas des partenaires industriels du projet pour évaluer l'impact de l'application de la technologie RFID sur différents processus de la Supply Chain étudiée.

## 4.1. Introduction

Cette thèse est réalisée dans le cadre d'un projet industriel nommé PRODIGE (roulage de PRODUit intelliGEnts). Le projet a pour objectif de mettre en application les Technologies de l'Information et de la Communication (TIC) afin de mettre en place un système qui assure une visibilité continue des produits durant la phase de transport. Le projet et les expérimentations associées se focalisent exclusivement sur l'activité de transport à proprement dite, le sujet de la thèse s'inscrit dans le cadre de ce projet et élargi le périmètre pour intégrer les activités amont et aval au transport (Figure 15). L'intérêt est de créer un continuum informationnel permanent pour toute l'activité de la chaîne logistique, afin de démontrer la réelle utilité des TIC et d'évaluer les gains de performances estimés.

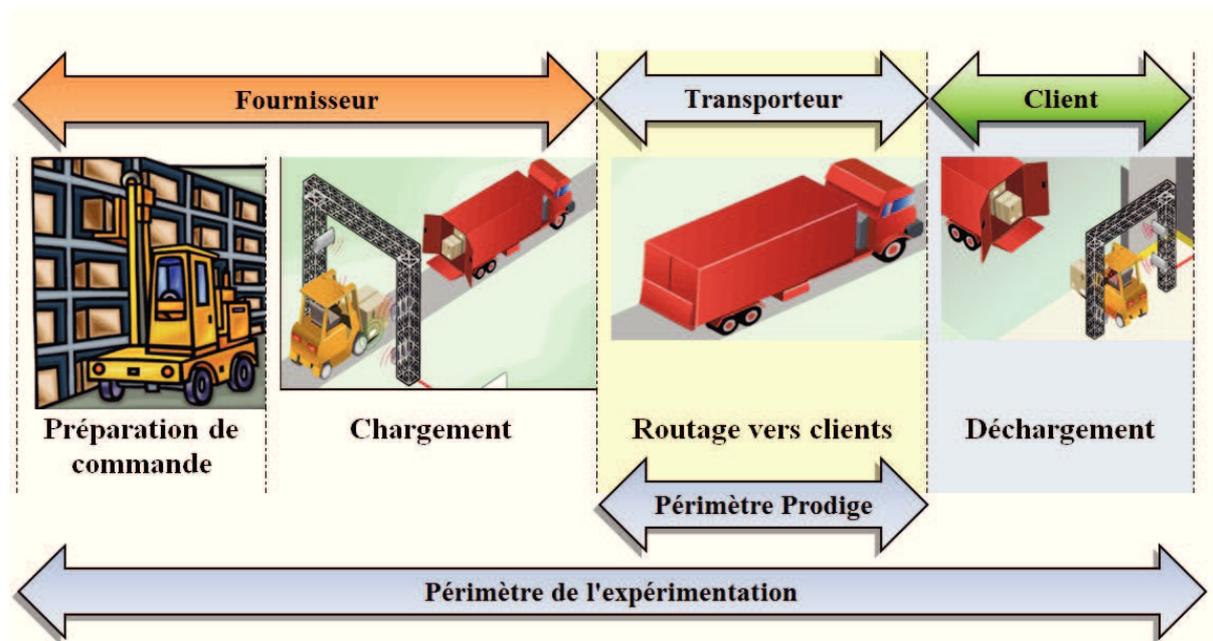


Figure 15: Périmètres d'étude du projet PRODIGE et de l'expérimentation

Dans ce chapitre, nous présentons le projet PRODIGE, son contexte technique et industriel, son périmètre d'étude et ses limites. Nous décrivons le cas industriel et la Supply Chain qui sera utilisée comme cadre d'expérimentation pour valider la démarche de modélisation et d'évaluation des impacts de l'intégration de la technologie RFID.

Dans un premier temps, Nous utilisons les outils de modélisation choisis pour présenter le fonctionnement réel des différents acteurs de la Supply Chain étudiée. Cette modélisation nous permet d'analyser, de comprendre et de déceler les dysfonctionnements de l'organisation actuelle des entreprises. Nous proposons, dans un deuxième temps, une description détaillée des différents processus pouvant être impactés par l'application de la technologie RFID et les éventuels changements structurels issus de cette intégration.

## 4.2. Projet PRODIGE

### 4.2.1. Présentation du projet

Le transport est considéré comme une fonction intégrative de performance au sein de la Supply Chain, dont l'efficacité impacte considérablement les coûts industriels. [Malhéné & Deschamps, 2010]. Le projet PRODIGE se déploie dans le cadre de la maîtrise du transport routier de marchandises qui constitue une problématique actuelle notamment dans un environnement où le développement durable devient une préoccupation réelle. Dans ce contexte, le projet PRODIGE propose des réflexions s'articulant autour de l'utilisation des technologies de l'information et de la communication (TIC), dans le processus de transport, de telle manière à assurer une traçabilité continue des produits transportés et d'optimiser le routage de la flotte de transport utilisée. Ces réflexions s'inscrivent dans une logique de logistique collaborative basée essentiellement sur l'accès, le partage de l'information ainsi que le renforcement de l'interopérabilité entre les partenaires.

Le projet PRODIGE repose sur le développement d'un pilotage dynamique des systèmes logistiques équipés par, une application combinée des technologies (RFID, GSM, GPS). L'intégration de ces technologies permet de rendre le produit communicant à même de stocker et de transmettre des informations utiles à l'organisation de son acheminement vers le client. L'objectif du projet est d'aboutir à une solution technique et organisationnelle garantissant une traçabilité temps réel des produits durant leur transport. Ceci constitue un avantage majeur en termes de sûreté, de sécurité et de qualité de service.

PRODIGE évalue donc ces nouvelles possibilités technologiques sur l'organisation des activités de transport en s'appuyant sur les paradigmes suivants :

- Le transport du produit est le service à optimiser : les problèmes de routage ne sont plus orientés vers le pilotage des ressources mais plutôt vers un pilotage centré sur le produit.
- Les produits transportés deviennent actifs dans les prises de décisions car ils portent et communiquent de multiples informations les caractérisant.

### 4.2.2. Approche scientifique et technique du projet

Dans le cadre du projet PRODIGE, l'innovation scientifique se situe principalement dans le domaine du développement de nouvelles approches de logistique collaborative considérant trois concepts principaux : le produit intelligent, le routage orienté produit et la distribution de l'information.

#### ⇒ **Le concept de produit intelligent**

De nombreux chercheurs ont étudié la notion du produit intelligent et se sont intéressés à présenter ses différentes caractéristiques [Zaharudin et al., 2002 ; McFarlane et al., 2003 ; Ventä, 2007]. Le produit intelligent doit :

1. posséder un identifiant unique afin qu'il n'y ait aucune confusion sur l'objet manipulé.
2. pouvoir communiquer avec son environnement. Il doit être en mesure de capturer de l'information émanant de l'extérieur et de transmettre des données le concernant.

3. stocker des données : un produit intelligent dispose des informations le concernant de manière à ce qu'il puisse participer à la prise des décisions quant à son futur proche. L'information est plutôt distribuée au niveau des produits que centralisée sur une seule base de données.
4. déployer un langage pour présenter ces caractéristiques. Il doit connaître des règles sémantiques et syntaxiques afin de pouvoir dialoguer avec son environnement.
5. pouvoir assurer ou participer à une prise de décision sur son devenir. Le produit intelligent est capable de prendre des décisions (déclenchement d'une alarme, choix d'une destination dans le cas d'un routage, etc.) en fonction de son niveau d'instrumentation en technologie.

Les produits possédant les propriétés 1 à 3 sont considérés comme communicants et mémorisants. Dans un tel cas, l'intelligence du produit n'est pas supportée par le produit, mais se trouve déportée sur un élément tiers. Par exemple, le numéro d'identification mémorisé sur une puce RFID associé au produit, permet d'interroger via une connexion internet une base de données et de dialoguer avec un agent (partie de code) programmé sur un serveur. On parlera de produits ayant une intelligence informationnelle ou une intelligence de niveau 1 (NI1).

Les produits ayant l'ensemble des propriétés (1 à 5) sont considérés comme des produits ayant une intelligence décisionnelle ou une intelligence de niveau 2 (NI2).

Dans le projet PRODIGE, La notion d'intelligence est alors instrumentée (Figure 16) par la combinaison des technologies RFID (Radio Frequency Identification), GPS (Global Positioning System) et GSM (Global System for Mobile Communication). Les deux niveaux d'intelligence sont considérés :

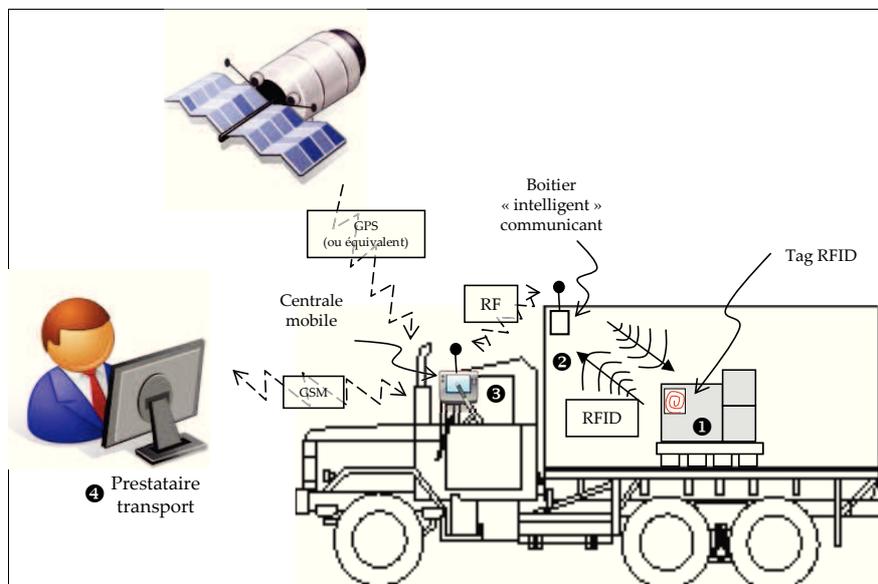


Figure 16 : Combinaison des TIC dans PRODIGE

- L'unité d'expédition (palette ou autre conditionnement) est indissociable du véhicule durant son transport. Celle-ci est équipée d'un tag RFID afin de la rendre communicante (niveau d'intelligence informationnel), i.e. capable de stocker de l'information et de la transmettre aux partenaires. L'utilisation d'un tag RFID (contenant un code unique) associé à

l'usage d'un portique assure la gestion des entrées et des sorties des charges du véhicule. Ce code unique permet d'interroger une base de données partagée entre le système embarqué dans le véhicule (Smartphone) et le serveur pour récupérer toute information logistique nécessaire à l'acheminement de la charge à son destinataire. Cette lecture garantit la traçabilité instantanée des produits transportés et offre au gestionnaire la possibilité de gérer sa flotte de véhicules,

- Le système embarqué permet de doter le camion d'une intelligence décisionnelle, lui permettant au-delà de communiquer avec les tags palettes d'échanger des informations avec d'autres camions qui se trouvent dans une proximité géographique. Le système embarqué dispose d'une tablette tactile équipée d'un GPS et connectée au réseau de téléphonie mobile afin de localiser à tout moment, les charges transportées. L'intelligence du produit est dans ce cas déportée vers la cabine du véhicule pour des raisons d'interactivité avec le chauffeur. Elle s'appuie sur une base de données contenant la feuille de route, les modèles d'optimisation de l'activité transport, les fonctions de localisation du camion et de communication avec les autres tracteurs. Le camion ainsi équipé doit pouvoir prendre des décisions concernant son propre chargement en prenant en compte certaines contraintes (délais, intégrité des produits transportés) ainsi que des décisions de transbordement en faisant appel à d'autres camions dans certains cas.

Lorsqu'aucune solution consensuelle n'est trouvée en locale compte-tenu de l'organisation des activités à exécuter, les informations caractérisant la situation remonte à un serveur qui aura alors le rôle d'arbitre.

- Le serveur mis à disposition du gestionnaire de flotte permet de préparer les tournées prévisionnelles, de suivre le déroulement de ces tournées (suivi) et de reconfigurer à tout instant et sur décision du gestionnaire, les dites tournées en fonction d'aléas observés (congestion, panne, retard, etc.).

### ⇒ **L'architecture hybride et la distribution de l'information**

Le projet PRODIGE s'appuie sur une architecture hybride et une distribution de l'information (Figure 17). Les palettes équipées par les tags RFID fournissent de la communication entre les produits et les véhicules considérés comme des centres de distribution. L'informatique embarquée implémentée dans chaque camion permet de dialoguer avec d'autres camions pour prendre des décisions locales. La communication entre deux camions peut passer par le serveur si la communication directe entre eux s'avère impossible.

### ⇒ **Le routage orienté produit**

Le routage orienté produit suppose que le transport du produit est le service à optimiser et que le produit est acteur actif dans son transport. Le problème de routage orienté produit s'appuie sur les ressources disponibles (véhicules et plates-formes de transbordement) pour proposer une possibilité de tournées initiales satisfaisante aux contraintes des clients et reconfigurer si nécessaire, l'itinéraire des produits vers leurs destinataires. Les modèles d'optimisation développés reposent sur les points suivants :

- Le transbordement offre une flexibilité importante dans le routage des produits, en retirant la contrainte d'utilisation d'un seul véhicule pour transporter une charge de l'expéditeur vers le destinataire. Dans le cadre du problème étudié dans PRODIGE, chaque client est potentiellement un lieu où le transbordement de charge est possible.

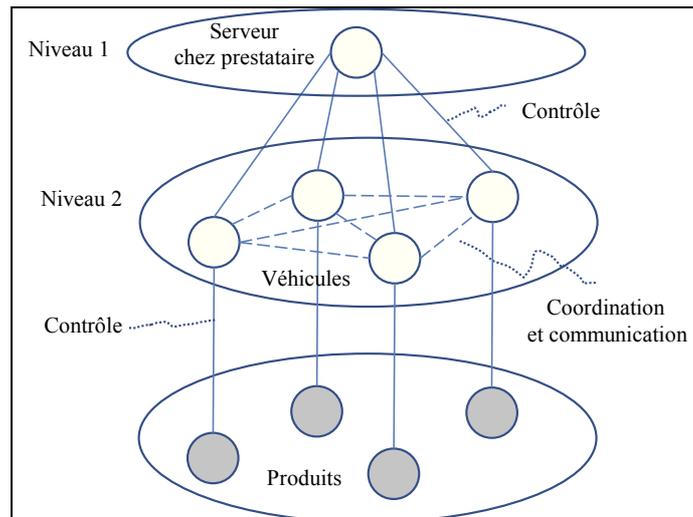


Figure 17 : Architecture hybride appliquée à PRODIGE

- Le problème étudié consiste en la collecte et la livraison de marchandises avec fenêtres de temps et transbordement (Pickup and Delivery Problem with Transshipment and Time Windows - PDPTTW). Ce problème est encore peu étudié dans la littérature scientifique [Mitrovic-Minic & Laporte, 2006 ; Nakao & Nagamochi, 2008 ; Cortés & Matamala, 2010]
- L'application des méthodes de résolution à un contexte dynamique requière la prise en compte de la position de chaque véhicule et la charge de ces derniers dans la recherche d'une nouvelle configuration de routage [Thangiah et al., 2007 ; Bouros et al., 2011]. Lors d'occurrence d'aléas, le camion peut disposer d'informations sur les camions qui se trouvent dans son voisinage et susceptibles de prendre en charge certains produits. Il échange toutes les informations nécessaires (localisation, capacité, fenêtre de temps, etc.) et décide de la nouvelle configuration des tournées qui conduit à un transbordement de palettes entre deux véhicules lors de la visite d'un client. La nouvelle solution proposée est validée par le serveur.

Les solutions d'optimisation développées dans le projet PRODIGE intègrent ces différentes caractéristiques, en se focalisant sur la gestion d'une flotte illimitée de véhicules à capacité limitée. Le lecteur souhaitant plus d'informations sur le sujet peut se référer aux différentes publications décrivant les approches de résolution développées [Tchapnga et al., 2012(a), 2012(b), 2012(c)].

#### 4.2.3. Périmètres et champ d'application du projet PRODIGE

Le projet PRODIGE s'intéresse au transport routier de marchandises. Les véhicules utilisés disposent d'un poids total roulant autorisé (PTAC) supérieur à 3,5 tonnes. Les opérations de transport concernent les transports pour compte propre (véhicules en propre ou loués) ou bien les transports publics (transport pour compte d'autrui ou organisés par un transitaire commissionnaire). L'unité logistique prise en compte est la palette.

Concernant le périmètre géographique, le projet PRODIGE se limite à l'espace unique européen compte-tenu de l'absence de barrières douanières et de la fluidité au niveau des

transports. La logique "multi pick & multi drop" (chargements + transports + déchargements avec plusieurs fournisseurs & plusieurs clients) correspond à la situation étudiée. Cette situation est envisagée selon différentes configurations (avec ou sans cross docking, avec ou sans transbordements). L'expérimentation se focalisera sur des événements perturbateurs provenant de l'environnement (panne, retard, congestion, etc.), pour étudier la réaction du système face à ces aléas.

La technologie retenue pour l'identification des produits est la RFID car elle s'avère être la technologie la plus répandue comparativement aux technologies alternatives. Compte - tenu des coûts, les tags choisis sont les tags UHF passifs.

Afin de pouvoir contrôler les entrées et les sorties des palettes, un portique est mis en place comprenant des antennes. Un boîtier / lecteur RFID est embarqué dans les véhicules et est associé à des antennes permettant la lecture des tags RFID. La technologie choisie pour la géolocalisation est le GPS.

L'application logicielle sur serveur est un portail Web accessible au gestionnaire et aux clients au sein duquel les algorithmes de routage sont implémentés. Les développements permettent d'intégrer de nouveaux algorithmes et d'inter-opérer avec d'autres outils via l'utilisation des standards de communication (GS1, XML). L'informatique embarquée est une application logicielle implémentée sur un Smartphone permettant de communiquer avec le portique, le serveur, de fournir des données aux chauffeurs (feuille de route, apparition d'évènement, etc.).

Les choix préconisés ci-dessus doivent être appliqués au niveau d'une entreprise de transport partenaire du projet : le groupe GT-SA. Le projet a pour objectif de présenter un exemple d'activités du groupe GT-SA avec l'un de ses clients, la société Martin Brower (ex LR Service) qui représente le prestataire logistique des restaurants McDonald's.

#### 4.2.4. Limites du projet PRODIGE

Le projet PRODIGE et les expérimentations associées se concentrent sur l'activité du routage elle-même et n'intègrent pas les points de ruptures de charge (chargement-déchargement). Il démontre l'intérêt de l'utilisation conjointe des technologies RFID/GSM et GPS afin de garantir une traçabilité et une visibilité continue des produits lors de leur transport vers les clients. Le projet est axé sur les problèmes de routage orienté produit en prenant en compte des événements liés principalement à la ressource et à l'environnement (panne, retard, congestion, etc.).

Dans notre travail de recherche, il nous paraît intéressant d'évoquer la généralisation de l'utilisation de la technologie RFID aux activités connexes au routage en l'occurrence : l'expédition et la réception. Au-delà des problèmes liés à la ressource et à l'environnement, il existe d'autres événements qui méritent d'être présentés et étudiés avec davantage d'attention. La prise en compte de ces événements permet de mettre en lumière les retombées de l'application la RFID, dans le pilotage dynamique du transport, d'une part, et sur la performance de la Supply Chain dans sa globalité, d'autre part. L'intérêt est de positionner les logiques d'intégration de la RFID dans une démarche globale est de mettre en lumière les gains potentiels issus d'une prise de décision réactive [Brahim-Djelloul et al., 2013].

Nous nous basons sur les choix technologiques, matériels, géographiques ainsi que sur le cas des entreprises partenaires du projet PRODIGE pour illustrer notre cadre d'expérimentation.

### 4.3. Présentation des cas d'entreprises étudiées

#### 4.3.1. Entreprise Martin-Brower (ex LR Service)

Martin-Brower (ex LR Services) est le prestataire de service logistique (PSL) de McDonald's France depuis 1989.

L'entreprise gère un effectif de 642 salariés et collabore avec environ 218 fournisseurs pour assurer la totalité des approvisionnements des restaurants McDonald's en France (Figure 18). L'activité de l'entreprise représente environ 4.000.000 livraisons par an et 61.000.000 colis préparés et livrés (soit un volume de plus de 500.000 tonnes).

Martin-Brower gère l'intégralité des commandes des restaurants McDonald's par voie électronique. Le partenariat entre les deux entités repose sur une gestion partagée des approvisionnements (GPA). La relation contractuelle qui les lie impose une ponctualité sur les livraisons supérieure à 98%.

Sur la région d'Aquitaine, Martin-Brower dispose d'un entrepôt logistique pour les approvisionnements de tous les restaurants de la région. Martin-Brower externalise son activité transport à différentes sociétés, précisément à celles pouvant réaliser du transport de produits à température dirigée. Parmi elles, on retrouve le groupe GT-SA et sa division Sud-ouest, dont le cœur de métier est la location de véhicules avec conducteurs.

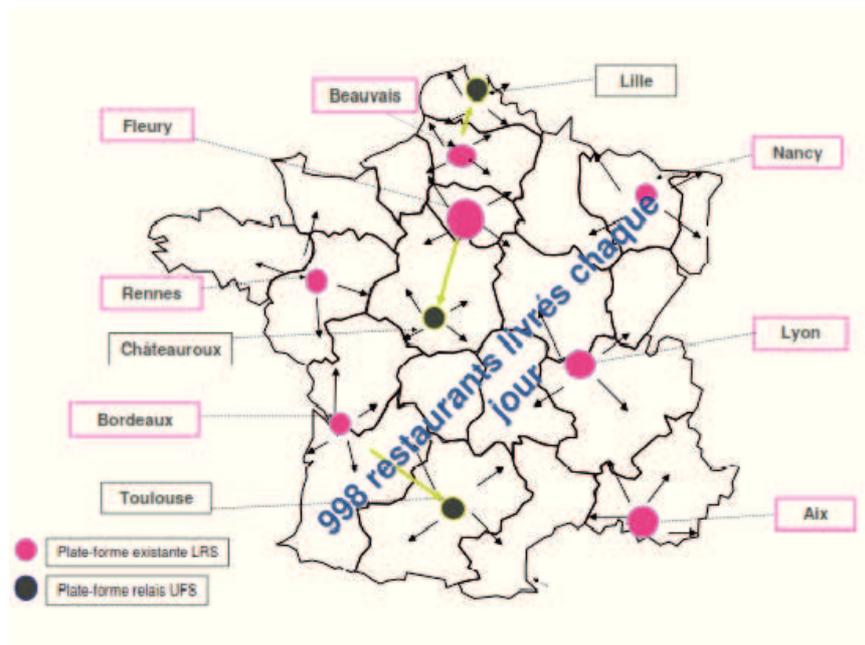


Figure 18: Implantation Martin-Brower France

#### 4.3.2. Entreprise GT-SA

L'entreprise GT-SA est implantée dans différentes régions de la France (Figure 19). Elle effectue ses activités sous le régime juridique de la location de véhicules avec conducteurs. L'entreprise ne traite qu'avec un seul client (chargeur) à la fois.

L'organisation du transport GT-SA/ Martin-Brower est de type (Mono-Pick /Multi-Drop) où le prestataire de transport enlève la marchandise d'un seul fournisseur pour la livrer à plusieurs points de restaurants McDonald's. Il n'y a pas d'activité s'appuyant sur le cross-docking ou le passage par plate-forme de groupage/dégroupage au sein du Groupe GT S.A.

GT-SA sud-ouest dispose d'une flotte de 160 véhicules en propre et ne réalise que le transport à proprement dit. Pour la maintenance des véhicules, la société fait appel à des prestataires externes.

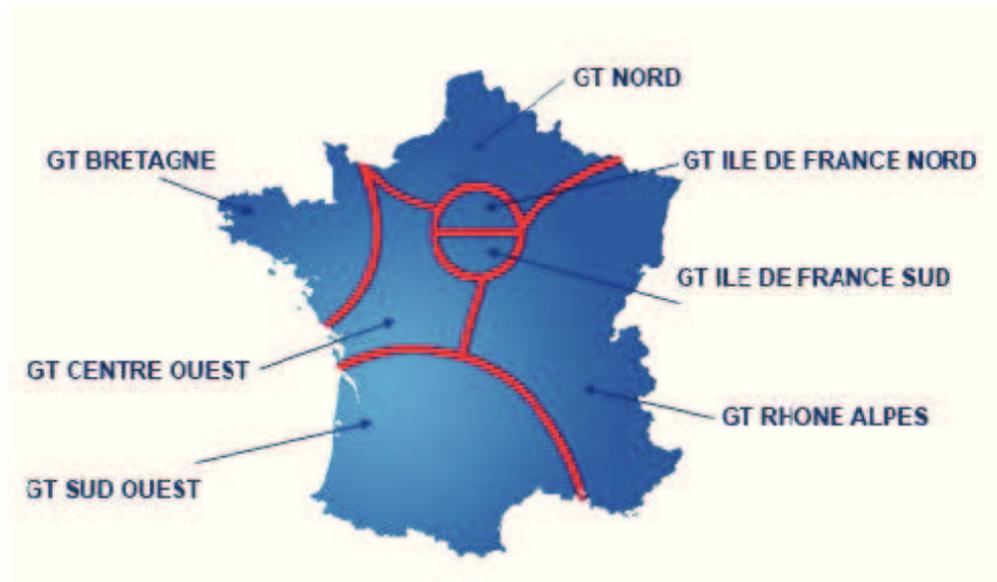


Figure 19: Localisation GT-SA

Depuis mai 2008, la division sud-ouest de GT-SA a mis sur place une cellule spécialement dédiée à la gestion des tournées de livraisons des restaurants de la région. Cette activité s'avère très rentable pour le groupe GT-SA car les tournées étant quasiment figées, il y a peu de risques à prendre et une rémunération intéressante à percevoir.

Après une présentation de ces entreprises, nous proposons une modélisation détaillée des processus à travers un enchaînement des activités et des informations qui lie l'entreprise GT-SA, Martin Brower et les restaurants McDonald's. Dans un premier temps, nous modélisons les processus tels qu'ils sont réalisés au niveau des entreprises étudiées. Nous proposons, par la suite, une description détaillée des différents processus pouvant être impactés par l'application de la technologie RFID et les éventuels changements et améliorations organisationnels qui résultent de cette intégration.

#### 4.4. Modélisation des processus de la Supply Chain étudiée

Dans notre travail de recherche, nous nous intéressons à la Supply Chain des entreprises partenaires du projet afin d'expérimenter l'intégration de la technologie RFID et d'évaluer son impact sur la performance. Il s'agit d'une Supply Chain aval à trois niveaux : l'entrepôt régional Martin Brower (Bordeaux), le transporteur GT-SA (sud-ouest) et les clients McDonald's (région d'Aquitaine).

Toute démarche d'analyse et d'évaluation des systèmes doit être précédée par une étape de modélisation. Cette étape est primordiale car elle permet de décrire les processus et les flux en intra et inter-entreprises, de comprendre le fonctionnement et de déceler les dysfonctionnements en vue d'optimiser les performances.

La modélisation proposée doit être une représentation réaliste du fonctionnement réel de la Supply Chain étudiée. Celle-ci servira de base pour comparer divers scénarii de simulation, d'analyser le comportement des entreprises et d'évaluer la performance.

À l'issue de l'analyse des outils de modélisation menée au chapitre 3, nous avons opté pour le modèle SCOR combiné au diagramme d'activité d'UML. Ces modèles sont appropriés à notre problématique de recherche car ils permettent de représenter clairement les différents processus en prenant en compte l'aspect dynamique et la gestion événementielle.

Le modèle SCOR constitue un référentiel de modélisation et d'évaluation de la performance Supply Chain, il permet de décrire les flux physiques et informationnels échangés entre les entreprises Martin Brower, GT-SA et McDonald's. Il offre également une boîte à outils des meilleurs pratiques et des indicateurs de performance. Le diagramme d'activité d'UML vient combler le caractère statique du modèle SCOR en intégrant l'aspect dynamique et en mettant en évidence la réaction de la chaîne logistique dans le cas d'occurrence d'évènements incertains.

Nous distinguons plusieurs processus au niveau de la Supply Chain étudiée. Nous nous intéressons principalement aux processus relatifs aux opérations de préparation de commandes, de chargement, de routage et de déchargement. (Figure 20).

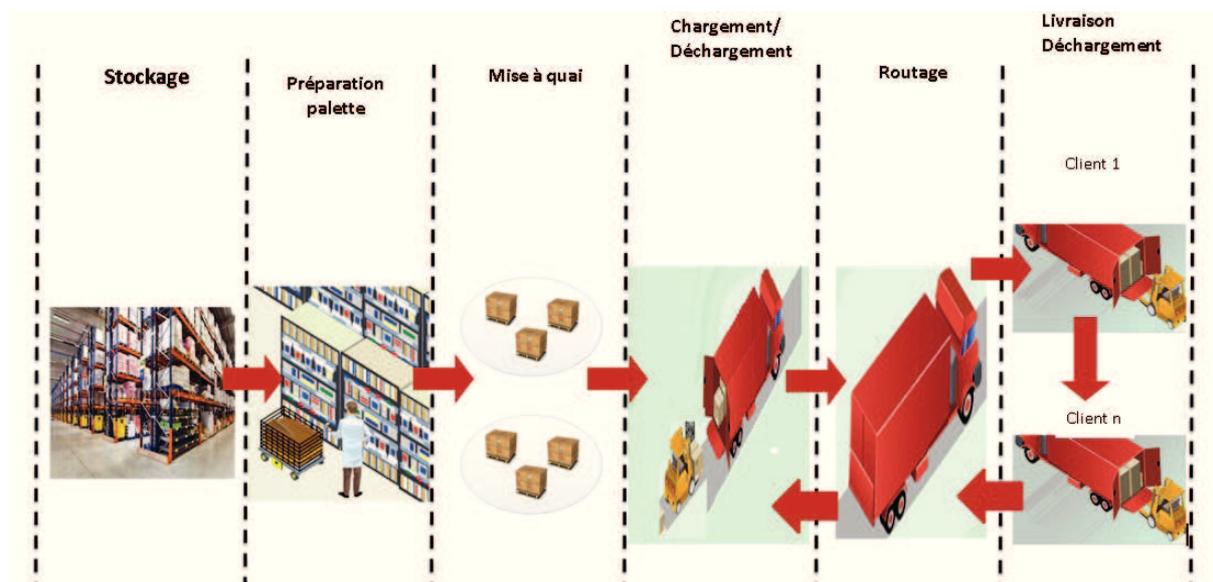


Figure 20 : Processus modélisés

Pour présenter respectivement le modèle tel qu'il est conduit dans les entreprises étudiées, nous avons élaboré des interviews avec les responsables des différents services des entreprises. Nous nous sommes également basés sur des études scientifiques et certains rapports industriels. [Fosso Wamba, 2009 ; Bendavid, 2010 ; Haouari, 2012]

#### 4.4.1. Modélisation avec le modèle SCOR

Le modèle SCOR décrit cinq processus principaux : planification (Plan), approvisionnement (Source), production (Make), livraison (Deliver) et retour (Return). Nous modélisons les processus de la chaîne logistique étudiée, en se basant sur les niveaux 1, 2 et 3 du modèle SCOR (Figure 21, Figure 22). Cette modélisation permet de donner une vue globale sur le fonctionnement inter-organisationnel en décrivant l'ensemble des processus qui interagissent entre les trois protagonistes de la Supply Chain.

GT-SA est une entreprise de transport dont la mission est de mettre à disposition de ses clients des camions avec chauffeurs et de planifier les tournées de ramassage et de livraison. Compte-tenu de ses activités, les tâches de cette entreprise seront représentées par les processus « **Plan** » et « **Deliver** » du modèle SCOR.

Martin-Brower est le prestataire logistique de McDonald's. Il a pour mission de répondre à la demande de ses clients en préparant la commande et en la livrant en sollicitant les services du transporteur GT-SA. Les processus modélisés seront le processus « **Source** », qui correspond au processus de réservation des camions et le processus « **Deliver** » qui regroupe les activités de préparation de commandes, de chargement et d'expédition des produits vers les clients.

Concernant les restaurants McDonald's, nous nous intéressons qu'au processus « **Source** » qui représente la réception de la marchandise livrée par GT-SA.

Nous décrivons dans la Figure 23 tous les sous processus constituant la préparation de commandes, le chargement, le routage et la réception en mettant en évidence les flux informationnels qui circulent entre les différents acteurs de la Supply Chain étudiée. La modélisation proposée a été validée par les entreprises concernées.

##### 4.4.1.1. Processus de passation et de traitement de commandes

Le processus se déclenche par un bon de commande que les clients (McDonald's) envoient à leur fournisseur Martin-Brower. Le bon de commande contient un certain nombre d'information client : date d'émission, code produit, valeur, poids, volume, coordonnées du destinataire, etc.

Le fournisseur reçoit la commande envoyée par EDI, il l'enregistre et la valide après vérification de la disponibilité des produits en stock. La validation de la commande suppose un envoi d'un avis d'acceptation au client pour notifier que la commande peut bien être honorée (**D 1.2**). Martin-Brower réserve la quantité demandée par le client (**D1.3**).

Un groupage de commandes par destination est effectué (**D1.4**), à l'issue duquel le chargement est construit (**D1.5**) et le plan de chargement est établi. En fonction du plan de chargement, un ordre transport est envoyé par Martin-Brower à l'entreprise GT-SA pour la réservation des véhicules (**S2/ D1.6/ D1.7**). Cet ordre est envoyé par mail 48 heures avant la livraison.

##### 4.4.1.2. Processus de préparation de commandes

En fonction du plan de chargement établi (**D1.5**), Les préparateurs de commandes se déplacent vers les zones de préparation de commandes pour sélectionner, prélever et vérifier les produits (**D1.8/ D1.9**). Les produits sont ensuite consolidés, emballés et étiquetés pour constituer les palettes (**D1.10**). Ces dernières sont déplacées vers les quais d'expédition en attendant l'arrivée des camions pour le chargement.

Figure 21 : Modélisation des processus avec SCOR ( Niveau 1 et 2)

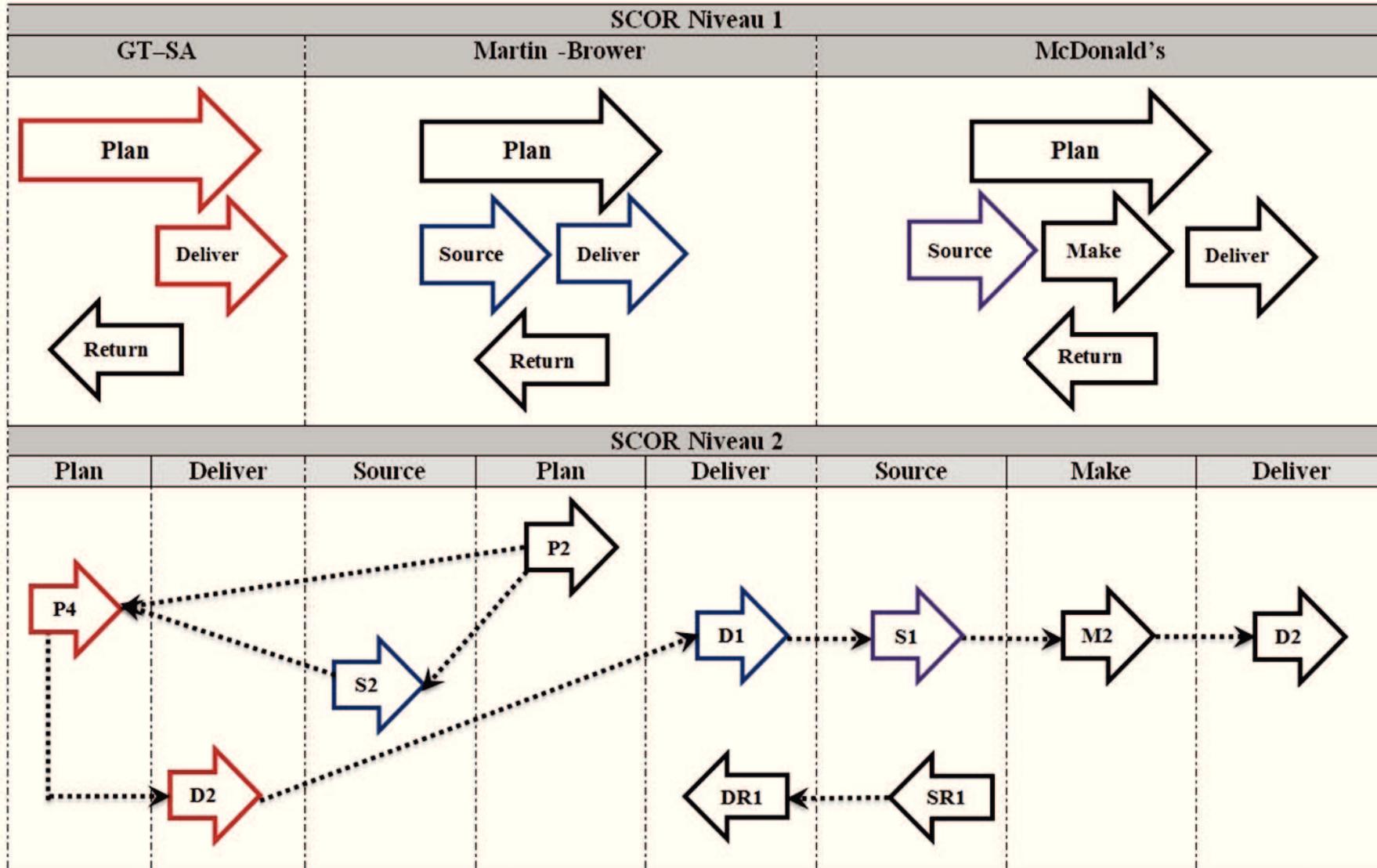
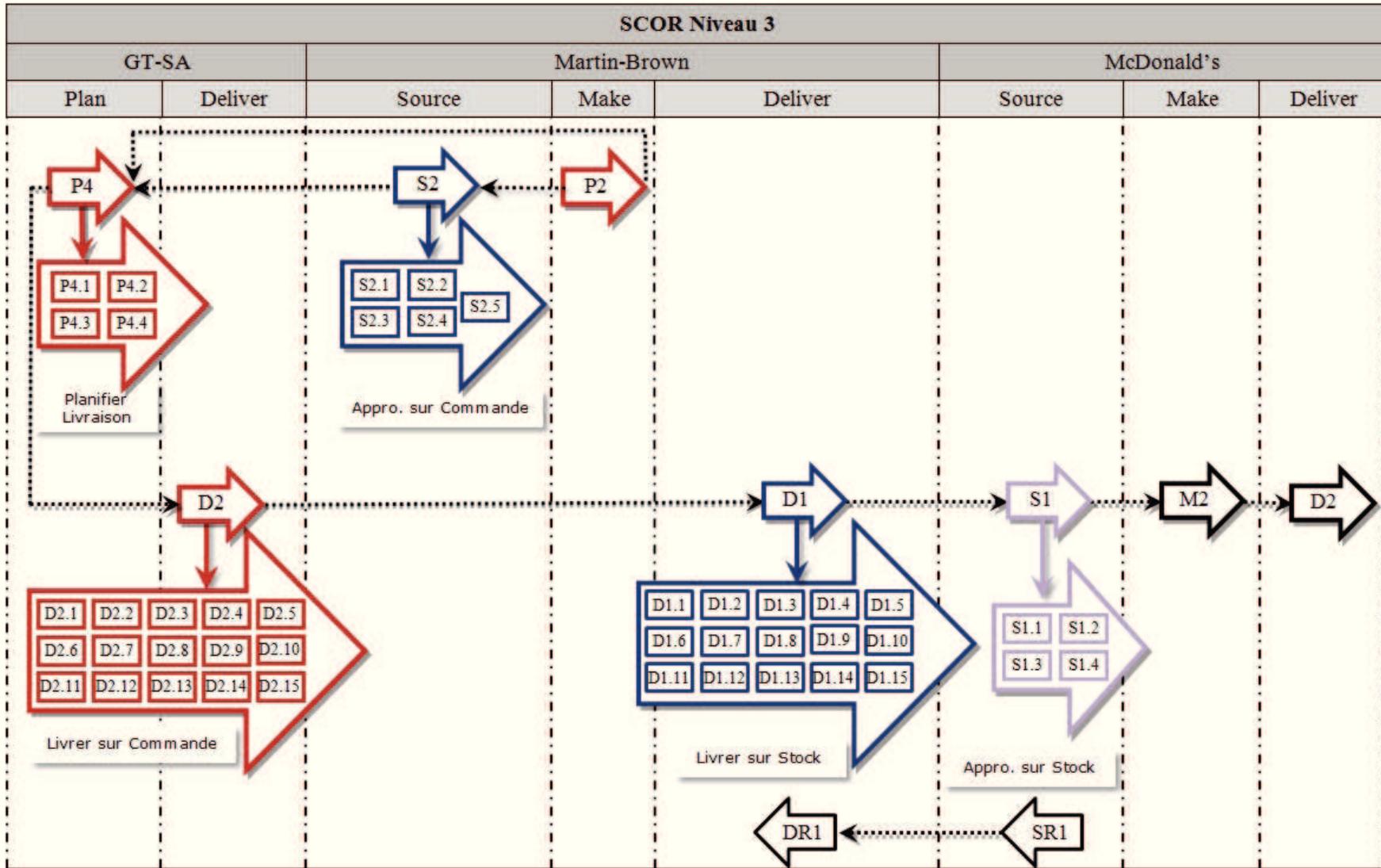


Figure 22 : Modélisation des processus avec SCOR (Niveau 3)



#### 4.4.1.3. Processus de planification des tournées

En fonction du plan de chargement, le transporteur GT-SA identifie et priorise les besoins en livraison (**P4.1**). En fonction de ces besoins, il évalue les ressources disponibles (**P4.2/ P4.3**) et établit le plan de livraison (**P4.4**). Le responsable de cette tâche planifie les tournées en fonction de certaines contraintes (date et heure de livraison, type et capacité des véhicules, quantités, poids et volume transportés, temps de travail et de pause des chauffeurs, etc.). Les chauffeurs et les véhicules sont affectés (**D2**) en fonction de la nature du produit, de la capacité des ressources, etc. À l'issue de cette planification, une feuille de route est préparée suivant laquelle l'exécution des tournées de ramassage est entamée.

#### 4.4.1.4. Processus de chargement

Le camion quitte GT-SA vers 9h00 le matin. Une fois arrivée à l'entrepôt de Martin-Brower, il est affecté à un quai de chargement. Ce dernier est sécurisé et les équipements de manutention y sont installés. Le conducteur commence par décharger les retours de la veille (palettes vides, cartons, film plastique, retour marchandises).

Lors de retour de la marchandise, le chauffeur doit présenter l'ordre de retour, la lettre de voiture qui contient la référence retournée, le numéro de la tournée et la date de la livraison. Le conducteur remet également le bon de livraison de la tournée de la veille, la feuille de route et le relevé de température mesurée à intervalle de 10 minutes (ticket tournée numérique).

C'est les manutentionnaires qui ont la mission de charger les palettes préparées la veille et transférées sur les quais de chargement. Le chargement des véhicules s'effectue en se basant sur le plan de chargement suivant lequel les palettes sont mises en file d'attente pour être chargées. Le plan de chargement est un document Excel qui contient la date de la tournée, l'immatriculation du camion, le nom du chauffeur, l'horaire d'arrivée, les emplacements des palettes, l'adresse des clients, la température imposée et le relevé de cette température au départ de chez Martin-Brower.

Les manutentionnaires scannent chaque palette et contrôlent aléatoirement la température des produits ultra-frais et frais. Le chargement est fait suivant la méthode LIFO : le dernier livré et le premier chargé (**D1.11**).

Le conducteur se voit remettre à la fin du chargement plusieurs documents : la feuille de route, le plan de chargement (recense toutes les températures mesurées, volume et poids), les bons de livraisons et la lettre de voiture. Le chauffeur scanne la feuille de route pour enregistrer tous les bons de livraison sur son PDA. Les supports papiers l'accompagnent durant toute la tournée. Le chargement étant réalisé, le fournisseur envoie un avis d'expédition à son client pour préparer ses quais de réception. Le camion quitte Martin-Brower pour commencer ses livraisons.

#### 4.4.1.5. Processus de routage

Le transporteur établit ses tournées de livraison vers les clients (**D1.12**) suivant la feuille de route issue de la planification. Pendant la journée de livraison, les chauffeurs remplissent un relevé d'heure automatique en format papier. Dans ce relevé, les chauffeurs mentionnent le nombre d'heures et de kilomètres parcourus par jour. Un relevé automatique par chronotachygraphe à disque est également rempli par les équipements du camion et analysé par la suite par un logiciel spécialisé (Timedisc3). Le relevé montre les temps de travail du chauffeur en manutention, les temps de conduite et les temps de pause. Les informations qui

émanant du relevé d'heure (durée, distance, péage, carburant, etc.), sont exploitées pour calculer les coûts au kilomètre, le coût du carburant, etc.

#### 4.4.1.6. Processus de réception de marchandise et déchargement

Une fois le camion arrivé chez le client, il est affecté à un quai de déchargement sécurisé et équipé par les moyens de manutention. Le conducteur remet directement au responsable la feuille de route, indique l'heure de l'arrivée et la température des produits (ticket tournée numérique). Le conducteur attend le signal de son client pour commencer le déchargement. Le conducteur scanne au PDA toutes les palettes qu'il décharge et les amène dans la zone de réception du magasin **(S1.2 / S1.3 / D1.13)**.

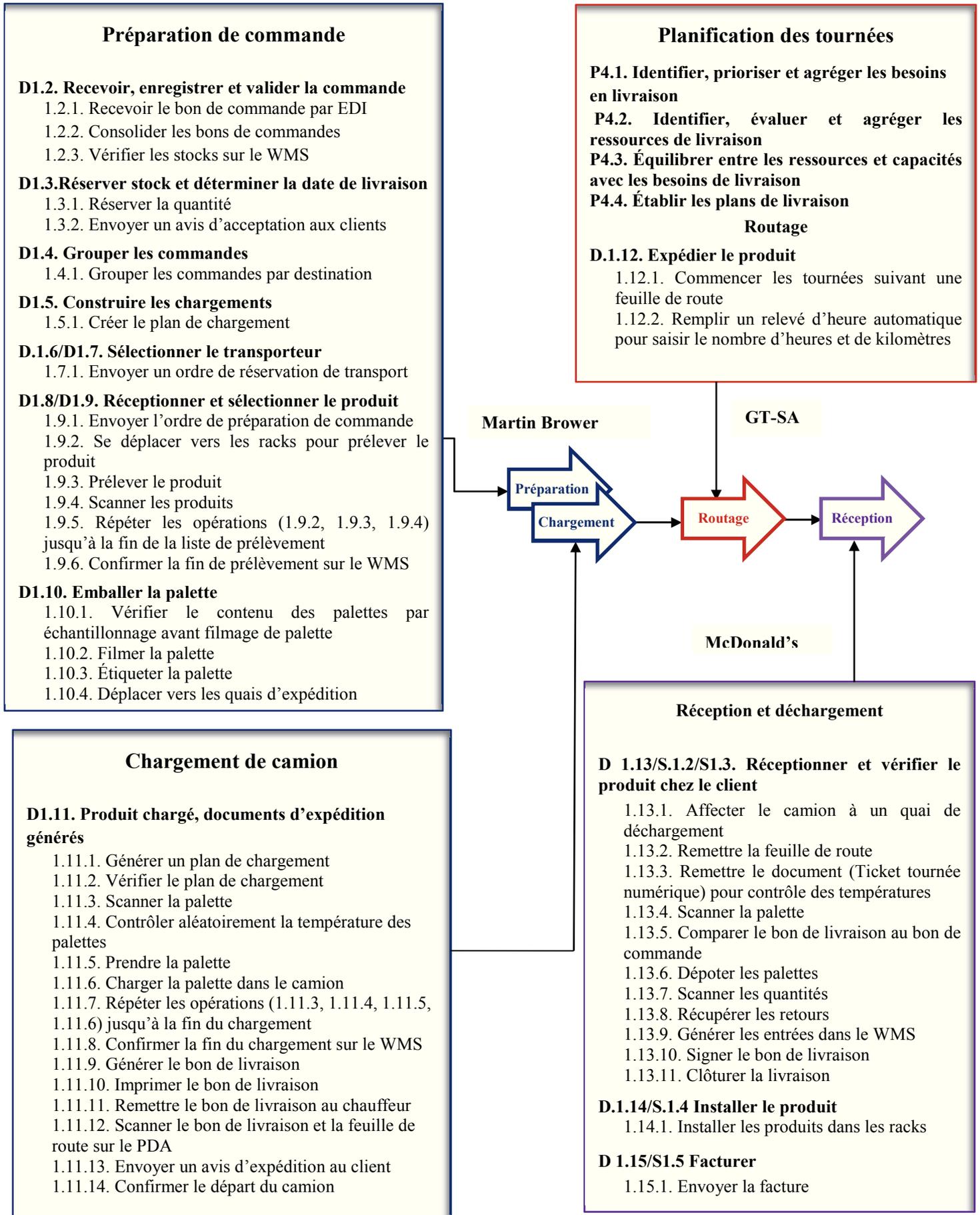
Le conducteur attend que le dépotage des palettes se termine pour récupérer les retours : palettes, cartons, film plastique, etc. Si la livraison est conforme à la commande, le chauffeur indique l'heure de fin de livraison sur la feuille de route, la signe avec le bon de livraison et le PDA. La marchandise est transférée pour être mise en stock **(S1.4/D1.14)**. Un accusé de réception de la marchandise est envoyé à l'expéditeur et une facturation est établie **(S1.5/D1.15)**. Dans le cas d'éventuels problèmes : casse, avarie, articles manquants, etc., des réserves seront notées.

#### 4.4.1.7. Retour au dépôt

Le conducteur arrive au dépôt GT. Il effectue la clôture de la livraison au PDA en précisant les heures de départ et d'arrivée, le nombre de kilomètres effectués et des éventuels précisions concernant la tournée (refus marchandise, casse, etc.). Le conducteur édite un dernier « ticket tournée numérique » mentionnant la température du camion pour toute la journée. Il fait sortir le chronotachygraphe et clôture sa journée.

Afin de modéliser au mieux les différents processus décrits par le modèle SCOR, de mettre en évidence l'enchaînement des activités, de mettre en évidence les échanges du flux informationnel entre les différents acteurs, de prendre en compte les aspects de précedence, de parallélisme, de synchronisation ainsi que la gestion évènementielle, nous complétons la modélisation SCOR avec le diagramme d'activité d'UML. (Figure 24)

Figure 23: Description détaillée des processus



#### 4.4.2. Modélisation dynamique avec le diagramme d'activité d'UML

Deux types de flux circulent entre les intervenants : le flux physique et le flux informationnel. Le flux physique concerne le déplacement de la marchandise (produit, carton, palette). Il est représenté dans le diagramme par des flèches continues. L'ensemble des activités qui constituent les processus sont schématisées par des ellipses. Le flux d'information fournit aux différents partenaires les informations relatives au flux physique. Il est représenté par des flèches discontinues. Les informations échangées entre les acteurs de la chaîne sont schématisées par des rectangles tronqués. Les décisions sont représentées par des losanges.

Dans la modélisation proposée, nous mettons en évidence la circulation des flux physiques et informationnels entre les différents intervenants. Suivant cette modélisation, nous présentons les processus et sous processus au niveau desquels la technologie RFID est appliquée et justifie d'un intérêt significatif.

- Lors du traitement de la commande, le gestionnaire aura besoin de connaître l'état de ses stocks pour la validation de cette dernière. L'implémentation des tags RFID vont garantir l'accès à une information exacte et en temps réel et par conséquent à une validation rapide des commandes clients (**D 1.2**).
- Lors de la préparation des commandes, les tags RFID permettent la lecture et la vérification des colis prélevés (**D1.8/ D 1.9**). Cette étape est reproduite avant le filmage des palettes (**D1.10**).
- Au cours du chargement, la technologie RFID permet de localiser rapidement les palettes dans les zones de chargement, d'identifier et de vérifier la conformité des palettes à charger par la lecture des tags apposés (**D1.11**).
- Au moment du transit des produits (**D 1.12**), une lecture des tags RFID est réalisée pour connaître en temps réel l'état des produits transportés. L'accès à cette information, conduit à une prise de décision réactive et dynamique en cas d'occurrence d'évènements inopinés. Au même titre que le chargement, au moment du déchargement (**D 1.13/S.1.2/S1.3**), la lecture des tags RFID est effectuée pour contrôler la conformité des produits déchargés.

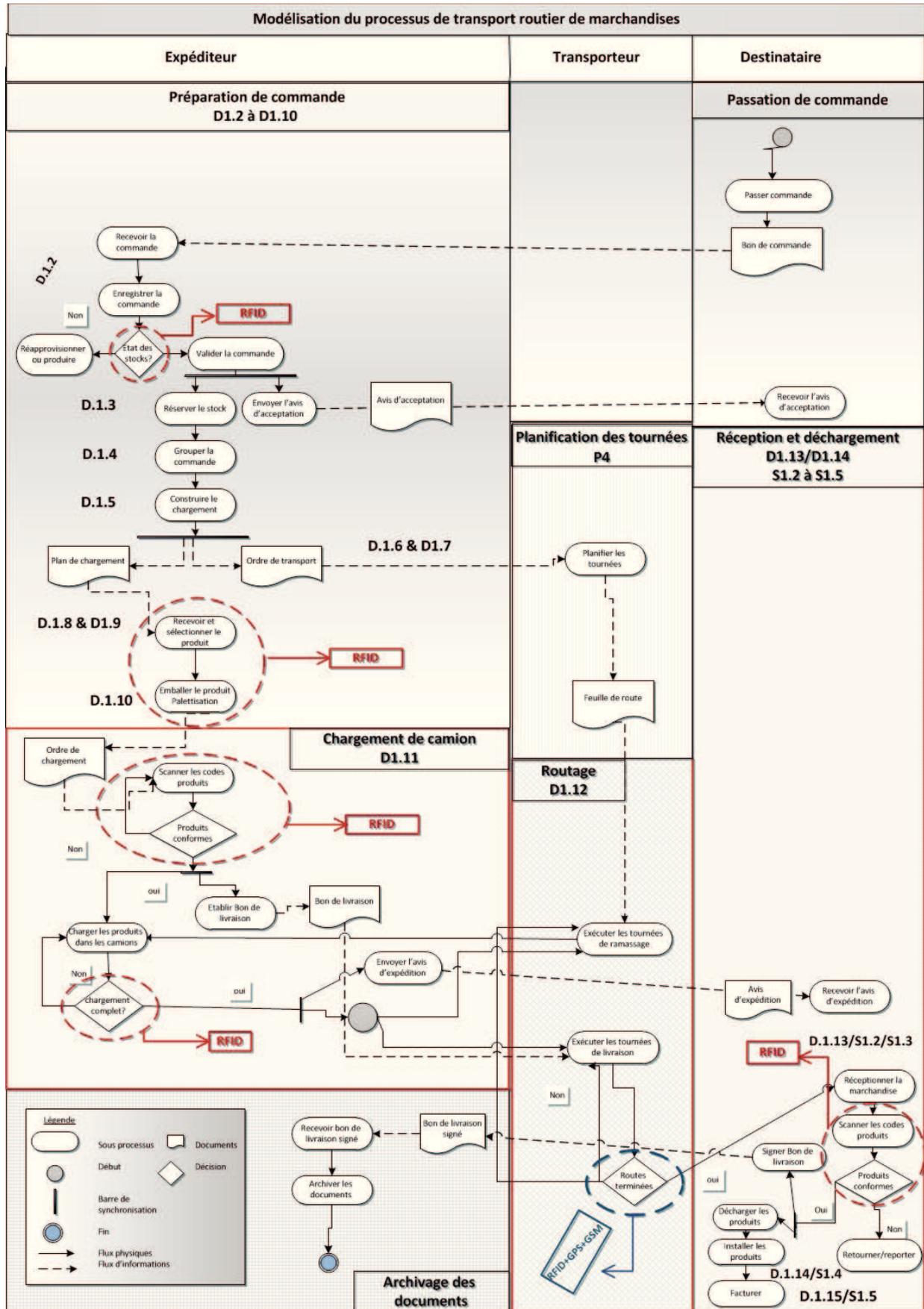


Figure 24: Modélisation UML d'activité

## 4.5. Description des processus avec intégration de la technologie RFID

L'objectif de cette étude est de prévoir l'impact de l'utilisation de la technologie RFID sur le système réel précédemment modélisé.

Actuellement, l'identification des produits se fait par code à barre. La lecture de ces derniers est manuelle et est consommatrice de temps en raison du nombre de vérifications nécessaires à effectuer tout au long de l'activité logistique. La vérification manuelle peut générer des erreurs liées à l'intervention humaine. La traçabilité est manuelle et utilise dans certaines étapes un support papier à l'exemple du plan de chargement, la feuille de route, le bon de livraison, etc.

L'utilisation de la technologie RFID implique des changements et des améliorations organisationnels au niveau des différents processus étudiés. La RFID peut conduire à l'émergence de nouveaux processus, à la restructuration de processus existants ou bien à la suppression complète de certains processus.

Dans le [Tableau 20](#), nous reprenons les différents processus décrits dans la modélisation de base (sans utilisation de la RFID) et nous identifions les éventuelles restructurations générées suite à l'intégration de la technologie RFID. Ces changements dépendent du niveau de granularité auquel le produit est étiqueté, dans notre cas, la palette et le colis. Ainsi, nous comparons trois scénarii :

1. scénario de base qui représente le système actuel utilisant le code à barre,
2. scénario RFID apposée sur la palette,
3. scénario RFID apposée sur le colis.

La technologie RFID entraîne des changements structurels au niveau des processus de la Supply Chain et impose une démarche d'intégration informationnelle entre les différents partenaires.

### - Scénario RFID sur palette

Plusieurs processus sont automatisés grâce à l'intégration de la technologie RFID au niveau de la palette. Ces derniers concernent essentiellement les opérations de contrôle lors du chargement, routage et déchargement [1.10.3, 1.11.2, 1.11.3,1.13.4]. Certains se voient supprimés ou fusionnés avec d'autres processus, à l'exemple du stockage temporaire des produits en zone d'expédition [1.10.4], du contrôle aléatoire par échantillonnage des températures produit [1.11.4] ainsi que la circulation des documents papiers [1.11.10, 1.11.11, 1.13.2, 1.13.3].

L'intégration de la RFID permet la vérification des produits au moment de leur routage vers les clients [1.12.13]. Ce processus est nouveau car le code à barre ne permet pas une telle vérification.

Certains processus restent identiques à ceux existant dans le cas d'utilisation du code à barre. Il s'agit, principalement des activités physiques de manutention telles que : prélever le produit [1.9.2, 1.9.3], filmer la palette [1.10.2], charger la palette [1.11.5,1.11.6], déposer la palette [1.13.6], récupérer les retours [1.13.8], etc.

Nous constatons que l'intégration de la RFID suppose une évolution du système d'information (SI) afin de garantir une fluidité informationnelle en intra et inter-entreprises. Certains processus sont optimisés grâce à l'évolution et à la maturité des systèmes d'information à

l'exemple de la réception de l'ordre de préparation de commandes, la gestion du plan de chargement, du bon de livraison. [1.9.1, 1.11.1, 1.11.8, 1.11.9, etc.]

### - Scénario RFID sur colis

Nous constatons que l'intégration de la RFID au niveau du colis fait bénéficier l'entreprise des mêmes avantages que ceux constatés lors de la mise en place de la RFID sur palettes. Au-delà de ces apports, la RFID sur colis permet de localiser les produits, de se déplacer rapidement vers les emplacements de stockage [1.9.2] et d'automatiser certains autres processus tels que le contrôle des colis lors de la préparation de commandes [1.9.4] et de la réception de la marchandise chez le client [1.13.7].

Certains processus sont supprimés tels que la vérification des palettes par échantillonnage avant le filmage [1.10.1], le stockage temporaire en zone d'expéditions [1.10.4]. Lors du routage, le contrôle est plus pointu car l'application de la RFID offre une visibilité non seulement, sur la palette mais sur le contenu de cette dernière [1.12.13].

Tableau 20: Description des changements structurels issus de l'utilisation de la RFID

Processus	Code à barre	RFID sur palettes	RFID sur colis
<b>Centre de distribution : Martin Brower</b>			
<b>Préparation de commandes</b>			
<b>⇒ D1.2-Recevoir, enregistrer et valider la commande</b>			
1.2.1.	Recevoir le bon de commande par EDI	Identique	Identique
1.2.2.	Consolider les bons de commandes	Identique	Identique
1.2.3.	Vérifier les stocks sur le WMS : vérification manuel de l'inventaire	Identique au code barre	Automatisé
<b>⇒ D1.3-Réserver stock et déterminer date de livraison</b>			
1.3.1.	Réserver la quantité	Identique	Identique
1.3.2.	Envoyer un avis d'acceptation aux clients	Identique	Identique
<b>⇒ D1.4 Grouper les commandes</b>			
1.4.1.	Grouper les commandes par destination	Identique	Identique
<b>⇒ D1.5 Construire les chargements</b>			
1.5.1.	Créer le plan de chargement	Identique	Identique
<b>⇒ D.1.6/D1.7 -Sélectionner le transporteur</b>			
1.7.1.	Envoyer un ordre de réservation de transport	Identique	Identique
<b>⇒ D1.8/D1.9 -Réceptionner et sélectionner le produit</b>			
1.9.1.	Envoyer l'ordre de préparation de commande	Intégré au système d'information (SI)	Intégré au système d'information (SI)
1.9.2.	Se déplacer vers les racks pour prélever le produit	Identique	Automatisé
1.9.3.	Prélever le produit	Identique	Identique
1.9.4.	Scanner les produits	Identique au code à barre	Automatisé
1.9.5.	Répéter les opérations (1.9.2, 1.9.3, 1.9.4) jusqu'à la fin de la liste de prélèvement	Identique	Identique
1.9.6.	Confirmer la fin de prélèvement sur le WMS	Identique	Identique
<b>⇒ D1.10.- Emballer la palette</b>			
1.10.1.	Vérifier le contenu des palettes par échantillonnage avant filmage de palette	Identique au code à barre	Supprimé
1.10.2.	Filmer la palette	Identique	Identique
1.10.3.	Étiqueter la palette : Imprimer une étiquette code à barre et l'apposer sur la palette	Automatisé : encoder le tag et l'apposer sur la palette	Automatisé : encoder le tag et l'apposer sur la palette
1.10.4.	Déplacer les palettes vers les zones d'expédition	Supprimé	Supprimé
<b>Chargement des camions</b>			
<b>⇒ D1.11- Produit chargé, documents d'expédition générés</b>			
1.11.1.	Générer un plan de chargement	Intégré au (SI)	Intégré au (SI)

1.11.2	Vérifier le plan de chargement	Automatisé	Automatisé
1.11.3	Scanner la palette	Automatisé s'effectuant au même temps que le chargement	Automatisé s'effectuant au même temps que le chargement
1.11.4	Contrôler aléatoirement la température des palettes	Supprimé	Supprimé
1.11.5	Prendre la palette	Identique	Identique
1.11.6	Charger la palette dans le camion	Identique	Identique
1.11.7	Répéter les opérations (1.11.3, 1.11.4, 1.11.5, 1.11.6) jusqu'à la fin du chargement	Identique	Identique
1.11.8	Confirmer la fin du chargement sur le WMS	Intégré au (SI)	Intégré au (SI)
1.11.9	Générer le bon de livraison	Intégré au (SI)	Intégré au (SI)
1.11.10	Imprimer le bon de livraison	Supprimé	Supprimé
1.11.11	Remettre le bon de livraison au chauffeur	Supprimé	Supprimé
1.11.12	Télécharger le bon de livraison et la feuille de route sur le PDA	Identique	Identique
1.11.13	Envoyer un avis d'expédition au client	Identique	Identique
1.11.14	Confirmer le départ du camion	Identique	Identique
<b>Entreprise de transport : GT-SA</b>			
<b>Planification des tournées</b>			
P4.1	Identifier, prioriser et agréger les besoins en livraison	Identique	Identique
P4.2	Identifier, évaluer et agréger les ressources de livraison	Identique	Identique
P4.3	Équilibrer les ressources et les capacités avec les besoins de livraison	Identique	Identique
P4.3	Établir les plans de livraison	Identique	Identique
<b>Routing</b>			
<b>⇒ D.1.12.- Expédier le produit</b>			
1.12.1	Commencer les tournées suivant une feuille de route	Identique	Identique
1.12.2	Remplir un relevé d'heure automatique pour saisir le nombre d'heures et de kilomètres	Identique	Identique
1.12.13 Nouveau processus	Contrôler les produits lors du routage : Impossibilité de faisabilité	L'étiquette RFID de la palette est lue afin de vérifier la marchandise au moment du transit. Aucune visibilité sur le contenu de la palette	Aucun changement par rapport au processus RFID sur Palette Visibilité sur le contenu de la palette
<b>Client : McDonald's</b>			
<b>Réception et déchargement</b>			
<b>⇒ D 1.13/ S.1.2/ S1.3 -Réceptionner et vérifier le produit chez le client</b>			
1.13.1	Affecter le camion à un quai de déchargement	Identique	Identique
1.13.2	Remettre la feuille de route	Supprimé	Supprimé
1.13.3	Remettre le document (Ticket tournée numérique) pour contrôle des températures	Supprimé	Supprimé
1.13.4	Scanner la palette	Automatisé	Automatisé
1.13.5	Comparer le bon de livraison au bon de commande	Intégré au (SI)	Intégré au (SI)
1.13.6	Dépoter les palettes	Identique	Identique
1.13.7	Scanner les quantités : le nombre de colis sur la palette est compté manuellement afin de comparer la livraison à la commande.	Identique au code à barre	Automatisé
1.13.8	Récupérer les retours	Identique	Identique
1.13.9	Générer les entrées dans le WMS	Identique	Identique
1.13.10	Signer le bon de livraison	Automatisé	Automatisé
1.13.11	Clôturer la livraison	Identique	Identique
<b>⇒ D1.14/S1.4 -Installer les produits dans les racks</b>			
1.14.1	Installer les produits dans les racks	Identique	Identique
<b>⇒ D1.14/S1.5 -Facturer</b>			
1.15.1	Envoyer la facture	Intégré au (SI)	Intégré au (SI)

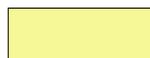
Nouveau processus



Automatisation



Intégration au SI



Suppression



La Figure 25 récapitule les changements apportés suite à l'introduction de la technologie RFID par rapport à l'application du code à barre.

<b>RFID</b>	<b>Palette</b>	<b><u>D1.8-D1.9</u></b> Réceptionner et sélectionner le produit	Supprimer l'identification manuelle des palettes = Automatisation
		<b><u>D1.10</u></b> Emballer la palette	Réunir la préparation et le chargement en un seul processus. (Pas de stockage en zone d'expédition)
		<b><u>D1.11</u></b> Charger la palette	Contrôler en même temps que déplacer la palette vers le camion
		<b><u>D1.12</u></b> Expédier le produit	Contrôler en continu les palettes transportées
		<b><u>D1.13, S.1.2, S1.3</u></b> Réceptionner et décharger	Supprimer l'identification manuelle des palettes
	<b>Colis</b>	<b><u>D1.8-D1.9</u></b> Réceptionner et sélectionner le produit	Supprimer l'identification manuelle des colis = Automatisation
		<b><u>D1.10</u></b> Emballer la palette	Supprimer l'inventaire par échantillonnage pour confirmer la fiabilité de la Livraison Réunir la préparation et le chargement en un seul processus. (Pas de stockage en zone d'expédition)
		<b><u>D1.11</u></b> Charger la palette	Contrôler en même temps que déplacer la palette vers le camion
		<b><u>D1.12</u></b> Expédier le produit	Contrôler en continu les palettes transportées et le contenu de celle-ci.
		<b><u>D1.13, S.1.2, S1.3</u></b> Réceptionner et décharger	Supprimer l'identification manuelle des palettes et des colis déchargés = Automatisation

Figure 25: Récapitulatif du changement organisationnel avec l'application de la RFID

#### 4.6. Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons présenté le cadre d'expérimentation qui nous a permis de valider les choix théoriques que nous avons retenus quant aux outils de modélisation, méthode et indicateurs d'évaluation de la performance.

Nous avons utilisé les niveaux 1,2, et 3 du modèle SCOR et le diagramme dynamique d'UML pour modéliser les différents processus de la Supply Chain étudiée. La modélisation effectuée décrit fidèlement les processus tels qu'ils sont conduits au niveau des entreprises partenaires du projet. Ces modèles ont été validés par les entreprises étudiées, en l'occurrence GT-SA et Martin Brower. Nous avons également présenté les différents changements qui peuvent impacter la structure suite à l'intégration de la technologie RFID.

Ces modélisations sont intéressantes car elles représentent la base sur laquelle nous nous appuyons pour comparer les divers scénarii de simulation, analyser le comportement des entreprises et évaluer la performance.

## **Chapitre 5            La simulation et l'évaluation de l'impact de la RFID sur la performance d'une Supply Chain intégrant le transport**

L'objectif de ce chapitre est de mettre en lumière la pertinence de l'intégration de la technologie RFID dans les différents processus de la Supply Chain étudiée, depuis la préparation de commandes jusqu'à la livraison. Nous nous focalisons sur l'évaluation de l'utilisation de la RFID sur la performance en s'attardant principalement, sur la réaction de la Supply Chain suite à l'occurrence de certains aléas pouvant survenir lors du transfert des produits vers les clients.

Nous optons pour l'approche par simulation à événements discrets dont le choix a été explicité dans le deuxième chapitre. Dans ce chapitre, nous présentons la construction du modèle de simulation sous le logiciel ARENA, nous mesurons les impacts de la technologie RFID comparée à l'utilisation du code à barre et nous analysons et discutons les résultats obtenus.

## 5.1. Introduction

Après avoir décrit les processus modélisés, nous traitons dans ce chapitre l'étape de la simulation. Nous souhaitons évaluer l'impact de l'utilisation de la technologie RFID sur la performance d'une Supply Chain intégrant le transport en comparant la situation où les processus sont gérés avec le code à barre à celle où la technologie RFID est intégrée. Nous portons une attention particulière à la réaction de la Supply Chain suite à l'occurrence de certains aléas pouvant survenir lors de l'acheminement du produit vers les clients. L'objectif est de démontrer comment l'intégration de la technologie RFID dans le processus de transport, peut impacter la performance de la Supply Chain globale.

Nous intégrons dans un premier temps les processus modélisés dans le logiciel ARENA, nous exposons les hypothèses, les paramètres ainsi que les scénarii de simulation. Nous calculons les indicateurs clé retenus pour l'évaluation de la performance et nous discutons des résultats de l'expérimentation. Lors du routage des produits vers les clients, plusieurs types d'évènements peuvent survenir. Nous introduisons ces aléas afin de comparer et d'analyser la réaction de la Supply Chain avant et après l'intégration de la technologie RFID.

## 5.2. Description des processus à simuler

Les processus à simuler découlent directement de la modélisation conceptuelle décrite précédemment par le modèle SCOR et le diagramme d'activité d'UML. Nous rappelons qu'il s'agit d'une Supply Chain aval à trois niveaux : l'entreprise de transport GT-SA ramasse les produits du centre de distribution (Martin Brower) pour livrer les restaurants McDonald's (Figure 26). Nous nous intéressons aux processus de préparation de commandes, de chargement des camions, de routage, de déchargement et de réception de la marchandise.

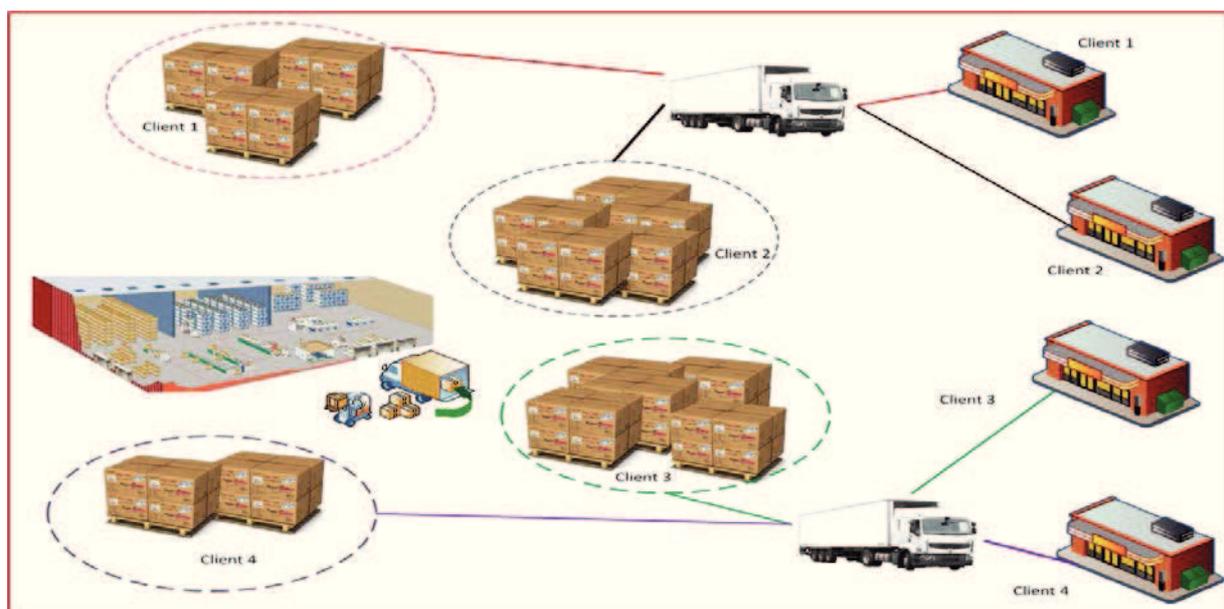


Figure 26 : Supply Chain étudiée

### 5.3. Présentation des scénarii de simulation

Nous évaluons l'impact de l'utilisation de la RFID sur la performance de la Supply Chain en simulant les trois scénarii suivants (Figure 27) :

- **1<sup>er</sup> scénario: Code à barre**

Dans le premier scénario, le codes à barres est posé sur les produits. Ce scénario correspond au système actuellement utilisé au niveau de l'entreprise.

- **2<sup>ème</sup> scénario : RFID sur la palette**

Les palettes sont préparées dans l'entrepôt et sont taguées après leur consolidation et leur palettisation (filmage).

- **3<sup>ème</sup> scénario : RFID sur le colis**

Dans le troisième scénario, les colis stockés en zones de préparation sont déjà tagués par des étiquettes RFID.

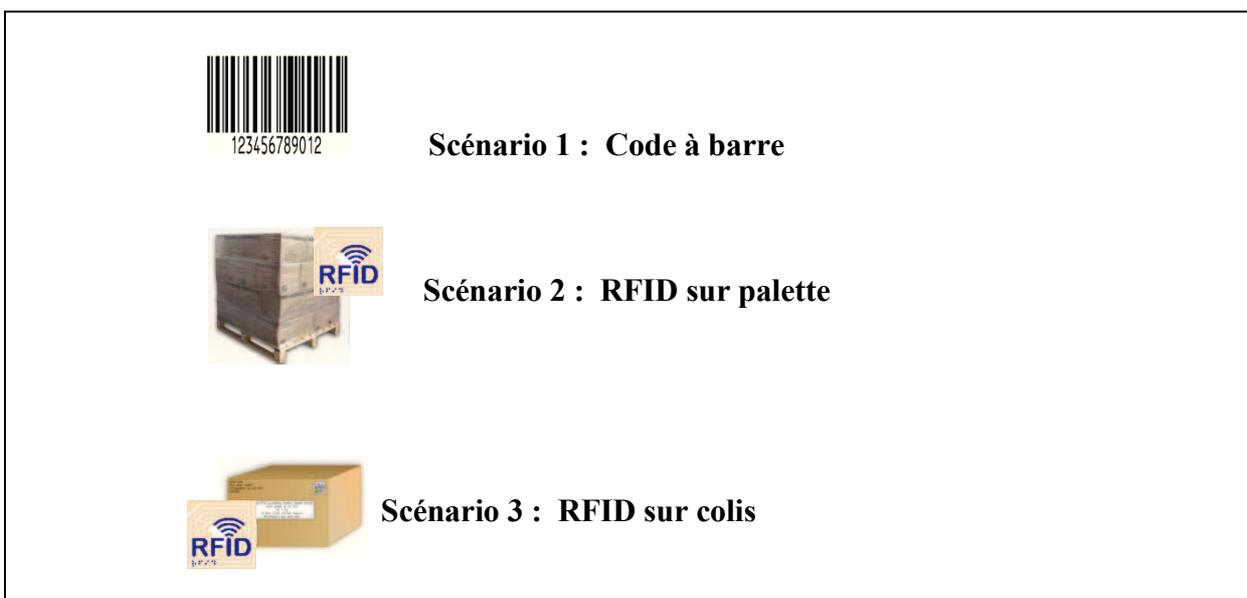


Figure 27 : Scénarii de simulation

Nous avons choisi ces scénarii car nous cherchons à démontrer l'apport de la technologie RFID en termes d'amélioration de la traçabilité et de la visibilité des produits. Nous évaluons cet impact suivant des niveaux de granularité différents afin de démontrer l'intérêt de l'utilisation de la technologie RFID à chaque niveau.

### 5.4. Hypothèses de simulation

Dans notre simulation, nous avons considéré les hypothèses suivantes :

- Les commandes sont journalières et suivent une loi de probabilité,
- Les commandes sont exprimées en colis,
- Les stocks sont toujours disponibles au niveau de l'entrepôt,

- Les colis ont des dimensions et des poids différents,
- Les palettes ont les mêmes dimensions (euro palettes 80x 120),
- Les palettes ont un maximum de 100 unités de volume (UV),
- Les colis occupent des volumes différents dans la palette,
- Il n'existe pas de commandes fractionnées= le client n'est visité qu'une seule fois,
- Les palettes peuvent contenir différents produits (hétérogènes),
- les camions disposent d'une même capacité avec un maximum de 33 palettes,
- La capacité des camions disponibles doit être supérieure ou égale à la demande,
- Les camions sont toujours disponibles,
- Le taux de lecture de la RFID est considéré optimal.

## 5.5. Paramètres du modèle de simulation

### 5.5.1. Paramètres généraux

Ces paramètres sont communs aux trois scénarii simulés. Ils sont classés en quatre catégories : paramètres liés à la commande, aux tournées, aux ressources et aux événements déclenchés. Nous présentons ces paramètres de base dans le [Tableau 21](#).

Tableau 21 : Paramètres généraux de la simulation

Paramètres de la commande	
Nombre de clients	Nombre total de clients à visiter
Nombre de produits	Nombre de produits livrés au client
Demande clients (X <sub>ij</sub> )	Demande / jour du client (j) pour le produit (i)
Capacité de la palette	Volume maximale du contenu d'une palette
Dimension colis	Volume occupé par un colis dans une palette
Nombre de palettes	Nombre de palettes par commande
Fréquence des passations de commande	Fréquence à laquelle les clients passent leur commande
Intervalle d'arrivée des commandes	Intervalle entre les commandes des détaillants
Nombre de dépôts	Nombre de points de ramassage
Temps de préparation d'une palette	Temps opératoire nécessaire pour préparer une palette
Paramètres de la tournée	
Nombre de kilomètres parcourus	Nombre de kilomètre entre les différents nœuds de la tournée
Fenêtre de temps	Fenêtre de temps au niveau de chaque nœud
Délai de livraison	Délai entre la passation de commande et la livraison de la marchandise au client
Temps de d'immobilisation du camion	Temps de service : Temps opératoire nécessaire de chargement et de déchargement des camions
Paramètres des ressources	
Nombre de préparateurs de commandes	Nombre d'effectifs pour la préparation de commandes
Nombre de camions	Nombre de camions utilisés pour la livraison
Capacité des camions	Capacité maximale des camions
Vitesse des camions	Vitesse moyenne des camions
Nombre de chauffeurs	Nombre des chauffeurs de l'entreprise
Nombre d'opérateurs de chargement/déchargement	Nombre d'effectifs utilisés pour charger et décharger la marchandise
Horaires de boulot et de pause	Horaires de travail et de pause

Paramètre des événements	
% erreurs de chargement	(déclenché suivant une loi de probabilité)
% erreurs de déchargement	(déclenché suivant une loi de probabilité)
% vol et de détérioration	(déclenché suivant une loi de probabilité)
Paramètres de simulation	
Nombre de réplifications	Le nombre d'itérations à effectuer pendant la simulation
Nombre de périodes simulées	Le nombre de périodes simulées pendant une réplification

Nous quantifions dans le [Tableau 22](#), les paramètres de base communs à tous les scénarii simulés.

Tableau 22 : Données générales de simulation

Paramètres généraux de simulation	
Nombre de clients	10
Nombre d'expéditeurs	1
Nombre de produits	4
Demande clients (X <sub>ij</sub> )	Demande / jour du produit i pour le client j. Produit A : loi normale ( Moyenne 70 , écart type 10 ) Produit B : loi normale ( Moyenne 85 , écart type 10 ) Produit C : loi normale ( Moyenne 80 , écart type 10 ) Produit D : loi normale ( Moyenne 70 , écart type 10 )
Distance (dépôt-clients)	min 4 Km/ max 80 Km. (cf. tableau distance-annexe)
Capacité palette (unité de volume)	100
Dimension colis (unité de volume)	Produit A : 2 UV / Produit B :4UV / Produit C : 2UV produit D : 5UV
Nombre de préparateurs de commandes	2
Nombre d'opérateurs de chargement	2
Nombre d'opérateurs de déchargement	2
Horaire de travail préparateur de commandes/opérateur de chargement	8h-17h (pause 12h30-13h30)
Horaire de travail chauffeurs	9h-18h (pause 45 min chaque 4h30 de conduite)
Capacité camions	33 palettes
Vitesse des camions	60km/h
Nombre de chauffeurs	1 par camion
Durée de simulation	100 semaines

### 5.5.2. Paramètres propres à chaque scénario

Ces paramètres sont propres à chaque scénario simulé. Ils définissent les temps opératoires de tous les processus depuis la préparation de commandes jusqu'au déchargement ainsi que les probabilités d'occurrence des événements.

- temps de préparation de palettes = temps de prélèvement produit + temps de contrôle/colis + temps de filmage + temps de transfert+ temps d'étiquetage.
- temps de chargement = temps de manutention + temps de contrôle de la palette chargée.
- temps de routage = temps d'acheminer le produit vers le client.
- temps de déchargement = temps de manutention + temps de contrôle palette déchargée+ temps de contrôle/colis.

Dans le scénario avec code à barre, les processus sont manuels et leurs durées ont été mesurées en se basant sur une série de chronométrages effectuée dans l'entreprise. Les données collectées nous ont permis de préciser la loi de distribution suivie. Considérant l'échantillonnage de chronométrage peu suffisant, nous avons déterminé la loi de probabilité triangulaire (TRIA) comme loi de distribution suivie car elle permet de tenir compte des aléas qui peuvent affecter les délais en s'appuyant sur trois paramètres : les valeurs minimum et maximum ainsi que les valeurs les plus probables de la variable aléatoire. Dans les scénarii utilisant la technologie RFID, les processus sont automatisés et les temps opératoires sont fixes. (Tableau 23).

Tableau 23 : Temps opératoires par processus

Temps (min)	Scénarii de simulation		
	1.Code à barre	2.RFID/Palette	3.RFID/Colis
Prélèvement	TRIA(0.3, 0.35, 0.4)	TRIA(0.3, 0.35, 0.4)	TRIA(0.2, 0.25, 0.3)
Contrôle colis	TRIA(0.05, 0.067, 0.083)	TRIA (0.05, 0.067, 0.083)	0.0055
Filmage+transfert+etiquetage palette	TRIA (2, 2.5, 3)	TRIA (2, 2.5, 3)	TRIA (2, 2.5, 3)
Encodage	0	0	0
Manutention chargement/palette	TRIA (1, 1.2, 1.5)	TRIA (1, 1.2, 1.5)	TRIA (1, 1.2, 1.5)
Contrôle chargement/palette	TRIA (0.0833 , 0.11667, 0.1667)	0	0
Manutention déchargement/palette	TRIA (2, 2.5, 3)	TRIA (2, 2.5, 3)	TRIA (2, 2.5, 3)
Contrôle déchargement/palette	TRIA (0.0833 , 0.11667, 0.1667)	0	0
Contrôle déchargement/colis	TRIA (0.05, 0.067, 0.083)	TRIA (0.05, 0.067, 0.083)	0.0055

Les données concernant les temps opératoires avec RFID nous ont été communiquées par des experts du RFID Journal. Nous avons croisé ces données avec une série de tests menée dans le cadre du projet.

Les paramètres liés aux événements ont été déterminés et validés par l'entreprise (Tableau 24). Compte-tenu de la nature et de la valeur des produits transportés (essentiellement alimentaire), les événements de vol sont peu rencontrés. Nous remarquons également que la probabilité de son occurrence est dégressive suivant les scénarii car l'intégration de la technologie RFID présente un effet dissuasif. Le taux de casse est évalué dans l'entreprise à 1% du nombre de palettes transportées.

Tableau 24: Paramètres des évènements de simulation

Évènements	Scénarii de simulation		
	Code à barre	RFID/palettes	RFID/Colis
Vol (%)	0,5%	0,2%	0,15%
Détérioration/ Casse (%)	1%	1%	1%

## 5.6. Modélisation des processus sous ARENA

### 5.6.1. Développement du modèle

La simulation est effectuée à l'aide du logiciel commercial ARENA 13.9. Il s'agit d'un logiciel de simulation à événements discrets développé par les systèmes de modélisation et acquis par Rockwell Automation. Le logiciel utilise le langage SIMAN. [Low & Kelton, 2000] décrit le logiciel comme permettant de créer des modules et d'utiliser des indicateurs de performance. [Seppanen, 2000] présente sa capacité d'interfaçage avec des programmes externes.

Nous avons opté pour le logiciel ARENA car ce dernier permet de modéliser des systèmes complexes et de prendre en compte l'aspect dynamique du modèle suite à l'introduction aléatoire de différents évènements. Le principe de modélisation avec ARENA est de créer des sous modèles qui représentent les différents processus simulés : la préparation de commande, le chargement, le routage et le déchargement.

La première étape du modèle consiste en la déclaration et l'instanciation des variables suivant le scénario à analyser. Une fois tous les paramètres et les variables saisis, la simulation sous ARENA peut être amorcée. À la fin de la simulation, les outputs sont enregistrés dans un tableur Excel. Un autre scénario démarre jusqu'à ce que tous les scénarii soient simulés.

Notre modèle de simulation comporte cinq (06) sous modèles : déclaration des paramètres et des variables, lecture des commandes et génération des palettes, chargement, routage, livraison et aléas de transport. Ces sous modèles correspondent aux processus modélisés par SCOR et UML.

#### 5.6.1.1. Sous modèle « Déclaration des paramètres et des variables »

La simulation ne peut commencer que lorsque tous les paramètres sont définis et toutes les variables nécessaires à la simulation sont attribuées. Nous donnons un exemple de déclaration et d'instanciation de variable dans la [Figure 28](#).

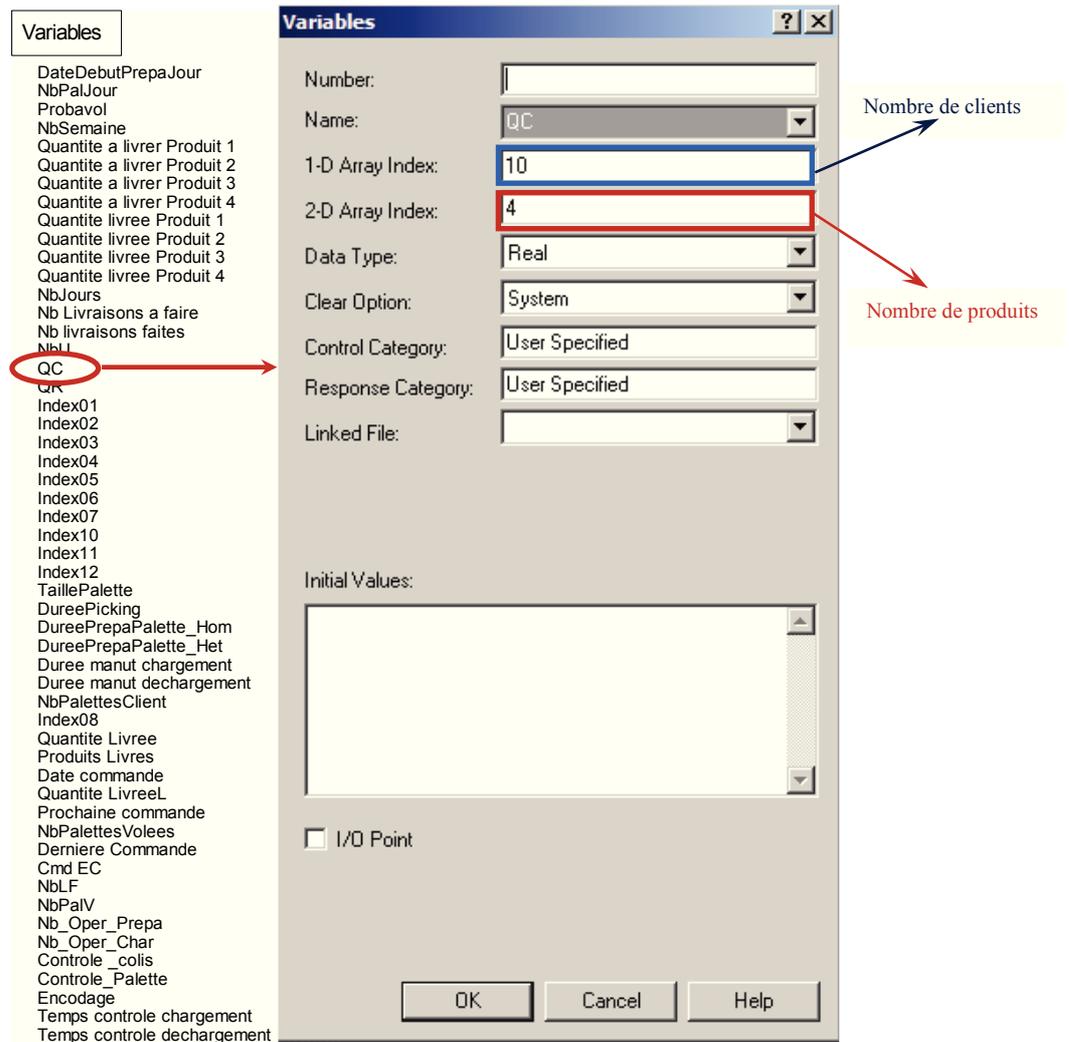


Figure 28: Déclaration des paramètres et des variables

5.6.1.2. Sous modèle « Génération, lecture et préparation de commandes »

La simulation de la Supply Chain commence par la création d’une demande du client final. Les clients génèrent des commandes journalières suivant un carnet de commandes 48 heures avant la livraison . La demande de chaque produit est aléatoire et suit une loi de probabilité normale (Figure 29). Le carnet de commandes concerne quatre produits (A, B, C, D) dont les quantités sont exprimées en colis ayant des dimensions et des poids différents . Ce carnet de commandes est ajouté à la liste des fichiers externes dans ARENA, sous le module « File-Advanced process » (Tableau 25)

Tableau 25: File-Advanced process

	Name	Access Type	Operating System File Name	End of File Action	Initialize Option	Recordse
1	File 1	Microsoft Excel 2007 (*.xlsx)	C:\Users\sakina\Desktop\Simu 02 avril\0Commandes BIS_10C.xlsx	Dispose	Close	2 rows
2	File 2	Microsoft Excel 2007 (*.xlsx)	E:\Simulation DModele Chaîne Logistique _ Sakina\resultats.xlsx	Dispose	Close	4 rows
3	File 3	Microsoft Excel 2007 (*.xlsx)	E:\Simulation DModele Chaîne Logistique _ Sakina\Parametres_aleaCB.xlsx	Dispose	Hold	13 rows

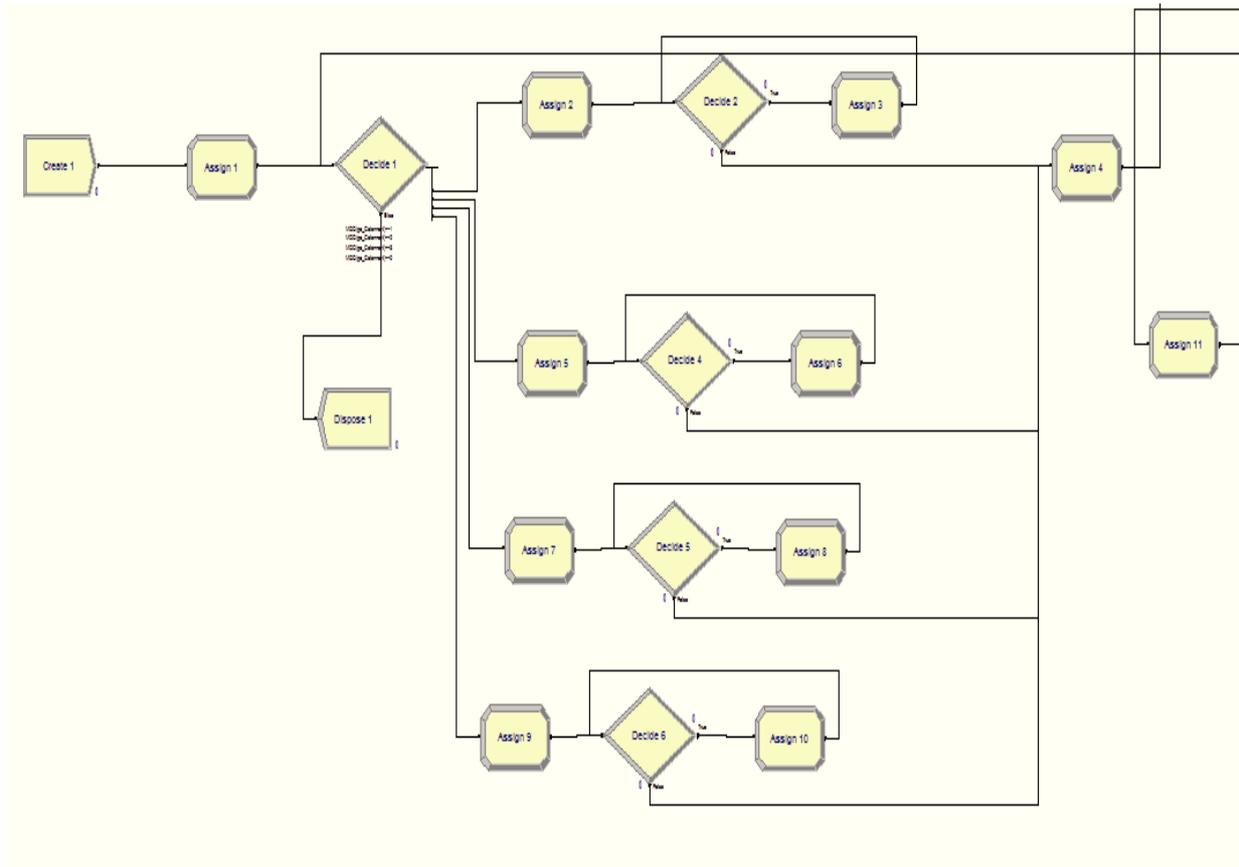


Figure 29 : Génération aléatoire des commandes

Par l’intermédiaire du module « Readwrite », la lecture du carnet de commandes est effectuée (Figure 30). Nous avons créé trois modules « Readwrite ». Le premier module permet la lecture du nombre de jours, le deuxième est consacré à la lecture des dimensions des colis et le troisième permet de lire des quantités commandées de chaque client.

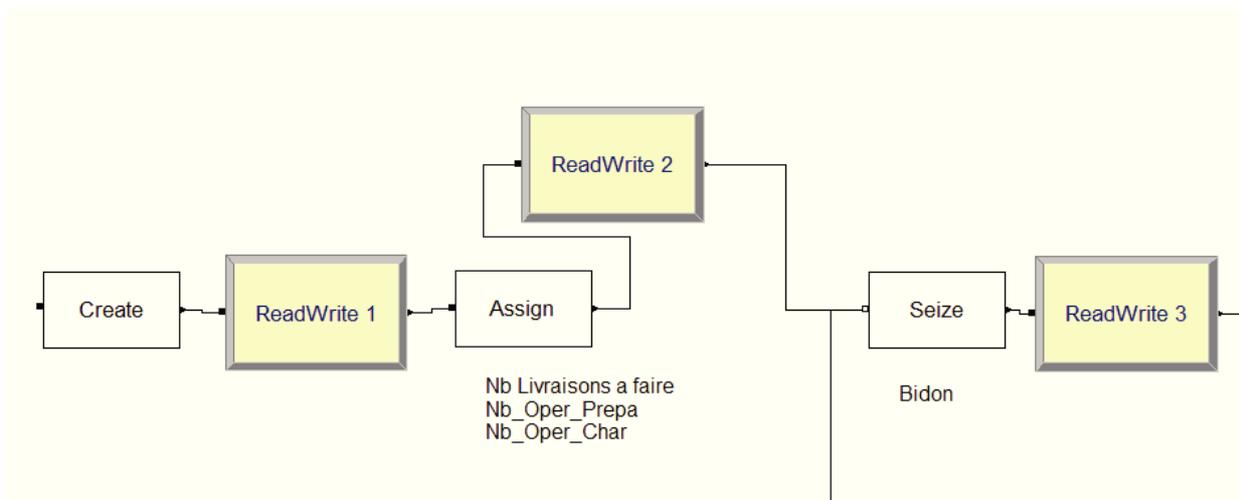


Figure 30 : Lecture de fichiers externes

Chaque jour, la commande client est lue par le module « Readwrite ». Après lecture de la commande, des préparateurs de commandes sont affectés pour la constitution des palettes. Les palettes sont préparées en fonction du nombre de colis attendus par les clients. Celles-ci peuvent être homogènes ou hétérogènes. Les palettes homogènes contiennent un seul type de produit

(mono-référence) tandis que les palettes hétérogènes regroupent différents types de produits (multi-références). Les préparateurs de commandes commencent d’abord par constituer des palettes homogènes. Le reliquat de la commande est constitué sous forme de palette hétérogène.

La palette dispose d’un volume maximum de 100 unités de volume. Chaque produit occupe une certaine unité de volume dans la palette (Tableau 22). En fonction du nombre de colis, de leurs dimensionnements, les préparateurs de commandes se déplacent vers les zones de préparation, prélèvent, vérifient les produits et les mettent sur des palettes jusqu’à atteindre la capacité totale de 100 unités de volume. Au-delà, les préparateurs constituent une autre palette.

Une fois les quantités prélevées et regroupées, la palette est emballée, étiquetée et transférée vers les quais d’expédition en attendant l’arrivée du camion. Le processus de préparation de commande nécessite des ressources et des délais de traitement définis dans les paramètres de simulation. Les préparateurs de commandes traitent les commandes pendant un délai correspondant au temps de préparation de commande. Lorsqu’il y a plus de commandes à préparer la ressource est libérée. (Figure 31)

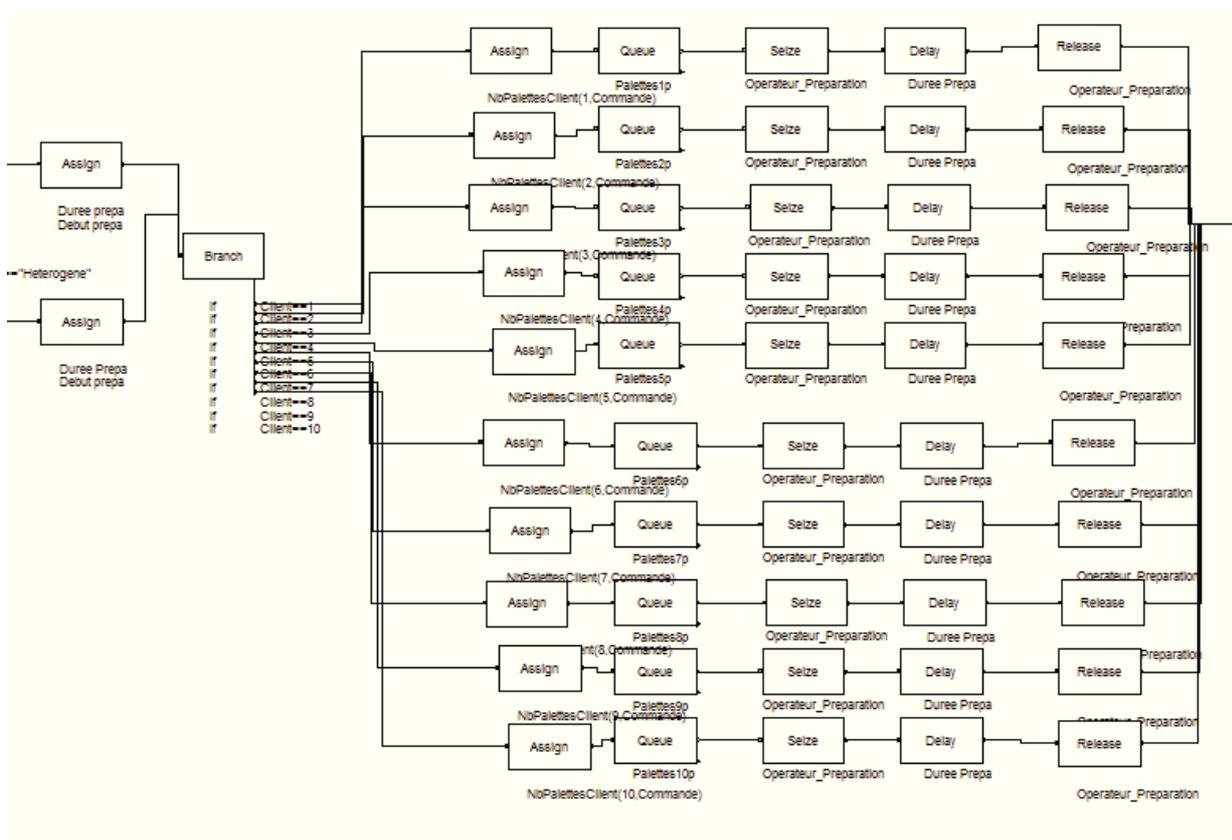


Figure 31 : Préparation de commandes

5.6.1.3. Sous modèle « Génération des chargements de camions »

Après préparation, palettisation et consolidation des palettes, celles-ci attendent dans une file d’attente pour être chargées. Le chargement se fait par client suivant un ordre de chargement. La règle de gestion choisie de cette file d’attente est le LIFO, c’est-à-dire que la palette qui sera déchargée en dernier sera chargée en premier. Avant de charger les palettes dans le camion, celles-ci sont contrôlées pour être définitivement mises dans le camion. Le nombre de camions utilisés dépend de la quantité de palettes transportées, sachant que la capacité maximale d’un camion est de 33 palettes et que le client ne peut être visité qu’une seule fois.

Le chargement est modélisé en utilisant le module « Pickup » qui regroupe les entités. Le chargement des palettes se fait pendant un délai correspondant à la manutention et au temps de contrôle des palettes chargées. Une fois le contrôle de chargement effectué et le camion définitivement chargé, les manutentionnaires sont libérés et les camions quittent l’entrepôt pour commencer leurs tournées de livraison. (Figure 32).

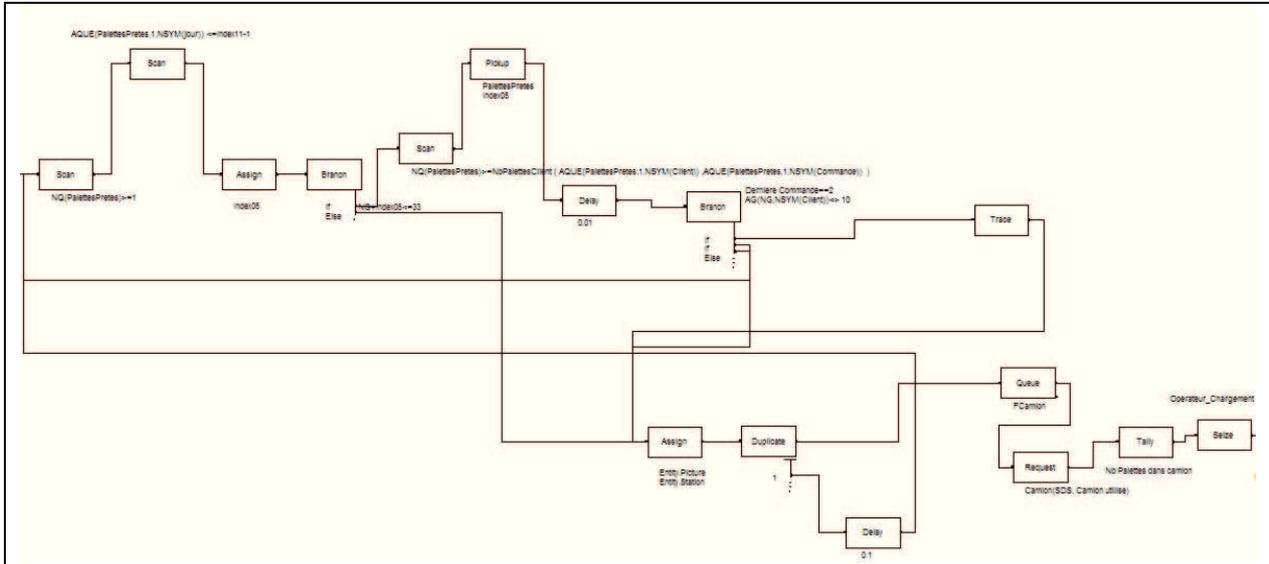


Figure 32: Chargement de camions

5.6.1.4. Sous modèle « Routage »

Afin de modéliser le routage des produits vers les clients, des stations, des intersections et des liens sont déclarés. Les stations correspondent au dépôt et aux différents clients de la tournée. Nous nous basons sur un distancier (Tableau 26) que nous avons élaboré à partir de données réelles pour créer des liens bidirectionnels entre les différentes stations (Figure 33). Le camion est réservé en utilisant le module « Request », se déplace vers les clients avec le module « Move », retourne au dépôt à la fin de la livraison et est libéré par le module « Free » (Figure 34.)

Tableau 26 : Distancier

Kilomètres	Dépôt	Client 1	Client 2	Client 3	Client 4	Client 5	Client 6	Client 7	Client 8	Client 9	Client 10
Dépôt		4,1	12,4	19,6	28,6	19,7	33,2	28,2	40,4	49	74
Client 1			9,2	16,4	25,3	16,5	29,9	24,9	37,1	45,7	70,7
Client 2				8,4	17,4	6,3	22	19,4	31,6	40,1	65,2
Client 3					12,3	8,6	17	27,8	40,1	47,2	72,2
Client 4						15,8	11,5	29,4	41,6	54,2	79,3
Client 5							21,4	15,5	27,8	34,1	59,1
Client 6								22,7	35	48,6	72,8
Client 7									13,5	30,2	54,4
Client 8										24,3	33
Client 9											22,7
Client 10											

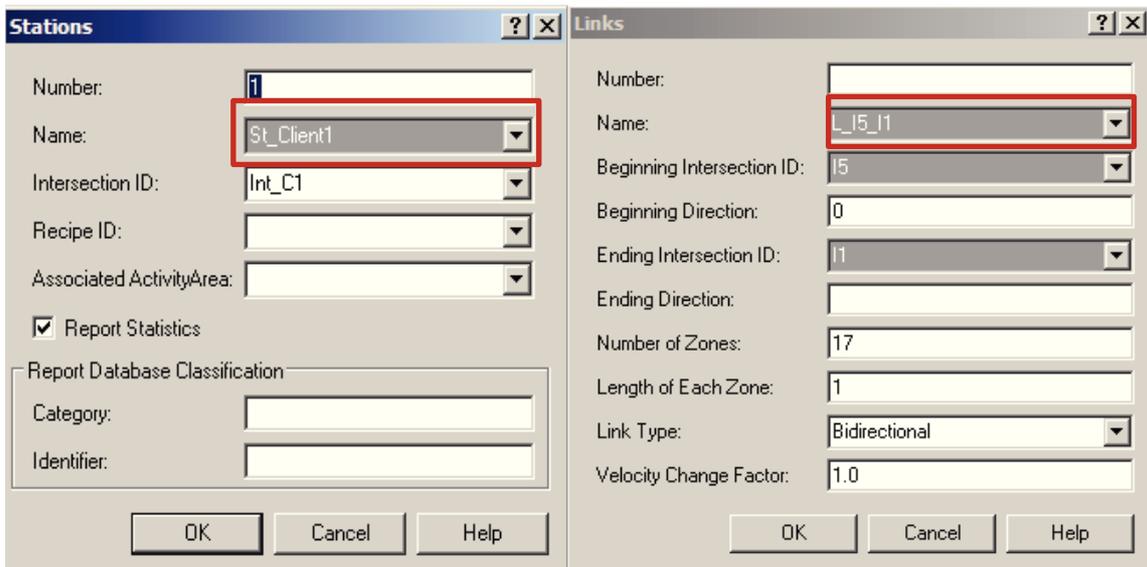


Figure 33 : Création des stations et des liens

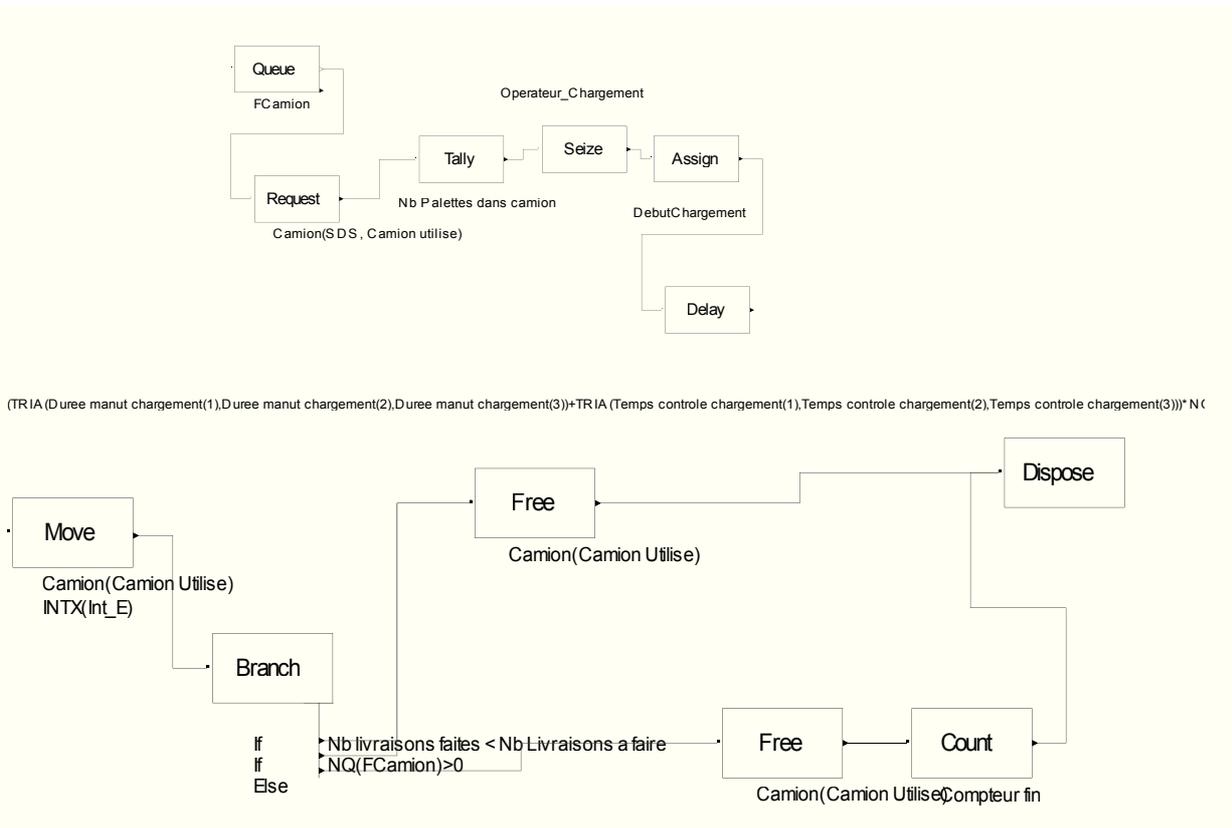


Figure 34 : Routage des produits

5.6.1.5. Sous modèle « Livraison »

Le sous modèle « livraison » (Figure 35) vise à défaire les ensembles de commandes qui ont été générés précédemment. Lorsqu'une entité entre dans ce sous-modèle, elle passe par un module « Dropoff » qui assure la séparation des groupes créés par le module « Pickup » lors du chargement.

Si la livraison n'est pas terminée, le véhicule poursuit sa route vers les autres clients, autrement on utilise le module « free » pour libérer la ressource client.

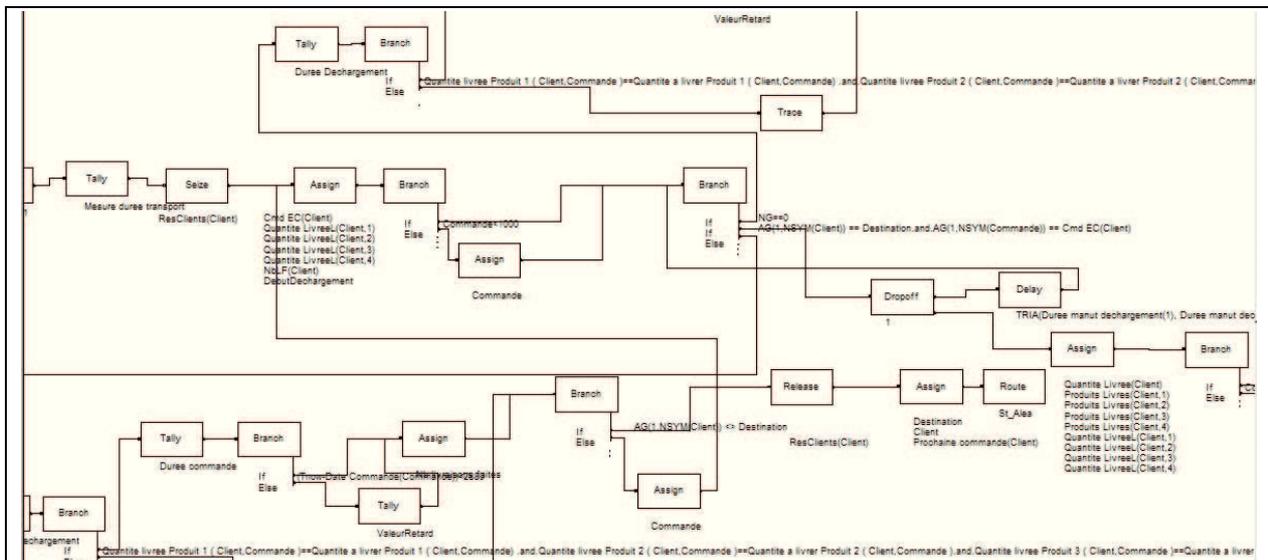


Figure 35: Déchargement de véhicules

### 5.6.2. Vérification du modèle

Dans les études de simulation, la vérification des modèles constitue une étape primordiale car elle vise à s'assurer que le modèle développé fonctionne correctement. Dans notre étude, nous avons vérifié notre modèle en se basant sur :

#### - l'utilisation de l'animation

Nous avons utilisé l'animation dans l'objectif de voir l'avancement de la quantité et de détecter les éventuels dysfonctionnements afin d'apporter les corrections nécessaires.

#### - l'utilisation de la trace

Lors de la vérification d'un simulateur, certaines entités dans le système ont été suivies pas à pas afin de vérifier le changement des variables, des attributs et des états ainsi que de s'assurer si toutes les décisions ont été prises correctement.

#### - la vérification des calculs

Les parties calculatoires ont été vérifiées en comparant les calculs issus du simulateur avec ceux résultant du tableur excel.

#### - la vérification des résultats

Nous avons remplacé provisoirement des durées de processus aléatoires par des durées constantes afin de pouvoir comparer les résultats obtenues lors de la simulation avec des valeurs calculées avec le tableur Excel.

### 5.6.3. Validation du modèle

La validation du modèle est une étape importante car elle permet de déterminer si le modèle développé constitue une représentation correcte du système étudié. Dans un premier temps, la description des processus du modèle conceptuel ainsi que les hypothèses de simplification prises ont été discutées et validées par les entreprises partenaires du projet. Concernant les données d'entrée, plusieurs séries de chronométrage ont été déclenchées afin de définir d'une part, les

cycles opératoires des différents processus de préparation de commandes, de chargement et de déchargement et de paramétrer les lois de probabilité suivies, d'autre part.

Concernant les résultats du modèle, certains indicateurs du système code à barre ont été proches de ceux du système réel ( temps de chargement d'un camion, de déchargement des palettes, de préparation de palettes.etc). La validation des scénarii RFID est axée sur la validité du scénario (code à barre). Les données d'entrée ont été discutées avec des experts du RFID, les changements structurels et le mode de fonctionnement ont été inspirés d'une revue de littérature large sur l'utilisation de la technologie RFID ainsi que des études de cas sur des revus et des sites spécialisés ( RFIDjournal, GS1,etc.).

### 5.7. Identification des indicateurs de performance

Dans notre étude, il est primordial de choisir minutieusement les indicateurs de performance sur lesquels nous nous basons pour mesurer l'impact de l'introduction de la RFID sur la performance de la Supply Chain étudiée. Nous avons retenu dans le chapitre 1, les axes de performance liés au niveau 1 du modèle SCOR (Tableau 27) :

- La capacité de l'entreprise à répondre à ses clients (réactivité),
- La capacité de l'entreprise à livrer des commandes parfaites, conformes à l'attente du client (fiabilité et taux de service),
- Le taux d'utilisation des ressources (Actif/efficience),
- Le temps de réponse de la Supply Chain (flexibilité),

Tableau 27 : Indicateurs de performance génériques (modèle SCOR)

Indicateurs génériques	Relations au client			Opérations internes	
	Fiabilité	Réactivité	Flexibilité	Coûts	Efficience/ Gestion des actifs
Durée moyenne de préparation de palette homogène/ hétérogène		✓			
Durée moyenne de chargement camion		✓			
Durée moyenne de déchargement client		✓			
Durée moyen de livraison		✓			
Temps de réponse de la Supply Chain	✓		✓		
Taux d'utilisation des ressources					✓

#### 5.7.1. La réactivité :

C'est la capacité de l'entreprise à répondre rapidement à ses clients. La réactivité est exprimée par le calcul de plusieurs durées liées aux différents processus. Les indicateurs de performance retenus sont :

- durée moyenne de préparation de palette homogène ,
- durée moyenne de préparation de palette hétérogène ,
- durée moyenne de chargement d'un camion ,
- durée moyenne de déchargement d'un client ,
- délai moyen de livraison : durée comprise entre la préparation de commandes client et la livraison.

### 5.7.2. Efficience/ gestion des actifs

- Taux d'utilisation des ressources

Le taux d'utilisation d'une ressource se traduit par le rapport entre la durée pendant laquelle la ressource est effectivement en activité et celle durant laquelle elle est disponible. En fonction du taux d'utilisation des ressources, l'entreprise décide d'allouer plus ou moins de ressources à l'activité. Les indicateurs retenus sont :

- taux d'utilisation des préparateurs de commandes,
- taux d'utilisation des opérateurs de chargement,

### 5.7.3. La Fiabilité/ flexibilité

- Le temps de réponse de la chaîne logistique :

Cela correspond à la durée moyenne de retard livraison suite à l'occurrence d'aléas. C'est la moyenne des retards enregistrés sur la totalité de la durée de simulation.

## 5.8. Résultats de la simulation

Nous présentons, dans cette section les résultats issus de la simulation. Les scénarii décrits en section 5.3 ont été observés au travers d'un ensemble de 100 répliques avec une durée d'expérimentation de 100 semaines.

Pour chaque scénario, nous présentons, dans un premier lieu, un modèle de simulation sans intégration d'aléas où nous supposons que l'acheminement des produits vers les clients se déroule correctement sans aucune erreur observée. Dans un second lieu, nous introduisons aléatoirement des événements pouvant surgir lors du transfert des produits vers les clients afin d'évaluer le comportement de la Supply Chain et de mesurer les performances réalisées au niveau des trois scénarii.

La pertinence des résultats des trois scénarii a été testée par l'utilisation du module « Output Analyzer » avec un intervalle de confiance de 95%.

### 5.8.1. Simulation sans intégration d'aléas

Dans la simulation sans intégration d'aléas, l'apport de la technologie RFID par rapport au code à barre se mesure en termes de gain de temps. Dans le [Tableau 20](#) du chapitre 4, nous avons présenté les changements organisationnels par processus depuis la préparation de commandes jusqu'au déchargement afin de montrer pour chaque scénario les gains potentiels de temps suite à l'implémentation de la technologie RFID. Dans ce qui suit, nous quantifions ces résultats.

#### 5.8.1.1. Au niveau de la plateforme de distribution : Martin Brower

⇒ **Axe de performance : Réactivité**

- **Durée moyenne de préparation de palette homogène**

La technologie RFID apporte des gains de temps lors de la préparation de palettes homogènes ([Figure 36](#)). Ce gain est réalisé lorsque la technologie RFID est située au niveau du colis

(Scénario 3). Il est estimé à environ 1,74 minutes par palette homogène soit un gain de 41,04%. En se référant au [Tableau 20](#) du chapitre précédent, ce gain est dû à une localisation plus rapide des produits dans les zones de prélèvement (1.9.2), de la suppression de la vérification avant filmage (1.10.1) et d'une réduction du temps de contrôle au niveau du prélèvement (1.9.4) grâce à une lecture rapide sans contact, sans visibilité directe permettant une identification simultanée de plusieurs tags.

Au niveau de la palette, nous constatons que les processus restent inchangés entre le scénario 2 (RFID sur palette) et le scénario 1 (code à barre). Par conséquent, le temps de préparation demeure identique à celui mesuré dans le scénario code à barre.

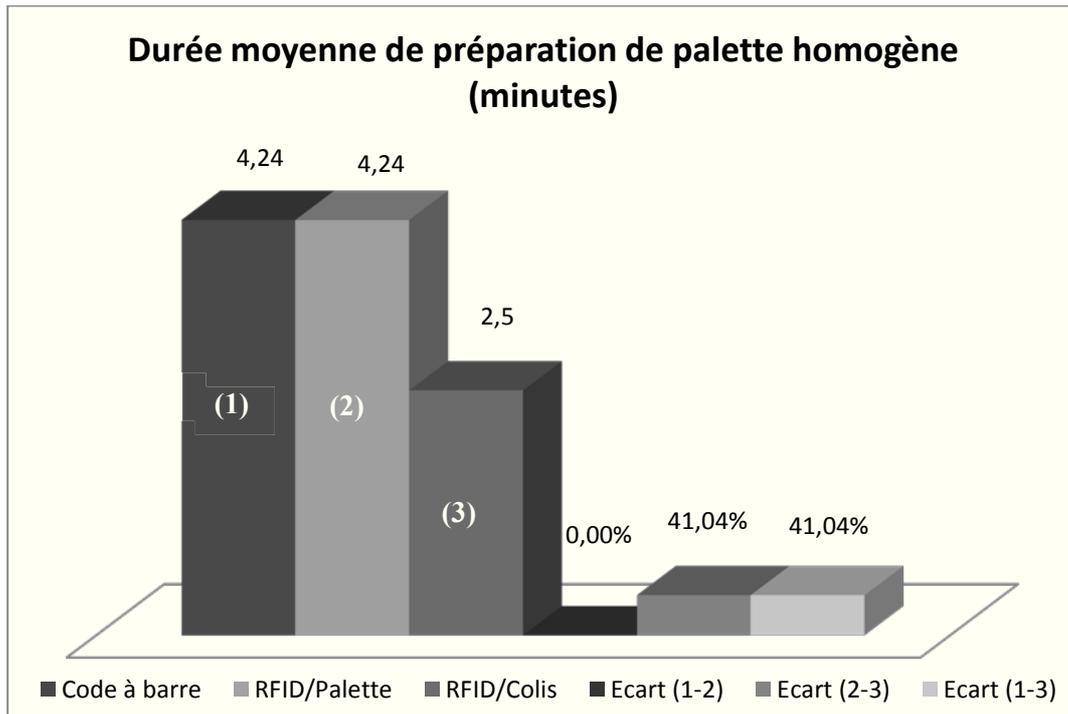


Figure 36: Durée moyenne de préparation de palette homogène pour chaque scénario

- **Durée moyenne de préparation de palette hétérogène**

Les durées des processus de préparation de palettes hétérogènes sont identiques ([Figure 37](#)) entre le scénario 1 (code à barre) et le scénario 2 (RFID sur palette). Le scénario 3 (RFID sur colis) permet d'identifier rapidement et précisément les colis prélevés et fait gagner 3,75 minutes soit (30,78%) par préparation. Ce gain de temps est réalisé ([Tableau 20](#)) car les processus de localisation et de contrôle des colis (1.9.2-1.9.4-1.10.1) deviennent plus rapides grâce à l'automatisation assurée par la technologie RFID qui permet une lecture rapide et sans contact des tags apposés.

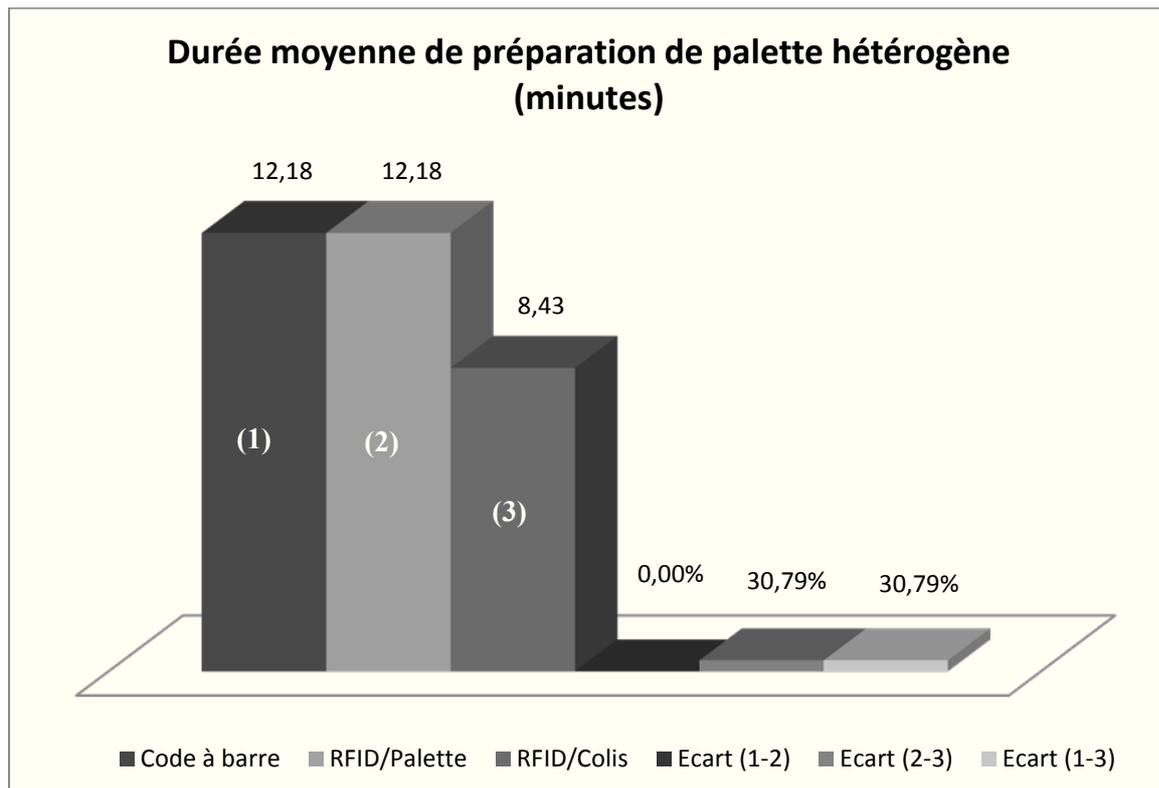


Figure 37 : Durée moyenne de préparation de palette hétérogène pour chaque scénario

▪ **Durée moyenne de chargement d'un camion**

Lors du chargement du camion, la lecture des codes à barre ou des tags RFID permet de contrôler l'exactitude du chargement. Le temps de chargement d'un camion (Figure 38), diminue entre le scénario code à barre et le scénario RFID sur palette. Le gain s'estime à environ 4 minutes (9,49%) par camion. Le taux de chargement moyen d'un camion est de 30 palettes, ce qui correspond à un gain de temps d'environ 8 secondes par palette chargée.

Suite à l'automatisation mise en place, la lecture manuelle des codes à barre est supprimée (1.11.3) ainsi que le contrôle aléatoire des palettes avant chargement (notamment pour la température dirigée (1.11.4). La lecture des palettes chargées se fait au même temps que leur déplacement vers le camion, le temps de contrôle est ainsi plus faible et conduit à une plus courte immobilisation des camions sur les quais de chargement.

Entre le scénario RFID sur palette et le scénario RFID sur colis, les processus restent identiques, ce qui explique la similitude des résultats.

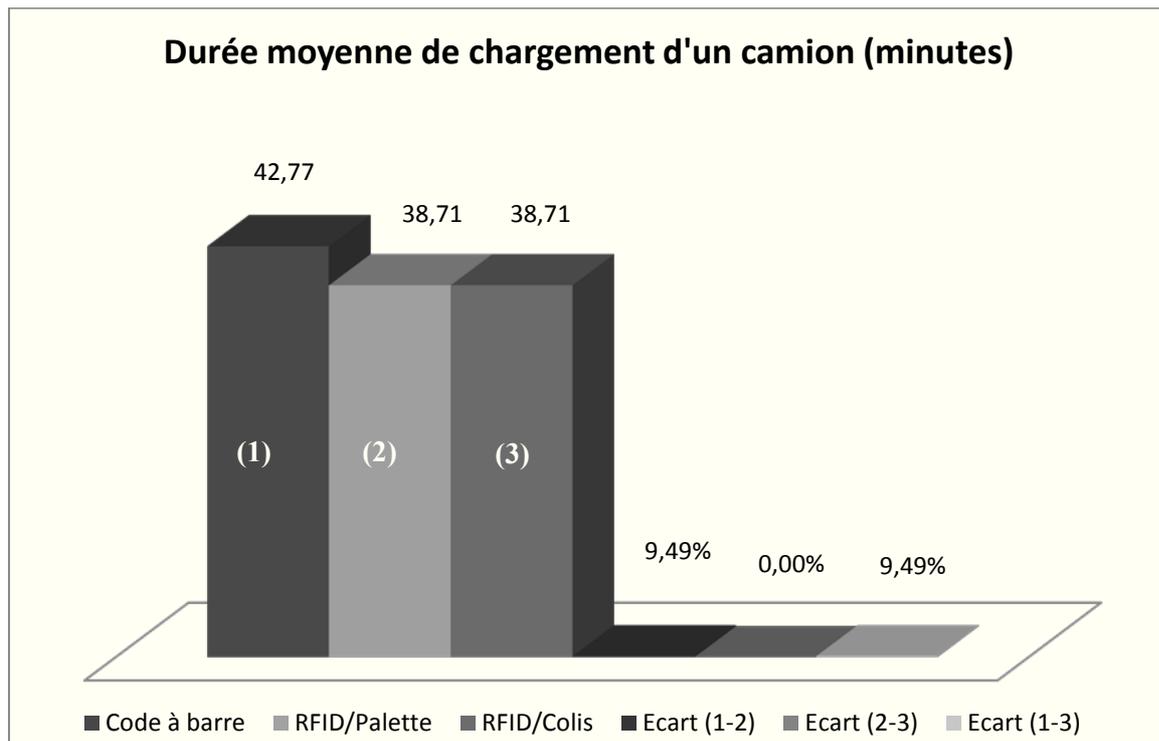


Figure 38 : Durée moyenne de chargement d'un camion

⇒ **Axe de performance : Actif / Efficience**

▪ **Taux d'utilisation des préparateurs de commandes**

Les taux d'utilisation des préparateurs de commandes diminuent dans le scénario 3 qui correspond à l'implémentation des tags RFID sur les colis (Figure 39). Ce gain est estimé à 36,49% et est réalisé du fait que les processus de contrôle des colis deviennent plus rapides en raison de l'élimination de la vérification manuelle des colis grâce à l'automatisation mise en place (1.9.2-1.9.4). Nous ajoutons à cela, également la suppression de l'activité du contrôle par échantillonnage avant le filmage (1.10.1).

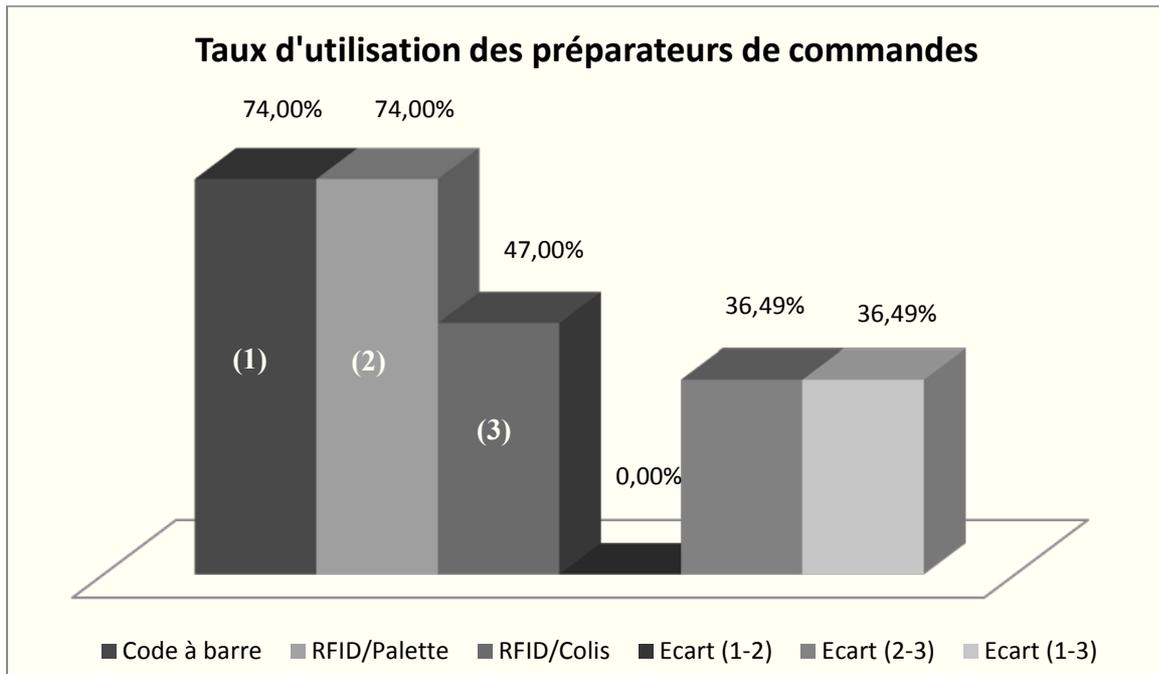


Figure 39 : Taux d'utilisation des préparateurs de commandes

▪ **Taux d'utilisation d'opérateurs de chargement**

La [Figure 40](#) montre que le taux d'utilisation des opérateurs de chargement connaît une baisse de 11,76% enregistrée dès la mise en place de la RFID que cela soit au niveau de la palette ou du colis. Ce gain est réalisé car l'opérateur passe moins de temps à contrôler les palettes à charger grâce à l'automatisation du contrôle (1.11.3) et la suppression de la vérification par échantillonnage des palettes, notamment pour les produits à température dirigée (1.11.4).

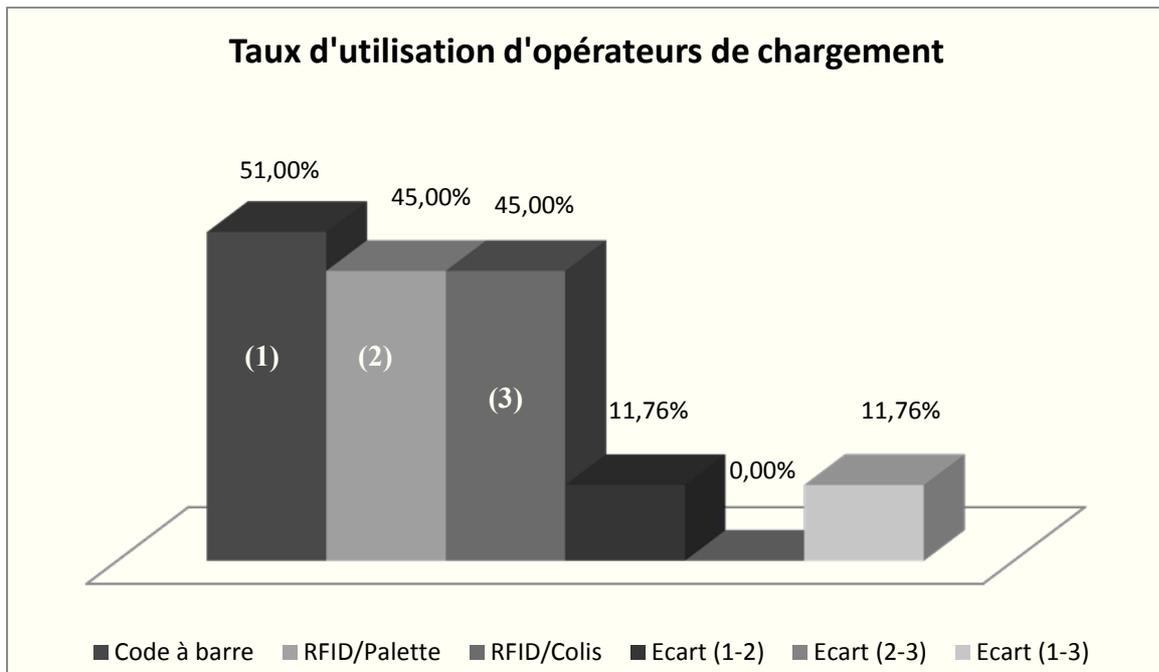


Figure 40 : Taux d'utilisation d'opérateurs de chargement

### 5.8.1.2. Au niveau du client ( restaurant McDonald's)

⇒ **Axe de performance : Réactivité**

- Durée moyenne de déchargement d'un client

Arrivées chez le client, les palettes doivent être contrôlées afin de confirmer si la marchandise livrée correspond bien à celle commandée. Dans le processus du code à barre, ce contrôle s'effectue manuellement et correspond à une moyenne d'environ 37 minutes par déchargement client.

L'utilisation de la RFID au niveau de la palette permet une diminution du temps de déchargement d'environ 1,66 minutes par livraison client (4,49%) entre le scénario code à barre et le scénario RFID sur palette (Figure 41). Ce gain correspond à environ 8 secondes par palette déchargée et est dû à la réduction du temps de contrôle des palettes déchargées (1.13.4). Entre les scénarii (2-3), et les scénarii (1-3), la diminution du temps de déchargement est beaucoup plus importante et est estimée respectivement à 20,08 minutes (56,96%) et à 21,74 minutes (58,87%). Ces gains sont significatifs car ils englobent la suppression de la vérification manuelle de tous les colis constituant les palettes déchargées chez le client. (1.13.7).

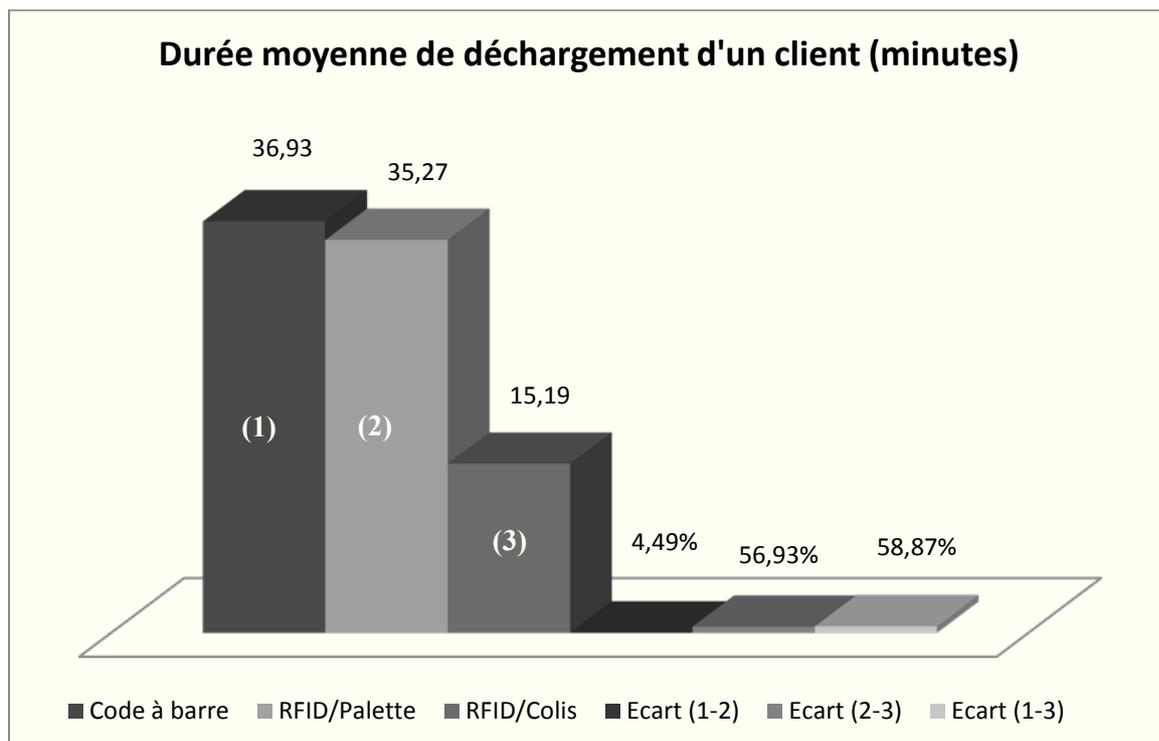


Figure 41 : Durée moyenne de déchargement d'un client

### 5.8.1.3. Au niveau de la Supply chain totale

⇒ **Axe de performance : Réactivité**

- Délai totale de livraison

Le délai total de livraison est le temps compris entre le chargement du camion et la réception de la marchandise chez le client. Nous n'avons pas intégré dans le calcul, les temps de préparation

des palettes car le processus s'effectue la veille de la livraison et n'affecte donc pas le délai de la livraison totale.

Le délai moyen de livraison baisse d'environ 9 minutes (0,15 heures) entre le scénario code à barre et le scénario RFID sur palette (Figure 42). La diminution du temps enregistrée entre ces deux scénarii est due aux gains de temps enregistrés lors du contrôle des palettes pendant les processus de chargement (1.11.3-1.11.4) et de déchargement (1.13.4). Il est à noter qu'à ce niveau de l'utilisation de la RFID, le contrôle par référence (colis) reste inchangé.

Entre les scénarii (1-3) et (2-3), la réduction du temps enregistrée est plus importante et avoisine respectivement 69 minutes (22,35%) et 60 minutes (20,04%). Ce gain est significatif car il englobe le contrôle physique des palettes lors du chargement /déchargement (1.11.3-1.11.4-1.13.4) en plus de la vérification de tous les colis lors du processus de réception (1.13.7).

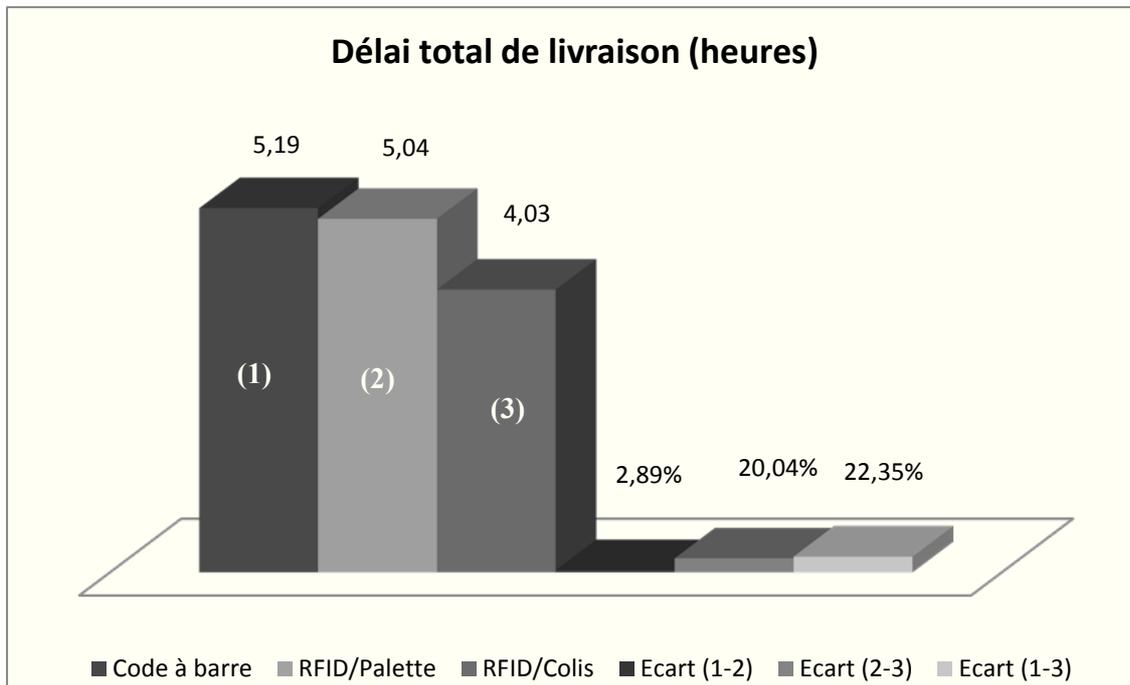


Figure 42 : Délai totale de livraison

### 5.8.2. Simulation avec intégration d'aléas

L'intérêt de la simulation avec intégration d'aléas est d'évaluer l'apport de l'application de la technologie RFID, lors du transport, sur la performance de la Supply Chain en évaluant la réaction du système suite à l'observation de certaines dérives enregistrées pendant l'acheminement du produit vers les clients.

Le pilotage du transport des produits est indissociable de l'identification des événements. Leur mise en évidence permet de mettre en place des actions correctives en temps réel. Ainsi, nous mettons en exergue les différentes typologies des événements existants et nous dressons un focus sur les règles de pilotage à préconiser.

5.8.2.1. Identification des évènements

Nous avons présenté dans le **Tableau 6**, une typologie d'évènements classés suivant les processus auxquels ils sont associés.

Nous nous intéressons dans notre travail à évaluer la réaction de la Supply Chain suite à l'occurrence d'aléas pouvant être observés lors du routage du produit. Ces aléas sont liés soit aux produits, aux ressources ou à l'environnement (**Figure 43**). Nous citons les évènements observés suivants : le vol, la détérioration des produits (casse, dépassement de seuil de température), la panne camion, les accidents, l'indisponibilité des chauffeurs, la congestion, la déviation, les conditions climatiques, l'apparition d'une demande urgente, l'annulation de commande, le changement de lieu /heure de livraison, etc.

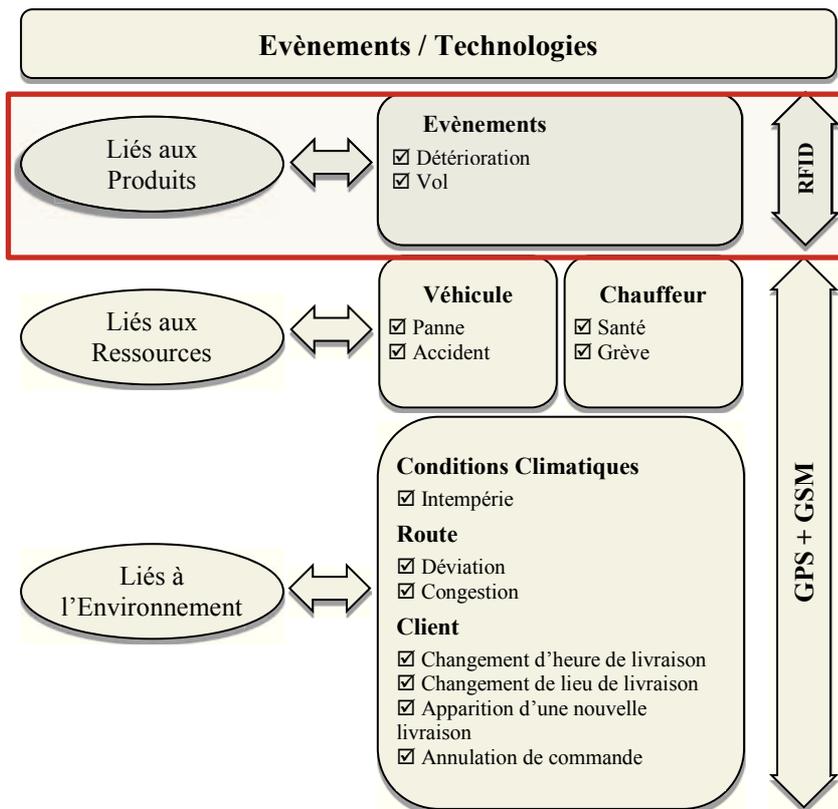


Figure 43 : Évènements liés à la simulation

Nous, nous intéressons au pilotage orienté produit, ce qui nous amène à prendre uniquement en compte les évènements que les produits peuvent rencontrer durant leur routage vers les clients en l'occurrence, le vol et/ou la détérioration de la marchandise. L'évènement de la détérioration a été déclenché aléatoirement avec une probabilité d'occurrence de 1% pour tous les scénarii. Concernant le vol, l'aléa a été injecté aléatoirement avec des probabilités de 0,5% pour le scénario du code à barre, 0,2% pour le scénario RFID sur palette et 0,15% pour le scénario RFID sur colis. (**Tableau 24**).

Lors de l'occurrence de ces évènements, nous déclenchons une commande urgente et positionnons un conducteur disponible pour réaliser cette livraison exceptionnelle. Cette règle de gestion correspond à ce que font les entreprises étudiées lorsqu'elles sont confrontées à ces dysfonctionnements.

Dans cette étape de la simulation, nous avons calculé pour les trois scénarii , le temps de réponse de la chaine logistique qui correspond au retard engendré par l'occurrence des évènements.

### 5.8.2.2. Résultats de simulation avec intégration d'aléas

#### *Cas de détérioration de marchandises : casse, dépassement de température*

⇒ **Axe de performance : Flexibilité**

- Le temps de réponse de la Supply Chain

D'après la [Figure 44](#), le gain de temps est respectivement de 21,97% entre les scénarii (1-2) et de 26,14% les scénarii (1-3) suivant l'emplacement du RFID au niveau de la palette ou du colis. En effet, en introduisant la technologie RFID , l'aléa est détecté instantanément et les actions correctives sont plus rapidement prises par les gestionnaires. Les processus sont plus réactifs grâce à l'automatisation ce qui explique la réduction du retard enregistré pour répondre au client en comparaison avec le scénario code à barre.

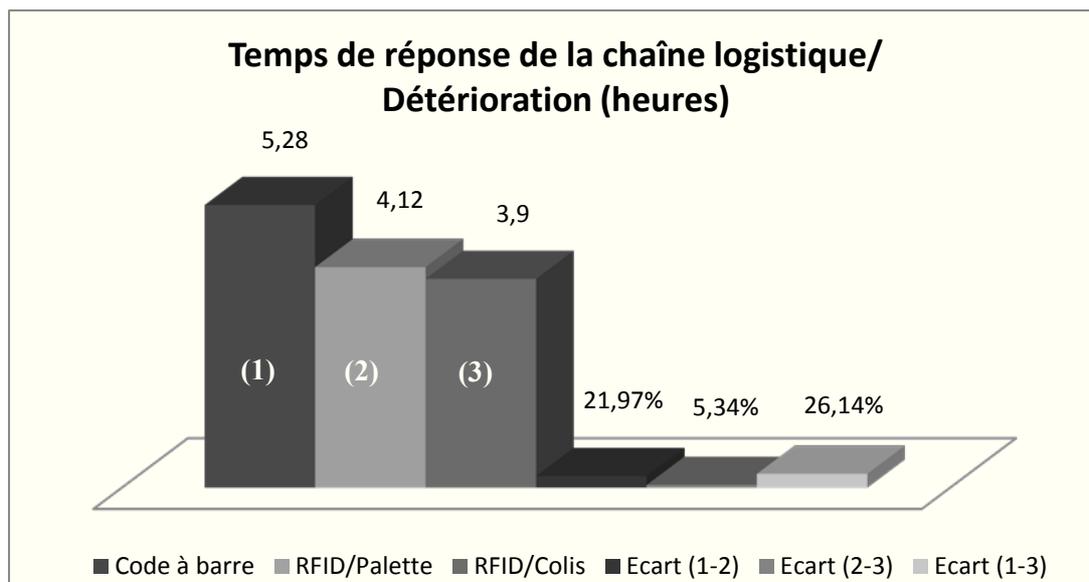


Figure 44 : Temps de réponse de la chaîne logistique / Cas de détérioration

#### *Cas de Vol (colis)*

Concernant l'évènement du vol, nous remarquons que la probabilité de son occurrence est dégressive suivant les scénarii. L'intégration de la technologie RFID a un effet dissuasif sur le phénomène de vol, ce qui explique les probabilités d'occurrence choisies. Au même titre que la détérioration, la [Figure 45](#) montre que le temps de réponse de la Supply Chain dans le scénario de la RFID est plus rapide que celui du scénario du code à barre.

Ce gain de temps est estimé respectivement à 28,03% entre les scénarii (1-2) et à 45,67% entre les scénarii (1-3). Il est à noter que la détection du vol n'est instantannée que dans le scénario 3

où la RFID est apposée sur le colis. Dans les scénarii 1 et 2, le vol des colis n'est révélé qu'une fois arrivé chez le client.

Le gain de temps constaté est le résultat d'une détection rapide de l'anomalie, de la mise en place réactive des actions correctives ainsi que la réactivité des processus suite à l'automatisation issue de l'application de la technologie RFID.

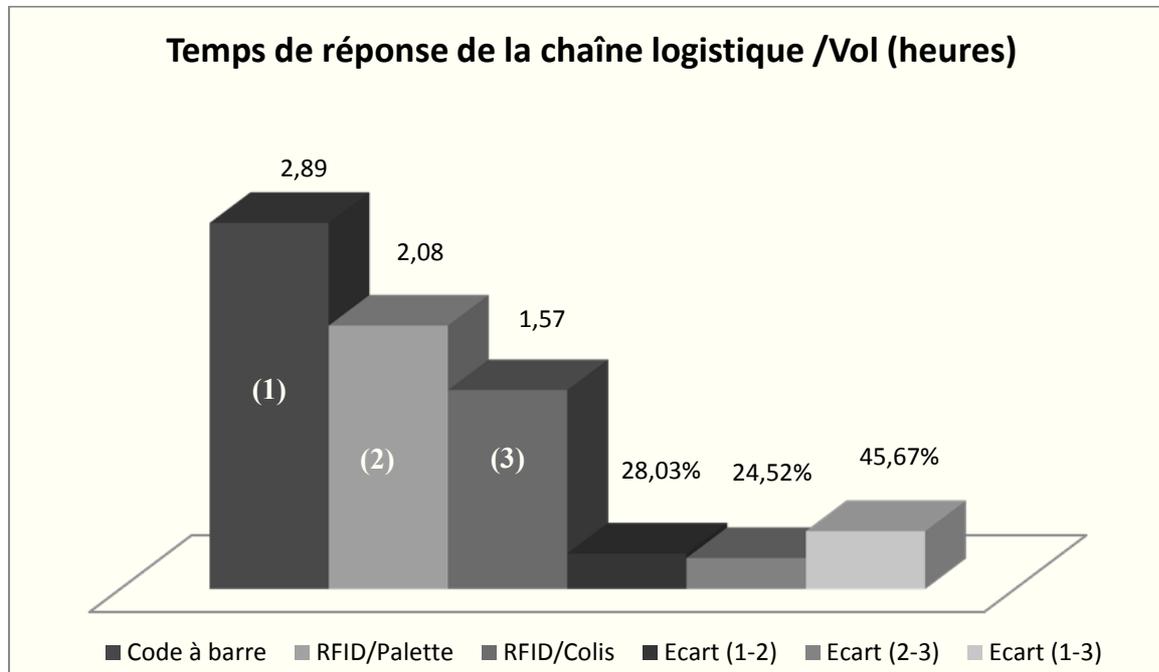


Figure 45 : Temps de réponse de la chaîne logistique / Cas du vol

Dans le [Tableau 28](#), nous présentons une synthèse de tous les résultats obtenus de la simulation.

### 5.9. Synthèse des résultats

La simulation que nous avons effectuée compare trois situations : système avec code à barre, RFID sur palette et RFID sur colis. Pour chaque scénario, nous avons mesuré un certain nombre d'indicateurs en simulant le cas où aucun aléa n'est enregistré et celui où certains événements rencontrés lors du transfert des produits sont introduits aléatoirement.

La simulation proposée est pertinente car elle aborde la modélisation de la fonction transport et des aléas pouvant être observés à ce stade de la Supply Chain, au moment où la grande majorité des simulations dans la littérature se penchent principalement sur la RFID utilisée dans les problématiques d'entreposage et de gestion d'inventaires.

Les impacts directs de l'application de la technologie RFID ont été étudiés en fonction du niveau de granularité auquel les produits sont étiquetés, dans notre cas, la palette et le colis. Les résultats ont montré ce qui suit :

Tableau 28 : Synthèse des résultats de la simulation

Axe Performance	Indicateurs performance	Code Barre (1)	RFID Palette (2)	RFID Colis (3)	Écart (1-2)	Écart (2-3)	Écart (1-3)
<b>Simulation sans intégration d'aléas</b>							
Réactivité (minutes)	Durée moyenne préparation palette homogène	4,24	4,24	2,50	0,00 (0%)	1,73 (41,04%)	1,73 (41,04%)
	Durée moyenne préparation palettes hétérogènes	12,18	12,18	8,43	0,00 (0%)	3,75 (30,79%)	3,75 (30,79%)
	Durée moyenne chargement/camion	42,77	38,71	38,71	4,06 (9,49%)	0,00 (0%)	4,06 (9,49%)
	Durée moyenne déchargement/client	36,93	35,27	15,19	1,66 (4,49%)	20,08 (56,93%)	21,77 (58,94%)
	Temps moyen de livraison	311,4	302,4	241,8	9 (2,89%)	60,6 (20,04%)	69 (22,35%)
Capacité d'utilisation de ressources	Taux d'utilisation préparateurs de commandes	0,74	0,74	0,47	(0%)	(36,49%)	(36,49%)
	Taux d'utilisation opérateurs de chargement	0,51	0,45	0,45	(11,76%)	(0%)	(11,76%)
<b>Simulation avec intégration d'aléas</b>							
Flexibilité (heures)	Temps de réponse Supply Chain (détérioration)	5,28	4,12	3,9	1,16 (21,97%)	0,22 (5,34%)	1,38 (26,14%)
	Temps de réponse Supply Chain (vol)	2,89	2,08	1,57	0,81 (28,03%)	0,51 (24,52%)	1,32 (45,67%)

▪ **Code à barre Vs RFID sur Palette :**

En comparaison avec le scénario code à barre, les résultats de la simulation révèlent que l'introduction de la RFID sur palette a un impact important sur les durées de chargement, de déchargement et le délai total de livraison.

Des gains de temps sont enregistrés car le contrôle est automatisé et se déroule au même temps que le déplacement des palettes vers les camions lors du chargement ou vers les zones de déchargement.

Les activités de préparation de commandes ne sont pas concernées par la réduction du temps car les colis dans ce scénario ne sont pas tagués avec des puces RFID et le processus de préparation reste inchangé par rapport au scénario code à barre.

La technologie RFID dans ce scénario améliore la visibilité et la traçabilité des palettes de l'entrepôt jusqu'au client final. La technologie détecte les vols des palettes, les détériorations et

accélère le contrôle physique des palettes grâce à une identification automatique. Cependant, dans ce scénario, la technologie ne peut pas identifier les colis à l'intérieur des palettes. La visibilité du contenu de la palette ne change pas par rapport au scénario avec code à barre.

La RFID sur palette impacte également la capacité d'utilisation des opérateurs de chargement. Grâce à l'automatisation des processus, le taux d'occupation des opérateurs de chargement est plus faible. Ceci peut laisser envisager une possibilité d'optimisation d'allocation de ces ressources.

- **Code à barre Vs RFID sur colis**

Dans le scénario RFID sur colis, le gain de temps est beaucoup plus important et concerne tous les processus depuis la préparation de commandes jusqu'à la livraison chez le client. La RFID impacte largement les durées de préparation de commandes, chargement, déchargement et le délai de livraison. Les retombées de la technologie RFID sont très significatives notamment lors de la préparation des palettes hétérogènes et la vérification de la conformité de la commande lors du déchargement car le contrôle s'effectue par référence (colis par colis). Ces activités sont consommatrices de temps et la technologie RFID placée au niveau du colis permet un gain de temps considérable grâce à la vérification automatique de ces unités, à l'identification simultanée et à distance de plusieurs tags sans nécessité de contact directe, à la localisation rapide des produits dans l'entrepôt et à la suppression de certaines activités.

La RFID sur colis améliore la visibilité et la traçabilité de ces derniers en supprimant le contrôle aléatoire de la température des palettes et la vérification par échantillonnage avant le filmage. Les produits sont contrôlés dans leur totalité.

La technologie détecte les vols, les détériorations et accélère le contrôle physique jusqu'au niveau du colis. Néanmoins, à ce stade, la technologie n'assure pas la visibilité du contenu des colis (Item).

Outre, le taux d'utilisation des opérateurs de chargement, la RFID sur colis influe également sur le taux d'utilisation des préparateurs de commandes. Le contrôle automatique des processus permet de réduire le temps d'occupation des préparateurs de commandes ce qui laisse envisager une possibilité d'optimisation d'allocation de ces ressources.

- **RFID sur palette Vs RFID sur colis**

En comparaison avec le scénario RFID sur palette, la RFID sur colis permet de réduire les temps de préparation des palettes homogènes / hétérogènes, de déchargement et le temps moyen de livraison. Grâce à l'automatisation, la RFID sur colis influe également sur le taux d'utilisation des préparateurs de commandes. En revanche, nous ne notons aucun changement quant aux processus liés au chargement.

La RFID sur colis offre également une meilleure visibilité du contenu de la palette.

### Conclusion Générale et perspectives de recherche

L'environnement actuel des entreprises est caractérisé par l'arrivée de plusieurs événements inattendus. Face à cette incertitude, les entreprises se voient dans l'obligation de s'adapter à l'instabilité et de répondre rapidement aux différents aléas. Pour cela, elles doivent disposer d'une information continue leur assurant une meilleure visibilité et traçabilité des produits sur la totalité de la Supply Chain. L'accessibilité à l'information est devenue possible grâce au développement des Technologies de l'Information et de la Communication « TIC » et plus particulièrement, à l'émergence des technologies de capture et d'identification automatique des données.

Les technologies d'identification automatique et plus spécifiquement, les technologies RFID se sont répandues de par leurs coûts en baisse, la miniaturisation de leur taille, la standardisation, etc. Les étiquettes RFID sont utilisées dans divers domaines de gestion des relations humaines, de sécurité, de gestion des actifs et de gestion des chaînes logistiques.

Lors du routage des produits, de nombreux événements peuvent survenir : apparition d'une nouvelle demande, perte de produits, retard, dépassement du seuil de température, erreur de livraison, etc. Afin de pallier ces perturbations, les Technologies de l'Information et de la Communication « TIC » sont utilisées dans le but d'équiper les produits transportés d'une certaine intelligence leur permettant de stocker de l'information et de communiquer avec leur environnement. L'objectif de ce travail était de mettre en exergue l'apport de l'application de la technologie RFID à des fins de pilotage orienté produit où l'information émane du produit grâce à l'identification automatique pour être diffusée aux différents partenaires. Cette information est utilisée pour garantir une visibilité et une traçabilité continues nécessaires à l'organisation des activités logistiques et à la sécurisation des produits transportés.

Dans cette étude nous avons proposé, en utilisant une approche par simulation à événements discrets, une comparaison quantitative entre les performances d'une Supply Chain réelle adoptant le code à barre et son évolution en une organisation dotée de la technologie RFID. Nous avons porté une attention particulière à la réaction de la Supply Chain suite à l'occurrence d'aléas pouvant être observés lors du transfert des produits vers les clients afin d'évaluer les performances réalisées avant et après l'intégration de la technologie RFID.

Nous avons commencé notre manuscrit par une présentation détaillée des différentes Technologies de l'Information et de la Communication afin de mettre en relief le rôle important qu'elles occupent en termes de visibilité de l'information, de traçabilité et de gestion de l'incertitude.

Le chapitre 2 a fourni un état de l'art sur la technologie RFID considérée comme l'une des solutions les plus prometteuses des technologies d'identification et de capture des données. Nous avons cerné à travers ce chapitre, les avantages et les limites de la RFID en la comparant aux autres technologies concurrentes. Le chapitre avait également pour objectif de présenter les applications de la RFID dans les différents domaines de la Supply Chain. Nous avons analysé un certain nombre d'articles en s'appuyant sur deux critères : les différents apports liés à l'utilisation de la RFID en Supply Chain et les méthodologies suivies pour évaluer les retombées de son application.

L'analyse de ces articles a montré que la technologie RFID est essentiellement utilisée pour le partage d'information, la gestion de production, la gestion d'inventaires et d'entrepôt, le transport et la logistique des retours. Les méthodologies les plus adoptées pour évaluer les

## Conclusion Générale

---

performances réalisées dans ces différents domaines sont les méthodes analytiques, la simulation, les expérimentations et les études de cas.

Nous avons constaté à travers l'état de l'art que la problématique la plus traitée par les auteurs est celle de la gestion des inventaires. La communauté scientifique s'est beaucoup intéressée aux apports de la technologie RFID à améliorer l'inexactitude des inventaires et la politique de réapprovisionnement. Les auteurs ont également étudié l'impact de l'utilisation de la RFID dans le domaine de la production. L'intérêt a porté principalement sur le suivi des produits dans les ateliers d'assemblage et le contrôle qualité. Les recherches relatives à l'utilisation de la RFID dans le domaine du transport restent moins explorées en comparant avec les autres domaines de la Supply Chain, d'où l'intérêt de cette thèse. Il était question de répondre à la problématique d'évaluer l'impact de la technologie RFID, appliquée au transport, sur les performances de la Supply Chain globale.

Dans le chapitre 3, nous avons exposé l'importance de la phase de modélisation et l'intérêt de bien choisir le modèle utilisé pour réaliser cette étape. Nous avons réalisé un état des lieux des principaux outils de modélisation existants et nous les avons comparés en s'appuyant sur certains critères. A l'issue de cette comparaison, nous avons repéré les modèles qui permettent de proposer une cartographie des processus physiques et informationnels tout en prenant en compte l'aspect dynamique et la gestion événementielle. Nous avons opté pour le modèle SCOR jumelé au diagramme d'activité d'UML pour modéliser les différents processus et flux d'information liés à la Supply Chain.

Le chapitre 4 a été consacré à décrire le cadre d'expérimentation qui nous a permis de valider les choix que nous avons retenus lors des chapitres théoriques : cadre de modélisation, méthodes et outils d'évaluation de la performance. Nous y avons présenté l'approche scientifique et technique du projet ainsi que son périmètre et ses limites. Nous avons également fourni des informations relatives aux entreprises faisant objet de l'étude en l'occurrence GT-SA et Martin-Brower.

Dans ce chapitre, nous avons modélisé les processus tels qu'ils sont exécutés au niveau des entreprises partenaires du projet. Nous avons également décrits les différents changements impactant la structure suite à l'intégration de la technologie RFID. Cette modélisation a constitué la base sur laquelle nous nous sommes appuyés pour réaliser l'étape de la simulation abordée en chapitre 5.

Dans le dernier chapitre, nous avons mis en évidence les retombées de l'application de la technologie RFID dans les différents processus depuis la préparation de commandes jusqu'à la livraison en s'attardant principalement sur la réaction de la Supply Chain suite à l'occurrence de certains aléas pouvant survenir lors du transfert du produit vers les clients.

Nous avons construit un modèle détaillé de simulation en utilisant le logiciel ARENA. Ce modèle a découlé directement de la modélisation conceptuelle décrite par le modèle SCOR et le diagramme d'activité d'UML. Les processus simulés sont la préparation de commandes, le chargement des camions au niveau du centre de distribution « Martin-Brower », le routage par l'entreprise de transport « GT-SA » et enfin le déchargement et la réception de la marchandise chez les clients « restaurants McDonald's ». Le modèle développé a offert la possibilité d'étudier une multitude de scénarii : utilisation du code à barre, la RFID appliquée au niveau de la palette et la RFID appliquée au niveau du colis. Pour chaque scénario, nous avons mesuré un certain nombre d'indicateurs liés principalement à la réactivité, la capacité d'utilisation de

ressources et la flexibilité. Nous avons introduit aléatoirement certains aléas observés lors du routage : vol et détérioration de marchandise.

Les impacts de l'application de la technologie RFID ont été mesurés en fonction du niveau de granularité auquel les produits sont tagués, dans notre cas, la palette et le colis. Ces impacts se traduisaient par l'accélération et / ou la suppression de certaines tâches liées principalement à la vérification et au contrôle. Les résultats de la simulation ont montré que l'étiquette RFID apposée sur la palette permet de réduire les durées de chargement, de déchargement et par conséquent, le délai total de livraison. Ces gains de temps sont réalisés grâce à la vérification automatisée des palettes. La technologie RFID permet également de réduire le taux d'occupation des opérateurs de chargement. Dans un souci d'optimisation, cette diminution peut conduire à une éventuelle réaffectation des ressources. Dans ce scénario, la technologie RFID détecte les vols et les détériorations. Cependant, la visibilité du contenu de la palette (colis) ne change pas comparativement au scénario avec le code à barre.

Dans le scénario RFID sur colis, le gain de temps est beaucoup plus important et concerne tous les processus depuis la préparation de commandes jusqu'à la livraison. La RFID impacte sensiblement les durées de préparation de commandes, chargement, déchargement et le délai de livraison. Les apports de la technologie RFID sont très significatifs notamment lors de la préparation des palettes hétérogènes et la vérification de la conformité de la commande lors du déchargement. Ces activités sont consommatrices de temps car le contrôle s'effectue par référence (colis par colis). La technologie RFID fournit un gain de temps considérable grâce à la vérification automatique de ces unités, à la localisation rapide des produits dans l'entrepôt, à l'identification simultanée et à distance de plusieurs tags sans nécessité de contact direct. La RFID sur colis améliore la visibilité et la traçabilité en supprimant le contrôle par échantillonnage avant le filmage, le contrôle aléatoire de la température des palettes. Les produits peuvent être entièrement contrôlés. La technologie détecte les vols, les détériorations et accélère le contrôle physique jusqu'au niveau du colis. Néanmoins, à ce stade, la technologie n'assure pas la visibilité du contenu des colis (Item).

En plus du taux d'utilisation des opérateurs de chargement, la RFID sur colis impacte également le taux d'utilisation des préparateurs de commandes. Le contrôle automatique des processus permet de réduire le temps d'occupation des préparateurs de commandes ce qui laisse envisager une possibilité d'optimisation d'allocation des ressources.

### Limite de l'étude

La première limite de cette thèse se situe au niveau de la structure de la Supply Chain considérée. Nous nous sommes intéressés à une Supply Chain aval composée de 3 niveaux avec un acteur unique pour chaque niveau. Ce choix de structure est intéressant, cependant, il est difficile de pouvoir généraliser les résultats de recherche à des réseaux logistiques plus complexes.

La deuxième limite de ce travail concerne les indicateurs de performance retenus. Nous avons évalué l'impact de l'utilisation de la technologie RFID en se basant sur des indicateurs liés à la réactivité, la capacité d'utilisation des ressources et à la flexibilité. Ces indicateurs sont pertinents et peuvent se traduire facilement en indicateurs économiques en prenant les bases associées aux coûts de l'utilisation des ressources. Nous n'avons pas poussé l'évaluation dans ce sens, Nous aurions pu effectuer l'analyse du retour sur investissement dans le cadre de l'expérimentation, il aurait fallu corrélérer les coûts d'investissement et de fonctionnement des deux systèmes proposés. Nous n'avons pas suivi cette démarche plus lourde à mettre en place.

## Conclusion Générale

---

Nous avons mesuré la réaction de la Supply Chain en se focalisant uniquement sur les évènements observés lors de l'acheminement du produit vers les clients en l'occurrence : le vol et la détérioration de la marchandise. D'autres aléas peuvent être introduits pour une analyse plus approfondie telles que les erreurs de chargement et de déchargement.

Lors d'occurrence des évènements, nous avons supposé que l'entreprise déclenche automatiquement une commande urgente afin de livrer au client la quantité des produits concernée par l'aléa. Afin d'étudier tous les cas possibles, d'autres règles de pilotage sont à envisager.

Afin de simplifier l'étude, nous avons écarté de notre analyse les problèmes liés à la technologie. Nous avons supposé que le taux de lecture de la RFID est de 100%. Dans la réalité, la lecture des tags RFID n'est pas aussi parfaite.

## Perspectives de recherche

À la suite de ces travaux de thèse, plusieurs perspectives pourraient s'ouvrir à la recherche. Nous proposons plusieurs pistes de recherche complémentaires sur plusieurs niveaux :

Il serait intéressant de poursuivre ce travail et d'analyser un cas de Supply Chain plus complexe. Il serait pertinent d'étudier la configuration (Cross Docking) où les produits sont éclatés pour être regroupés dans d'autres palettes. L'intérêt de la RFID dans cette configuration est très important. Nous avons écarté les problématiques liées à la gestion des stocks et des produits au niveau des entrepôts en supposant que ce genre d'erreurs est inexistant au sein de l'entreprise. L'étude peut être ainsi complétée par l'intégration de ce type de problématiques.

Pour approfondir l'analyse. Il serait judicieux d'utiliser des indicateurs de performance de niveau stratégique, opérationnel et tactique. Il est primordiale d'introduire à notre étude le calcul des coûts et les bénéfices réalisés. Il est toujours difficile d'évaluer avec précision les coûts d'implémentation de la RFID. Une étude de retour sur investissement (ROI) serait pertinente.

Les scénarii simulés étaient la technologie RFID apposée sur la palette et le colis. Il serait intéressant d'approfondir le degré de granularité jusqu'au produit (Item) pour mesurer les retombées de l'application de la RFID en termes de performance.

En plus des aléas étudiés dans ce travail de recherche. Nous pouvons étendre cette étude par l'introduction d'autres évènements tels que les erreurs de chargement/déchargement (palette supplémentaire, mauvaise palette ou palette manquante). Outre le déclenchement de commande urgente, nous pouvons envisager d'autres règles de gestion tels que le débordement et la réaffectation des ressources. S'il existe une plate-forme proche le transporteur se déplace vers la plate-forme pour remplacer la marchandise défectueuse. Si dans le voisinage du camion, il existe une ressource susceptible d'effectuer la commande aux clients celle-ci sera réaffectée. Cette décision nécessite d'intégrer dans le recalcul du trajet une nouvelle destination. D'autres aléas d'ordre techniques pourraient être introduits à l'étude tel que le problème de lecture des tags.

### Bibliographie

- ACNOS. (1996). *Intégration des activités non structurées dans la modélisation des systèmes de production ; rapport final* , Action incitative du DSPT8 – Ministère chargé de la recherche – en productique.
- Adhitya, A., Srinivasan, R., & Karimi, I.A. (2007). A Model-Based Rescheduling Framework for Managing Abnormal Supply Chain Events . *Computers and Chemical Engineering*, vol.31, n°5, pp.496-518.
- Agrawal, S., Sengupta, R.N., & Shanker, K. (2009).“Impact of information sharing and lead time on Bullwhip effect and on-hand inventory”. *European Journal of Operational Research*, vol.192, n°2, pp.576-593.
- Aitken, James M. (1998).Supply Chain Integration within the Context of a Supplier Association : Case Studies of Four Supplier Associations. Ph.D., Cranfield University.
- Alexander, K., Gilliam, T., Gramling, K., Grubelic, C., Kleinberger, H., Leng, S., Moogimane, D., & Sheedy, C. (2002). “IBM business consulting services applying Auto-ID to reduce losses associated with shrink”. *Tech. rep., Auto-ID center*.
- Amrani-Zouggar, A. (2009).Impact des contrats d’approvisionnement sur la performance de la chaîne logistique : Modélisation et simulation , Thèse de doctorat, Spécialité productique, Université Bordeaux 1.
- Anderson, D.L., & Lee, H.L. (2000). The Internet-Enabled Supply Chain: Fromthe “First Click” to the “Last Mile”. *In: Achieving supply chain excellence through technology*, Montgomery Research, San Francisco, CA, vol.2, pp.15-22,
- Asif, Z., & Mandviwalla, M. (2005).Integrating the Supply Chain with RFID: a technical and business analysis . *Communications of the Association for Information Systems*, vol.15, n°24, pp.393–426.
- Atali, A., Lee, H.L., & Ozer, O. (2006).If the inventory manager knew: Value of RFID under imperfect inventory information . *Tech. rep., Graduate School of Business*, Stanford University,
- Aviv Y. (2001).The Effect of Collaborative Forecasting on Supply Chain Performance , *Management Science*, vol.47, n°10, pp.1326-1343.
- Baglin, G., Bruel, O., Garreau, A., Greif, M., Kerbache, L., & Delft, C.V. (2007). Management industriel et logistique, *Edition Economica, 5ème Edition*, Paris, 750p.
- Bailey, K., & Francis, M. (2008). “Managing information flows for improved value chain performance”, *International Journal of Production Economics*, n°111, pp.2-12.
- Baishun, S., & Baoding, Z. (2011). “The application of MES in electronic assembly industry based on RFID”. *In: 2nd International Conference on Artificial Intelligence, Management Science and Electronic Commerce (AIMSEC)*, pp.1604–1607

## Bibliographie

---

- Ballin, N. Z. (2010). Authentication of meat and meat products . *Meat Science*, 86 (3), pp.577-587.
- Ballou, R.H. (1987). “*Basic business logistics: transportation, materials management, physical distribution.*” Prentice Hall Professional.
- Ballou, R.H. (1992). *Business Logistics Management*, Prentice-Hall Inc Englewood Cliffs, New Jersey.
- Banks, J. (1998). “Principles of Simulation”. *In Handbook of simulation*, Edited by J. Banks, Chapter 1, pp. 3–30. John Wiley & Sons.
- Banks, J., Carson, J.S., Nelson, B.L., & Nicol, D.M. (2010). “*Discrete-Event System Simulation*”. 5th ed. Upper Saddle River, New Jersey : Prentice Hall.
- Banterle, A., & Stranieri, S. (2008). The Consequences of Voluntary Traceability System for Supply Chain Relationships. An Application of Transaction Cost Economics, *Food Policy*, vol. 33, n°6, pp.560-569.
- Barlow, A., & Feng, L. (2005). Online value network linkages: Integration, information sharing and flexibility. *Electronic Commerce Research and Applications*, vol.4, n° 2, pp.100-112.
- Barrett, S., & Konsynski, B. (1982). Inter-organization information sharing systems. *MIS Quarterly*. Special Issue 1982.
- Basinger, K. L. (2006). *Impact of Inaccurate Data on Supply Chain Inventory Performance*. PhD thesis, The Ohio State University.
- Bayraktar, E., Demirbag, M., Lenny Koh, S.C., Tatoglu, E., & Zam, H. (2009). A causal analysis of the impact of information systems and supply chain management practices on operational performance: Evidence from manufacturing SMEs in Turkey. *Int. J. production Economics*, n°122, pp.133-149.
- Bayraktar, E., Koh, L.S.C., Gunasekaran, A., Sari, K., & Tatoglu, E. (2008). The role of forecasting on bullwhip effect for E-SCM applications , *International Journal of Production Economics*, n°113, pp.193–204.
- Bayre, J.-L. (2005), *Traçabilité des denrées alimentaires : Exemple d’un système informatisé*, Techniques de l’ingénieur.
- Beamon, B.M. (1998). *Supply chain design and analysis: Models and Methods*, International
- Beamon, B.M. (1999). Measuring supply chain performance. *International Journal of Operations & Production Management*, vol.19, n°3, pp.275-292.
- Bearzotti, A.L., Salomone, E., & Chiotti, O.J. (2012). An autonomous multi-agent approach to supply chain event management, *Int. J. Production Economics*, n°135, pp. 468–478
- Belin-Munier, C. (2008). Etat de la recherche sur le supply chain management et sa performance : une revue de la littérature récente, *Logistique & Management*, vol. 16, n°2, pp. 17-29

## Bibliographie

---

- Bendavid, Y. (2010). *L'impact des technologies RFID sur la gestion des chaînes logistique, Étude des phases en amont des projets d'adoption des technologies RFID pour l'amélioration des chaînes d'approvisionnement*, Editions universitaires européennes, 388p.
- Bendavid, Y. (2012). Positioning RFID technologies in the enterprise information systems portfolio: a case in supply chain management, *IJAIT*, vol 4, no 1, January-June 2012, pp.11-24
- Bensmaine, A., Benyoucef, L., & Sari, Z. (2010). Simulation d'une Chaîne Logistique à échelle réelle sous Arena. International Conference On Industrial Engineering and Manufacturing ICIEM'10, pp. 1-8. Batna, Algeria.
- Berchet C., (2000). Modélisation pour la simulation d'un système d'aide au pilotage industriel, Thèse de doctorat, Institut National Polytechnique de Grenoble.
- Berchet, C., Habchi, G., & Courtois, A. (1999). Pilotage et prise de décision industrielle. *3ème Congrès International de Génie Industriel*, Montréal, Canada., vol. 3, pp. 1955-1964.
- Bernus, P., & Nemes, L. (1996). A framework to define a generic entreprise reference architecture and methodology, *Computer Integrated Manufacturing Systems*, vol.9, n°3, pp. 179-191.
- Berrah, L., Mauris, G., Foulloy, L., & Haurat, A. (2000). Global vision and performance indicators for an industrial improvement approach, *Computers in Industry*, n°43, pp.221-225
- Berry, D., & Naim, M.M. (1994). A systems engineering analysis of information and material flows in a manufacturing company. *Factory 2000 - Advanced Factory Automation, Conference Publication*, n° 398.
- Bescos, P., & Mendoza, C. (1994). Le management de la performance, *Edition Comptables Malesherbes*, Paris.
- Bescos, P.L., Dobler, P., Mendoza, C., & Naulleau, G. (1995). Contrôle de gestion et management, *Editions Montchrestien, Collection Entreprendre*, Guide des techniques et de la décision, Paris,
- Bhagwat, R., & Sharma, M.K. (2007). "Performance measurement of supply chain management: A balanced scorecard approach". *Computers & Industrial Engineering*, n° 53, pp. 43-62.
- Bititci, U.S., Carrie, A.S., & McDevitt, L. (1997). Integrated Performance Measurement Systems: A Development Guide. *International Journal of Operations and Production Management*, vol. 17, n° 6, pp. 522-535.
- Bitton, M., (1990). ECOGRAI: Méthode de conception et d'implantation de systems de mesure de performance pour organisations industrielles – Thèse de doctorat en automatique – Université Bordeaux1.

## Bibliographie

---

- Bogataj, D. & Bogataj, M. (2007). Measuring the supply chain risk and vulnerability in frequency space, *Int. J. Production Economics*, vol.108, pp.291–301.
- Bollon, J.M. (2001). Étude de différentes politiques de pilotage de systèmes de production , Thèse de doctorat, Institut National Polytechnique de Grenoble (INPG),
- Booch ,G., Rumbaugh, J., & Jascobson, I. (2000). Le guide de l'utilisateur UML, Eyrolles, Paris.
- Bottani, E., & Rizzi A. (2008).Economical assessment of the impact of RFID technology and EPC system on the fast-moving consumer goods supply chain . *International Journal of Production Economics*, vol.112, n°2, pp.548–569.
- Bourland, K.E., Powell S.G., & Pyke D.F. 1996. Exploiting timely demand information to reduce inventories . *European Journal of Operational Research*, vol.92, n°2, pp.239-253.
- Bouros, P., Sacharidis, D., Dalamagas, T., & Sellis, T. (2011).Dynamic pickup and delivery with transfers . In *Proceedings of the 12th international conference on Advances in spatial and temporal databases*, pp.112–129. SSTD'11. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag.
- Bowersox, D.J., Closs, D.J., & Stank, T.P. (1999). *21st Century logistics: Making Supply Chain Integration a Reality*. Council of Logistics Management.
- Brahim-Djelloul,S., Estampe,E. et Lamouri,S. (2012). Real-time information management in Supply Chain modelling tools, *International Journal Services Operations and Informatics*, Vol 7, N° 4, 2012.
- Brahim-Djelloul,S., Estampe,E. et Lamouri,S. (2013). Product-oriented transportation using RFID technology : A simulation-based study, *International Conference on Industrial Engineering and Systems Management, IESM*, octobre 2013, Rabat, Maroc.
- Büchel, B., & Raub, S. (2002).Building Knowledge-creating Value Networks . *European Management Journal*, vol.20, n°6, pp.587-596.
- Bui Minh, D. (1998),*Conception et modélisation objet des systèmes temps réel* , Edition Eyrolles, Paris, 341p.
- Burlat, P., & Boucher, X.(2003).Une utilisation de la théorie des sous-ensembles flous pour le calcul d'indicateurs de performances . In *Actes de la Quatrième Conférence de Modélisation et Simulation - Organisation et Conduite d'Activités dans l'Industrie et les Services (MOSIM'03)*.Toulouse, France.
- Bussmann, S., & McFarlane, D. (1999).Rationales for holonic manufacturing control . In *Proc. of Second Int. Workshop on Intelligent Manufacturing Systems, (IMS'99)*, pp.177–184.
- Bussmann, S., & Schild, K. (2000).Self-organizing manufacturing control: An industrial application of agent technology . In *Proceedings of Fourth International Conference on MultiAgent Systems, (MAS'00)*, pp.87-94. Boston, MA.

## Bibliographie

---

- Cachon G. P., & Fisher M. (2000). Supply chain inventory management and the value of shared information . *Management science*, vol.46 n°8, pp.1032-1048. Univ of Pennsylvania, USA.
- Cachon, G.P., & 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.
- Çakıcı, E.Ö., Groenevelt, H., & Seidmann, A. (2011), Using RFID for the management of pharmaceutical inventory — system optimization and shrinkage control , *Decision Support Systems*, vol.51, n°4, pp.842–852.
- Cannon, A.R., Reyes, P.M., Frazier, G.V. & Prater, E.L. (2008). RFID in the contemporary Supply Chain: multiple perspectives on its benefits and risks . *International Journal of Operations & Production Management*, vol.28, n°5, pp.433–454.
- Cardin, O., Castagna, P., & Chové, É. (2008). La simulation pour l'aide au pilotage des systèmes contrôlés par le produit . In *Actes de la 7e Conférence Francophone de MODélisation et SIMulation-MOSIM'08*, Paris.
- Caulkins, J. P., Morrison, E. L., & Weidemann, T. (2005). Spreadsheet Errors and Decision Making: Evidence from Field Interviews . *Heinz Research*.
- Cauvin, A.C.A., Ferrarini, A.F.A., & Tranvouez, E.T.E. (2009). Disruption management in distributed enterprises: A multi-agent modelling and simulation of cooperative recovery behaviours . *International Journal of Production Economics*, vol.122, n°1, pp.429–439.
- Cea A., & Bajic E. (2004), Ambient Services for Smart Objects in the Supply Chain Based on RFID and UPnP Technology , Proceedings of the Third Conference on Management and Control of Production and Logistics MCPL'04. Santiago du Chili
- CEN - Comité Europeen de Normalisation. (2001) Enterprise Integration–Framework for Enterprise Modeling, European Committee for Standardization.
- Chan, F.T.S. (2003). Performance Measurement in a Supply Chain . *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, vol.21, no.7, pp.534-548.
- Chan, F.T.S., & Qi, H. J. (2003). Feasibility of performance measurement system for supply chain: a process-based approach and measures . *Integrated Manufacturing Systems*, vol.14, n°3, pp.179-190.
- Chan, H.K., & Chan, F.T.S. (2006). Early order completion contract approach to minimize the impact of demand uncertainty on supply chains . *IEEE Transactions on Industrial*, vol.2, n°1, pp.48-58.
- Chao, C.C., Yang, J.M., & Jen, W.Y. (2007), Determining technology trends and forecasts of RFID by a historical review and bibliometric analysis from 1991 to 2005 . *Technovation*, vol.27, n°5, pp.268–279.
- Chatfield, D.C., Kim, J.G. & Harris, 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.

## Bibliographie

---

- Chen ,F., Drezner, Z., Ryan, J.K., & Simchi-Levi D. (2000). Quantifying the bullwhip effect in a simple supply chain: the impact of forecasting, lead times, and information . *Management Sciences*, vol.46, n°3, pp.436-443.
- Chen F., & Yu B. (2005). Quantifying the Value of Leadtime Information in a Single-Location Inventory System . *Manufacturing Service Operations Management* vol.7, n°2, pp.144-151.
- Chen, D., Vallespir, B., & Doumeingts, G. (1997). GRAI integrated methodology and its mapping onto generic enterprise reference architecture and methodology . *Computers in industry*, vol.33, n°2, pp. 387–394.
- Chen, M.C., Yang, T., & Yen, C.-T. (2007). Investigating the value of information sharing in multi-echelon supply chains . *Quality & Quantity*. vol.41, n°3, pp.497-511.
- Chen, R.-S., & Tu. M.A. (2009), Development of an agent-based system for manufacturing control and coordination with ontology and RFID technology . *Expert Systems with Applications*, vol.36, n°4, pp.7581–7593.
- Cheng, J.-H., (2011). Inter-organizational relationships and information sharing in supply chains . *International Journal of Information Management*, vol.31, n°4, pp.374–384
- 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.
- Cheung, B.K.S., Choy, K.L., Li, C.L., Shi, W., & Tang, J. (2008), Dynamic routing model and solution methods for fleet management with mobile technologies, *International Journal of Production Economics*, vol.113, n°2, pp.694–705.
- Choi, Y., Kang, D., Chae, H., et Kim, K. (2008). An enterprise architecture framework for colloboration of virtual enterprise chains. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology* 35, pp. 1065–1078.
- Choudhury, V. (1997). Strategic Choices in the Development of Interorganizational Information Systems . *Information Systems Research*, vol.8, n°1, pp.1-24.
- Chow, G., Heaver, T.D., & Henriksson, L.E. (1995), Strategy, Structure and performance: A framework for logistics Research, *The logistics and transportation Review*, vol.31, n°4, pp.285-308.
- Chow, H.K.H., Choy, K.L., Lee, W.B., & Lau, K.C. (2006). Design of a RFID case-based resource management system for warehouse operations . *Expert Systems with Applications*. vol.30, n°4, pp.561-576.
- Choy, K.L., Chow, H.K.H., Lee, W.B. & Chan, F.T.S. (2007), Development of performance measurement system in managing supplier relationship for maintenance logistics providers . *Benchmarking: An International Journal*, vol.14, n°3, pp.352-368.
- Choy, K.L., Lee, W.B., Lau, H.C., Lu, W.D., & Lo, V. (2004), Design of an intelligent supplier relationship management system for new product development . *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*, vol.17, n°8, pp.692-715.

## Bibliographie

---

- Christiaanse, E. & Kumar, K. (2000). ICT – Enabled coordination of dynamic supply webs , *International Journal of Physical Distribution & Logistics*, vol. 30, n° 3/4, pp.268-285.
- Christopher M. (1992). *Logistics and Supply Chain Management*, Pitman Publishing, London.
- Christopher M. (1998), *Logistics and Supply Chain Management – Strategies for Reducing Cost and Improving Service*, Pitman Publishing.
- Christopher M. (2005). *Logistics and Supply Chains Management*, Financial Times Prentice Hall.
- Christopher, M. (2011). “Logistics and supply chain management”, *4th ed.*, FT Prentice-Hall, London.
- Christopher, M. (2000). The Agile Supply Chain: Competing in Volatile Markets. *Industrial Marketing Management*, vol.29, n°1, pp.37–44
- Christopher, M., & Ryals, L. (1999). Supply Chain Strategy: Its Impact on Shareholder Value . *The International Journal of Logistics Management*, vol.10, n°1, pp. 1-10.
- Chu, W.H.J., & Lee, C.C. (2006). “Strategic Information Sharing in a Supply Chain”. *European Journal of Operational Research*, vol.174, n°3, pp.1567-1579.
- Cohen, S.H., & Roussel, J. (2005), *Strategic Supply Chain Mangement*, Published in McGraw Hill.
- Colin, J. (2005). Le Supply Chain Management existe-t-il réellement ? , *Revue Française de Gestion*, vol.156, n°3, pp.135-149.
- Colin, J., & Paché , G. (1988). *La Logistique de Distribution : l’Avenir du Marketing* . Chotard et associés.
- Combes L., & Le BIZEC J-M. (2004). RFID démarche de business case pour la supply chain, *Logistique & Management*, vol.12, n°1, pp.41-48.
- Cooper, M.C. & Ellram, L.M. (1993). Characteristics of Supply Chain Management and the Implication for Purchasing and Logistics Strategy. *The International Journal of Logistics Management*, vol.4, n°2, pp.13-24.
- Cortés, C.E., & Matamala, M. (2010). The pickup and delivery problem with transfers: Formulation and a branch-and-cut solution method. *European Journal of Operational Research*. vol. 200, n° 3, pp.711-724.
- Crainic, T.G., & Roy, J. (1988). OR tools for tactical freight transportation planning . *European Journal of Operational Research*. vol. 33, n°3, pp.290–297.
- Croom, S., Romano, P., & Giannakis, M. (2000). Supply Chain Management : An analytical framework for critical literature review . *European Journal of Purchasing & Supply Management*, vol.6, n°1, pp.67-83.

## Bibliographie

---

- Curtin, J., Kauffman R. J., & Riggins, F. J. (2007). "Making the most out of RFID technology: A research agenda for the study of the adoption, usage and impact of RFID", *Information Technology and Management*, vol.8, n°2, pp. 87-110.
- D'Amours, S., Montreuil, B., Lefrancois, P., & Soumis, F. (1999). Networked manufacturing: The impact of information sharing . *International Journal of Production Economics*, vol.58, n°1, pp.63-79.
- Da Silveira, G. & Cagliano, R. (2006). The relationship between interorganizational information systems and operations performance . *International Journal of Operations & Production Management*, vol.26, n°3, pp.232-253.
- David, A., & Pallez, F. (2001). Les systèmes d'information à l'épreuve de l'organisation , Ingénierie des systèmes d'information, In *Cauvet, C., & Rosenthal Sabroux, C., Hermès*, pp.23-60.
- De Corbière, F., Habib, J., Le Du, A.C., Rowe, F., & Takeda, H. (2011). "Information Quality for the Transformation into Green Supply Chain: A Case in the Retail Industry", *sigIQ Workshop, pre-ICIS*, Shanghai, China.
- De Sanctis, G., & Poole, M.S. (1994). Capturing the complexity in advanced technology use: Adaptive structuration theory , *Organization Science*, vol.5,n°2, pp.121-147.
- DeGroot, S.E., Marx, T.G., (2013), The impact of IT on supply chain agility and firm performance: An empirical investigation . *International Journal of Information Management*, vol.33, n°6, pp.909-916.
- Delfmann, W., & Gehring, M.K. (2003), Le rôle des technologies de l'information dans la performance logistique . *Logistique & Management*, vol.11, n°1, pp.5-10.
- DeLoach, J.W., & Andersen A. (Firm). (2000). *Enterprise-Wide Risk Management: Strategies for Linking Risk and Opportunity*. New York: Financial Times Prentice Hall.
- Desroches, A., Leroy A., & Vallée, F. (2007). *La gestion des risques : principes et pratiques* . Hermès Science Publication, édition Lavoisier. Paris.
- Devaraj, S., Krajewski, L. & Wei, J. (2007), "Impact of e-business technologies on operational performance : the role of production information integration in the supply chain", *Journal of Operations Management*, vol.25, n°6, pp.1199-1216.
- Dicesar, F., Harhalakis, G., Proth, J.M., Silva, M., & Vernadat, F.B. ( 1993), "*Practice of Petri nets in manufacturing*" , Chapman & hall. London.
- Dionisi, D. (1998). *L'essentiel sur Merise*, Edition Eyrolles, 272p.
- Dobson, G., & Pinker, J. (2006). The value of sharing lead time information . *IIE Transactions*, vol.38, n°3, pp.171-183.
- Dolgui, A., & Proth, J.-M. (2008). RFID technology in supply chain management: state of the art and perspectives . In *Proceedings of the 17th IFAC World Congress*, pp.6–11.. Seoul, Korea.

## Bibliographie

---

- Dominguez, H., Lashkari, R. S, (2004), “Model for integrating the supply chain of an appliance company: a value of information approach”. *International Journal of Production Research*, vol.42, no11, pp.2113-2140.
- Dong, L., (2008). “Exploring the impact of top management support of enterprise systems implementations outcomes-two cases”. *Business Process Management Journal*, vol.14, n°2, pp.204-218.
- Doumeings, G. (1984). *Méthode GRAI : méthode de conception des systèmes en productique*, Thèse d'état, Automatique, Université Bordeaux 1,
- Doumeings, G., & Vallespir B. (1995), Methodologies for designing CIM systems: A survey . *Computer in Industry*, suppl.3, vol 25, n°3, pp 263-280.
- Doumeings, G., Vallespir, B., Kleinhans S., & Ducq Y. (1998). Performance Indicators and the GRAI Approach , *Conference on performance measurement, theory and practice*, Cambridge, UK, Neely and Waggoner ed., 15-17 Juillet 1998, pp.311-318
- Dupont, L. (2003). Solutions Pratiques : logistique et Supply Chain, questions réponses , *Editions WEKA, Tome 1*
- Duvallet, J., Faghiri, P., & Llerena, D. (2005). Actions sur le marché final et partage d'information dans une chaîne logistique . *6e Congrès International de Génie Industriel – CIGI'05*, vol. 33. Besançon. France.
- El Mhamedi, A., Lerch, Ch., Marier, S., Sonntag, S., & Vernadat, F. (1997). *Intégration des Activités Non Structurées dans la Modélisation des Systèmes de Production* , Rapport final du projet ACNOS. D.S.P.T.8., ENSAIS, Strasbourg.
- Erard, P.J., & Déguénon, P. (1996). *Simulation par événements discrets* . (P.P. et U.R. (PPUR),. Ed. Presses Polytechniques, 436p.
- Evangelista, P. (2002). The role of ICT in the logistics integration process of shipping lines . *Pomorski Zbornik*, vol 40,n°1, pp.61-78.
- Evans, J. R., & Olson, D. L. (1998). “Introduction to Simulation and Risk Analysis”. *Prentice- H, Inc. Upper Saddle River*.
- Evans, N.D. (2003). *Business Innovation and Disruptive Technology: Harnessing the Power of Breakthrough Technology ... for Competitive Advantage* . 2nd edition, Financial Times Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey, 257p.
- Evrard-Samuel, K., Ruel, S., & Spalanzani, A. (2011). Systèmes d'information et résilience des chaînes logistiques globales : Proposition d'un écosystème informationnel , *Cahier de recherche n°2011-02 E5, centre d'études et de recherches appliquées à la gestion, U.M.R.C.N.A.S, 5890*.
- Fabbe-Costes N., & Lemaire C. (2010). L'évolution d'un système de traçabilité totale dans une chaîne logistique : analyse des facteurs d'influence à partir d'une étude longitudinale dans le secteur du fromage pré-emballé , *Économie et Sociétés, Série Systèmes agroalimentaires, AG, n° 32, pp. 9-10*.

## Bibliographie

---

- Fabbe-Costes, N. (2007). La gestion des chaînes logistiques multi-acteurs : Les dimensions organisationnelles d'une gestion lean et agile . Dans *Pache, G. et Spalanzani, A. (Eds.), La gestion des chaînes logistiques multi-acteurs : Perspectives stratégiques*. Hors collection gestion, *Presses universitaires de Grenoble*, pp.19-43.
- Faisal, M.N, Banwet D.K, & Shankar, R. (2006). Supply chain risk mitigation: modeling the enablers , *Business Process Management Journal*, vol.12, n° 4, pp.535-552.
- Farris II, M.T., Wittmann, M., & Hasty, R. (2005). Aftermarket Support and the Supply Chain: Exemplars and implications from the aerospace industry . *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, vol.35, n° 1, pp.6-19.
- Fiala P., (2005), "Information sharing in supply chains", *Omega International Journal of Management Science*, vol°33, n°5, pp.419-423
- Finkenzeller, K. (2003). "RFID-Handbook, Fundamentals and Applications in Contactless Smart Cards and Identification", *2nd edition, John Wiley & Sons Ltd.*, Chichester, West Sussex, 452p.
- Fleisch, E., & Tellkamp, C. (2005). Inventory inaccuracy and supply chain performance: a simulation study of a retail supply chain . *International journal of production economics*, vol.95, n°3, pp.373-385.
- Fleisch, E., & Powell,S.G. (2001). The Value of Information Integration in Meeting Delivery Dates . *Journal of Organizational Computing and Electronic Commerce*, vol.11, n°1, pp.15-30.
- Fleischmann, B., Gnutzmann, S., & Sandvoß, E. (2004). "Dynamic Vehicle Routing Based on Online Traffic Information", *Transportation Science*, vol.38, n°4, pp.420–433.
- Floerkemeier, C., & Lampe, M. (2005). RFID Middleware design: addressing application requirements and RFID constraints . *In Proceedings of the 2005 joint conference on Smart objects and ambient intelligence: innovative context-aware services: usages and technologies (SoC) and European Symposium on Ambient Intelligence (EUSAI'05): innovative context-aware services: usages and technologies*, pp.219-224. New York, USA.
- Flück, B., Burger, R., & Suter, Y.P. (2008). Système d'information : RFID , *HEX Genève*, pp.1-18.
- Forrester, J.W. (1958). "Industrial Dynamics: A Major Breakthrough for Decision Makers". *Harvard Business Review*, vol.36, n°4, pp.37-66.
- Forrester, J.W. (1961). "Industrial Dynamics". *M.I.T. Press, Cambridge (Massachusetts)*.
- Fortuin, L. (1988). Performance indicators -- Why, Where and How ? , *European Journal of Operational Research*, vol.34, n°1, pp.1-9.
- Fosso Wamba,SWamba, F.S. (2009). Les impacts de la technologie RFID et du réseau EPC sur la gestion de la chaîne d'approvisionnement : le cas de l'industrie du commerce de détail , *Thèse de doctorat*, Département Génie industriel, Université de Montréal.

## Bibliographie

---

- Fosso Wamba, F.S., & Boeck, H. (2008). Enhancing information flow in a retail supply chain using RFID and the EPC network. Special Issue on “RFID and Supply Chain Management” , *Journal of Theoretical and Applied Electronic Commerce Research*, vol.3, n°1, pp.92-105.
- Fosso Wamba,S., Wamba, F.S., Lefebvre, L.A., & Lefebvre, É. (2006). “Enabling Intelligent B-to-B eCommerce Supply Chain Management Using RFID and the EPC Network: a Case Study in the Retail Industry”, *ICEC’06*, pp. 281-288. New York, USA.
- Fosso Wamba,S., Wamba, F.S., Lefebvre, L.A., Bendavid, Y. & Lefebvre, É. (2008b). “. From Automatic Identification And Data Capture (AIDC) To “Smart Business Process”: Preparing For A Pilot Integrating RFID” , Dans, S.A. Ahson et M. Ilyas *RFID Handbook: Applications, Technology, Security and Privacy*, chapitre 2, Sous Presse.
- Fosso Wamba,S., Wamba, F.S., Lefebvre, L.A., Bendavid, Y., & Lefebvre, É. (2008a). “Exploring the impact of RFID technology and the EPC Network on mobile B2B eCommerce: a case study in the retail industry”, *International Journal of Production Economics*, vol.112, n°2, pp.614-629.
- Fosso Wamba,S.,Wamba, F.S., Coltman, T.R., & Micheal, K. (2008c). “RFID-Enabled Warehouse Optimisation: Lessons from early adopters in the 3PL industry”. In *International Conference on Information Systems - ICIS’08*, Ancillary meeting, pp.1–12, Paris, France.
- Fox, M.S., Barbuceanu, M., & Teigen, R. (2000). Agent-Oriented Supply-Chain Management In *International Journal of Flexible Manufacturing Systems*, pp.165-188.
- Frazelle, E. (2002). “*Supply chain strategy: The logistics of supply chain management*”. McGraw-Hill.
- Frein, Y. (1998). Evaluation de performance pour la conception de flux , *Université d’été du pôle productique Rhône Alpes*.
- Fritz, M., & Schiefer, G. (2009). “Tracking, Tracing, and Business Process Interests in Food Commodities: A multi-level decision complexity”, *International Journal of Production Economics*, vol.117, n° 2, pp.317-329.
- Frohlich, M.T., & Westbrook, R. (2001). “Arcs of integration: An international study of supply chain strategies”. *Journal of Operations Management*, vol.19, n°2, pp.180-200.
- Furness, A., & Smith, I.G. (2005). “RFID Compendium & Buyers’ Guide 2004–2005”.
- Galasso, F. (2007). Aide à la planification dans les chaînes logistiques en présence de demande flexible . Thèse de Doctorat, Institut National Polytechnique de Toulouse-INPT.
- Galliano, D., & Orozco, L. (2011). Les déterminants industriels et spatiaux du processus d'adoption de technologies : le cas de la traçabilité dans les firmes industrielles françaises , *Géographie, économie et sociétés, Série Géographie*, vol.13, n° 2, pp.135-163.

- Ganguly, A., Nilchiani, R., & Farr, J.V. (2009). Evaluating agility in corporate enterprises . *International Journal of Production Economics*, vol.118, n°2, pp.410–423.
- Gaukler, G.M. (2005), RFID in Supply Chain Management . *Ph. D. Thesis, Stanford University*.
- Gaukler, G.M., & Seifert, R.W. (2007). Applications of RFID in Supply Chains . In *Trends in Supply Chain Design and Management*, édité par Hosang Jung, Bongju Jeong, et F. Frank Chen, pp.29-48. Springer Series in Advanced Manufacturing. Springer London.
- Gavirneni, S., Kapuscinski, R., & Tayur, S. (1999). “Value of information in capacitated supply chains”. *Management Science*, vol.45, n°1, pp.16-24.
- Gelembé, E., & Pujolle, G. (1982). Introduction aux réseaux de files d’attente , *Collection techniques scientifiques des télécommunications*.
- Génin, P. (2003), Planification tactique robuste avec usage d’un A.P.S – Proposition d’un mode de gestion par plan de référence . *Thèse de doctorat de l’Ecole des Mines de Paris*.
- Genin, P., Thomas, A., & Lamouri, S. (2007). How to manage robust tactical planning with an APS (Advanced Planning Systems) . *Journal of Intelligent Manufacturing*, vol.18, n°2, pp.209-221.
- GERAM, (1999). Generalized Enterprise Reference Architecture and Methodology, *Version 1.6.3 IFIP-IFAC Task Force*.
- Geunes, J., & Chang, B. (2001). “Operations research models for supply chain management and design, in Encyclopaedia of Optimization”, *C.A. Floudas and P.M. Pardalos Eds*, Kluwer Academic Publishers, vol.4, pp.133-145.
- Giard, V. (2003). *Gestion de la production et des flux* , Editions Paris: Economica.
- Giard, V., & Mendy, G. (2006), Amélioration de la synchronisation de la production sur une chaîne logistique , *Revue Française de Génie Industriel*, vol.25, n°1, pp.2-62.
- Giard, V., & Mendy, G. (2008). Scheduling coordination in a supply chain using advance demand information . *Production Planning & Control*, vol.19, n°7, pp.655-667.
- Gibson, B.J., Mentzer, J.T., & Cook, R.L. (2005). Supply Chain Management : the Pursuit of a Consensus Definition , *Journal of Business Logistics*, vol.26, n°2, pp.17-25.
- Gilmour, P. (1999). A Strategic Audit Framework to Improve Supply Chain Performance , *Journal of business and industrial marketing*, vol.14, n°5, pp.355-366.
- Govil, M., & Proth, J. (2002). Supply chain design and management: Strategic and tactical perspectives , *Academic Press*. USA. 187p.
- Grabot, B. (2002). The Dark Side Of The Moon : Some Lessons From Difficult Implementations Of ERP Systems , *International Federation of Accountants-IFAC’02*. Barcelona, Spain. vol.2, pp.21-26

## Bibliographie

---

- Grover, V., Teng, J.T.C., & Fiedler, K.D. (2002). Investigating the Role of Information Technology in Building Buyer-Supplier Relationships , *Journal Association of Information Systems*, vol.3, pp.217-245.
- Grzybowska, H., & Barceló, J. (2012). Decision support system for real-time urban freight management , *Procedia - Social and Behavioral Sciences*. Mallorca, Spain. vol.39, pp.712-725.
- Gulledge, T. (2006). What is integration? , *Journal: Industrial Management & Data Systems*, vol.106, n°1, pp.5-20.
- Gunasekaran, A. & Ngai, E. W. T. (2004). Information systems in supply chain integration and management. *European Journal of Operational Research*, 159 (2), pp.269-295.
- Gunasekaran, A., Patel, C., & Tirtiroglu, E. (2001). Performance measures and metrics in a supply chain environment . In *International Journal of Operations & Production Management*, vol.21, n°1/2, pp.71-87.
- Gürbüz, M.C., Moinzadeh, K., & Zhou, Y.-P. (2006). Coordinated Replenishment Strategies in Inventory / Distribution Systems . *Management Science*, vol.53, n°2, pp.293–307.
- Hadaya, P., & Cassivi, L. (2007). The role of joint collaboration planning actions in a demand-driven supply chain . *Industrial Management & Data Systems*. vol. 107, n°7, pp.954-978.
- Håkansson, H., & Persson, G. (2004). Supply chain management: The logic of supply chains and networks . *International Journal of Logistics Management*, vol.13, n°1, pp.11-26
- Hallikas, J., Karvonen, I., Pulkkinen, U., Virolainen V.M, & Tuominen, M. (2004). Risk Management Processes in Supplier Networks , *Int. J. Production Economics*, vol.90, n°1, pp.47–58.
- Haouari, L. (2012). Modélisation et Simulation de l'Introduction de Technologies RFID dans des systèmes de configuration à la demande , Thèse de Doctorat, École Nationale Supérieure des Mines de Saint-Étienne.
- Haouari, L., Absi, N., & Feillet, D. (2011). A simulation approach to evaluate the impact of RFID technologies on a CTO environment . *Proceedings of the 2011 Winter Simulation Conference*, pp.1583-1595.
- Hardgrave, B.C., Waller, M., & Miller, R. (2006). RFID's impact on out of stocks: A sales velocity analysis. Working Paper, *Information Technology Research Institute*.
- Harland C.M. (1996). Supply Chain Management : Relationships, Chains and Networks , *British Journal of Management*, vol.7, (Special Issue), pp.63-80.
- Harrington, H.J. (1991). Business Process Improvement: The Breakthrough Strategy for Total Quality , Productivity, and Competitiveness. McGraw-Hill.
- Harrison, T.P. (2001). Global Supply Chain Design , *Information Systems Frontiers*, vol.3, n°4, pp.413-416.

- Harry, K.H.C., King, L.C., Lee, W.B., & Lau, K.C. (2006). Design of a RFID case-based resource management system for warehouse operations , *Expert Systems with Applications*.vol.30, n°4, pp.561–576.
- Hartono, E., Li, X., Na, K.S., & Simpson, J.T. (2010). The Role of the Quality of shared information in Interorganizational systems use , *International Journal of Information Management*, vol.30, n°5, pp.399-407.
- Hatley D.-J., & Pirbhai I.-A. (1987). *Strategies for Real-Time System Specification* , Ed. Dorset House, New York. 408p.
- Hauet, J.-P. (2006). L'identification par radiofréquence (RFID) , *Techniques et perspectives*.
- Heeramun, K. (2003). Création et captation de la valeur dans la Supply-Chain : Développement d'un outil d'aide à la décision . *Thèse de Doctorat*, CRET-LOG, Université Aix Marseille II, Université de la Méditerranée.
- Heese, H.S. (2007). Inventory record inaccuracy, double marginalization, and RFID adoption . *Production and Operations Management*, vol.16, n°5, pp.542–553.
- Hendricks, K.B., Singhal, V.R., & Stratman, J.K. (2007). The impact of enterprise systems on corporate performance: A study of ERP, SCM, and CRM system implementations , *Journal of Operations Management*. vol.25, n°1, pp.65–82.
- Herrmann, J.W., Lin, E., & Pundoor, G. (2003). Supply chain simulation modeling using the supply chain operations reference model . In: *Proceedings of the ASME 2003 Design Engineering Technical Conference and Computers and Information in Engineering Conference*, Chicago, Illinois USA, September 2–6.
- Heskett, J.L. (1973). Sweeping changes in distribution , *Harvard Business Review*, vol.51 n°2, pp.123-133.
- Higuchi, T., & Troutt, M.D. (2004). Dynamic Simulation of The Supply Chain for A Short Life Cycle Product – Lessons from The Tamagotchi Case , *Computers & Operations Research*, vol.31, n°7, pp.1097-1114.
- Hines P. (1993). Integrated Materials Management : the value chain redefined , *International Journal of Logistics Management*, vol.4,n°1, pp.13-22.
- Hodges, S. & McFarlane, D. (2006). Radio frequency identification: technology, applications and impact , *Autoidlabs-Wp-Hardware-016*.
- Hoff, A., Anderson, H., Christiansen, M., Hasle, G., & Lokketangen, A. (2008). Industrial aspect and literature survey: Fleet composition and routing . *Computers & Operations Research*,vol.37, n°12, pp.2041–2061.
- Hollnagel, E. (2006). Resilience : The challenge of the unstable . In *Hollnagel, E., Woods D.D., & Leveson, N., (Eds.), Resilience Engineering:Concepts and Precepts*. Burlington: Ashgate, pp.9-17.
- Hong, I.B., & Kim, C. (1998). Toward a new framework for interorganizational systems: A network configuration perspective . *Proceedings of the Thirty-First Annual Hawaii*

- International Conference on System Sciences (Kohala Coast, Hawaii)*, IEEE Computer Society, USA, pp.92-101.
- Hou, J.L., & Huang, C.H. (2006). Quantitative performance evaluation of RFID applications in the supply chain of the printing industry . *Industrial Management & Data Systems*. Vol.106, n°1, pp.96–123.
- HP, (2006). HP creates RFID technology for tracking data center assets . Disponible en ligne:[http://www.hp.com/hpinfo/newsroom/press/2006/061017b.html?jumpid=reg\\_R1002\\_USEN](http://www.hp.com/hpinfo/newsroom/press/2006/061017b.html?jumpid=reg_R1002_USEN).
- Hsiao, Y.-C., (2008). Integrated logistic and inventory model for a two-stage supply chain controlled by the reorder and shipping points with sharing information . *International Journal of Production Economics*, vol.115, n°1, pp.229-235.
- Hsu, C.C., Kannan, V.R., Tan, K.C. & Leong, G.K. (2008), Information sharing, buyersupplier relationships, and firm performance: A multi-region analysis , *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, vol.38, n°4, pp.296-310.
- Huang M.X., Pan Q., & Cheng Y.M. (2007). An Incentive Mechanism of Information Sharing in Supply Chain . *International Conference on Management Science and Engineering ICMSE'07*, pp.711-716.
- Huang, B., & Iravani, S.M.R. (2006). Optimal production and rationing decisions in supplychains with information sharing . *Operations Research Letters*, vol.35, n°5, pp.669-676.
- Huang, G.Q., Lau, J.S.K., & Mak, K.L. (2003). The impacts of sharing production information on supply chain dynamics: a review of the literature . *International Journal of Production Research*, vol.41, n°7, pp.1483-1517.
- Huang, G.Q., Zhang, Y.F., & Jiang, P.Y. (2008a). RFID-Based Wireless Manufacturing for Real-Time Management of Job Shop WIP Inventories . *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, vol.36,n°7/8, pp.752-764.
- Huang, G.Q., Zhang, Y.F., Chen, X., & Newman, S.T. (2008b). RFID-enabled real-time Wireless Manufacturing for adaptive assembly planning and control . *Journal of Intelligent Manufacturing*, vol.19, n°6, pp.701-713.
- Huber, N., & Michael, K. (2007). Vendor perceptions of how RFID can minimize product shrinkage in the retail supply chain . *In RFID Eurasia '07*, 1<sup>st</sup> Annual pp.1–6.
- IBM. (2007). Keeping tabs on RFID it's way more than barcodes and it's changing the way the world works . Disponible en ligne: [http://www.ibm.com/ibm/ideasfromibm/us/rfid/061207/images/RFID\\_061207.pdf](http://www.ibm.com/ibm/ideasfromibm/us/rfid/061207/images/RFID_061207.pdf).
- IDS Sheer Academy, (2001). ARIS 6 collaborative Suite, Méthode ARIS, version 6.
- Ilie-Zudor, E., Kemeny, Z., Blommestein, F.V., Monostori, L., & Meulen, A.V.D. (2011). A survey of applications and requirements of unique identification systems and RFID techniques , *Computers in Industry*, vol.62, n°3, pp.227–252.

## Bibliographie

---

- Imburgia, M.J. (2006). The role of rfid within EDI: Building a competitive advantage in the supply chain . In *Service Operations and Logistics, and Informatics, SOLI'06. IEEE International Conference* , pp.1047–1052.
- Jarugumilli, S., & Grasman, S.E. (2007). RFID-enabled inventory routing problems . *International Journal of Manufacturing Technology and Management*, vol.10, n°1, pp.92-105
- Jayaram, J., Vickery, S. & Droge, C. (2000). The effects of information system infrastructure and process improvements on supply-chain. time performance , *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, vol.30, n°3/4, pp.314-330.
- Jedermann, R., Behrens, C., Westphal, D., & Lang, W. (2006). Applying autonomous sensor systems in logistics-combining sensor networks, RFIDs and software agents . *Sensors and Actuators A: Physical*, vol.132, n°1, pp.370-375.
- Jedermann, R., Ruiz-Garcia, L., & Lang, W. (2009). Spatial temperature profiling by semi-passive RFID loggers for perishable food transportation . *Computers and Electronics in Agriculture*. vol.65, n°2, pp.145–154.
- Jeffers, P.I., Muhanna, W.A. & Nault, B.R. (2008). Information technology and process performance: an empirical investigation of the interaction between IT and non-IT resources , *Decision Sciences*, vol.39, n°4, pp.703-735.
- Johnson, D. (2002). RFID tags improve tracking, quality on Ford line in Mexico. (Integrator Update). (Radio frequency identification) . *Control Engineering*.
- Joshi, Y.V., (2000). Information visibility and its effect on supply chain dynamics . *Master Thesis*, Massachusetts Institute of Technology. *Journal Production Economics*, n°55, pp.281-294.
- Kambil, A., & Brooks, J. D. (2002). Auto-ID across the value chain: From dramatic potential to greater efficiency and profit . *Massachusetts Institute of technology and Accenture*, Cambridge, MA., *Tech. rep.*, Auto-ID center.
- Kang, Y., & Gershwin, S.B. (2005). Information inaccuracy in inventory systems: stock loss and stockout . *IIE Transactions*, vol.37,n°9, pp.843–859.
- Kaplan, R., & Norton,D. (1996). Linking the Balanced Scorecard to Strategy , *California Management Review*, vol.39, n°1, pp.53-79.
- Kaplan, R.S., & Norton, D. (1992). The balanced scorecard : Measures that drive performance . *Harvard Business Review*, vol.70, n°1, pp.71-99.
- Kaplan,R., & Johnson, H.T. (1987). Relevance Lost: The Rise and Fall of Management Accounting. Boston , *Harvard Business School Press*.
- Karâa, M. (2007). Les principes d'application d'une démarche stratégique : La traçabilité totale , 1ère journée de recherche relations entre Industrie et grande distribution alimentaire, pp.1-16

- Karâa, M., & Morana, J. (2008). Le poids et l'enjeu de la traçabilité en Tunisie: Le cas de la filière dattes et huile d'olive , *Revue Française de Gestion Industrielle*, vol.27, n°1, pp.71-86.
- Karagiannaki, A., Mourtos, I. & Pramadari, K. (2007). Simulating and evaluating the impact of RFID on warehousing operations: A case study . *Proceedings of the 2007 Summer Computer Simulation Conference (San Diego, California)*, USA.
- Kärkkäinen, M. (2002), RFID in the grocery supply chain – a remedy for logistics problems or mere hype? , Disponible sur: [www.ecracademics.org/](http://www.ecracademics.org/)
- Kärkkäinen, M., Ala-Risku, T., & Främling, K. (2004). Efficient tracking for short-term multi-company networks , *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, vol.34, n°7, pp.545-564.
- Kärkkäinen, M., Framling, K., & Ala-Ri, M. (2003). Integrating material and information flows using a distributed peer-to-peer information system . In *Collaborative System for Production Management*. Kuwer Academic Publishers, Boston, USA. pp.305–319.
- Kärkkäinen, M., Holmström, J., Främling, K., & Arto, K. (2003). Intelligent products - A step towards a more effective project delivery chain . *Computers in Industry*, vol.50, pp.141-151.
- Katz, J., (2006). Reaching for ROI on RFID , *Industry Week*, vol.255, pp.29-31.
- Kearney, A.T. (1994). Management approach to Supply Chain Integration , *Rapport aux membres de l'équipe de recherche*, A.T. Kearney, Chicago.
- Kearns, G.S., & Lederer, A.L. (2003). A resource-based view of strategic IT alignment: how knowledge sharing creates competitive advantage , *Decision Sciences*, vol.34, n°1, pp.1–29.
- Kelepouris, T., Miliotis, P., & Pramadari, K. (2008). The impact of replenishment parameters and information sharing on the bullwhip effect: A computational study . *Computers & Operations Research*, vol.35, n°11, pp.3657-3670.
- Kelle, P., & Akbulut, A. (2005). The role of ERP tools in the supply chain information sharing, cooperation, and cost optimization . *International Journal of Production Economics*, vol.93-94, pp.41-52.
- Kemp, M.J. & Low, G.C. (2008). ERP innovation implementation model incorporating change management . *Business Process Management Journal*, vol.14,n°2, pp.228-242.
- Kent, J.L. & Mentzer, J.T. (2003). The effect of investment in interorganizational information technology in a retail supply chain , *Journal of Business Logistics*, vol.24, n°2, pp.155-176.
- Kerbache, L. (2006). La compétitivité se mesure entre deux chaînes logistiques , *Dossier l'enjeu stratégique de la logistique Dynamique commerciale* n°104.

## Bibliographie

---

- Kern, H. & Kühne, S. (2007). Model Interchange between ARIS and Eclipse EMF. *7th OOPSLA Workshop Domain-Specific Modeling, Computer Science and Information System Reports*.
- Ketzenberg, M.E., & Ferguson, M. (2006). Managing slow moving perishables in the grocery industry . *Tech. rep., College of Business Colorado State University and The College of Management Georgia Institute of Technology*,
- Khader, S., Botta-Genoulaz, V., Rekik, Y., & Campagne, J.P. (2011). Impact de la technologie RFID sur le management des chaines logistiques : une revue de littérature , *9ème congrès international de Génie Industriel, CIGI'11*, Saint Sauveur, Canada.
- Kiba, T. J.-E. (2010). Simulation et optimisation du transport automatisé dans la fabrication de semi-conducteurs . Thèse de Doctorat, École Nationale Supérieure des Mines de Saint-Étienne.
- Kim, J., Tang, K., Kumara, S., Yee, S.-T., & Tew, J. (2008a). Value analysis of location-enabled Radio-Frequency identification information on delivery chain performance . *International Journal of Production Economics*, vol.112, n°1, pp.403-415.
- Kim, M.C., Kim, C.O., Hong, S.R., & Kwon, I.H. (2008b), Forward-backward analysis of RFID-enabled supply chain using fuzzy cognitive map and genetic algorithm . *Expert Systems with Applications: An International Journal*, vol.35, n°3, pp.1166–1176.
- Kimbrough, S.O., Wu,D., & Zhong, F. (2000). Beer Game Computers Play: Can Artificial Agents Manage Supply Chain? , *Decision support systems*, vol.33, n°3, pp.323–333.
- Kleijnen, J.P.C. (2005). Supply chain simulation tools and techniques: a survey . *International Journal of Simulation and Process Modelling*, vol.1, n°1, pp.82-89.
- Kleijnen, J.P.C., & Smits, M.T. (2003). Performance metrics in supply chain management . *Journal of the Operational Research Society*, vol54, n°5, pp. 507–514.
- Kok, A.G., & Shang, H.K. (2007). Inspection and re-plenishment policies for systems with inventory record inaccuracy . *Manufacturing and Service Operations Management* vol.9, n°2, pp.185–205.
- Kok, A.G., Donselaar, K.H., & Woensel, T. (2008). A break-even analysis of RFID technology for inventory sensitive to shrinkage . *International Journal of Production Economics*, vol.112, n°2, pp.521–531.
- Kulp, S.C., Lee, H.L. & Ofek, E. (2004). Manufacturer benefits from information integration with retail customers . *Management Science*, 50 (4), pp. 431-444.
- Kumar S., 2007. Connective technology as a strategic tool for building effective supply chain. *Int. J. of Manufacturing Technology and Management* vol.10, n°1, pp.41-56.
- Kumar, K. & Van Dissel, H.G. (1996). Sustainable collaboration : Managing conflict and cooperation in inter-organizational systems . *MIS Quarterly*, vol.20, n°3, pp.279-300.

## Bibliographie

---

- Kumar, S., & Schmitz, S. (2011). Managing Recalls in Consumer Products Supply Chain: Root Cause Analysis and Measures to Mitigate Risks , *International Journal of Production Research*, vol.49, n°1, pp.235-253.
- La Londe, B.J., & Masters, J.M. (1994). Emerging Logistics Strategies : Blueprints for the Next Century . *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, vol.24, n°7, pp.35-47.
- Lahiri, S. (2005). *RFID Sourcebook* . , Pearson Education, IBM Press, Indiana, USA. 276p.
- Lai, K.H., Wong, C.W.Y. & Cheng, T.C.E. (2008). A coordination-theoretic investigation of the impact of electronic integration on logistics performance , *Information and Management*, vol.45, n°1, pp.10–20.
- Lambert, D., & Cooper, M. (2000). Issues in Supply Chain Management , *Industrial Marketing Management*, vol.29, n°1, pp.65-83.
- Lambert, D.M., Cooper, M.C., & Pagh, J.D. (1998b). Supply chain management: Implementation issues and research opportunities . *International Journal of Logistics Management*, vol.9, n°2, pp.1-19.
- Lambert, D.M., Garcia-Dastugue, S.J., & Croxton, K.L. (2005). An evaluation of process-oriented supply chain management frameworks . *Journal of Business Logistics*, vol.26 n°1, pp.25-51.
- Lambert, D.M., Stock, J.R., & Ellram, L. M. (1998a). *Fundamentals of Logistics Management* . Boston: Irwin/Mac Graw Hill. 644p.
- Lamothe, J., Mahmoudi, J., & Thierry, C. (2007). Cooperation to Reduce Risk in a Telecom Supply Chain . *Supply Chain Forum: an International Journal*, vol.8, n°2. BEM – Bordeaux Management School.
- Landt, J. (2001). Shrouds of Time: The History of RFID , *Association for automatic Identification and Mobility (AIM) Publication*, Pittsburg, PA.
- Langer, N., Forman, C., Kekre, S., & Scheller-Wolf, A. (2006). Assessing the impact of RFID on return center logistics . *Interfaces*, vol.37, n°6, pp.501–514.
- Lapide, L. (2001). New Developments in Business Forecasting . *Journal of Business Forecasting Methods and Systems*, vol.20, n°4, pp.11-13.
- Lau, J.S.K., Huang G.Q., & 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.
- Lau, J.S.K., Huang, G.Q., & Mak, K.L. (2002). Web-based simulation portal for investigating impacts of sharing production information on supply chain dynamics from the perspective of inventory allocation . *Integrated Manufacturing System*, vol.13, n°5, pp.345-358.
- Laudon, K.C., & Laudon, J.P. (2007). *Essentials of management information systems* . 8th ed., New Jersey: Pearson International Edition.

## Bibliographie

---

- Laville, J.-J. (2006), Comment sécuriser sa Supply Chain ? , *Logistique & Management*, vol.14,n°1, pp.3-18.
- Law, A.M. (1991). Secrets of successful simulation studies . In *Winter Simulation Conference*, Edited by Barry L. Nelson, W. D. Kelton, et G. M. Clark, 21–27. Phoenix, AZ , USA.
- Law, A.M., & Kelton, W.D. (2000). *Simulation Modeling and Analysis* . 3rd ed., McGraw-Hill.745p.
- Lazzeri, J., & Fabbe-Costes, N. (2012). La traçabilité totale des Supply Chains : état de l'art et cadrage conceptuel , *9ème Rencontres Internationales de la Recherche en Logistique*, 15-17 août 2012, HEC Montréal. pp.1-21
- Le Du, A.C. (2011). La qualité de l'information dans les schémas logistiques mutualisés , *2ème journée thématique SILOGIN – Systèmes d'information, Logistique et Innovation*, pp.1-16
- Le Moigne, J.-L. (1974), Les systèmes de décision dans les organisations. , *Presses Universitaires de France*, Paris.
- Le Moigne, J.-L. (1977). La théorie du système général, théorie de la modélisation. , *Presses Universitaires de France*, Paris.
- Lecomte, C., Ta, C.D., & Vergote, M.-H. (2006). *Analyser et améliorer la traçabilité dans les industries agroalimentaires* , AFNOR Edition. 246p.
- Lee, C.K.M., & Chan, T.M. (2009). Development of RFID based Reverse logistics system . *Expert Systems with Applications*, vol.36, n°5, pp.9299-9307.
- Lee, H. & Whang, C. (1997). Bullwhip effect in supply chains , *Sloan Management Review*, vol.38, n°3, pp.93-102.
- Lee, H. (2000). Creating Value through Supply Chain Integration . *Supply Chain Management Review*, vol.4, n°4, pp.30-36.
- Lee, H., & Billington, C. (1993). Material Management in Decentralized Supply Chains *Operations Research*, vol.41, n°5, pp.835-847.
- Lee, H., & Özer, Ö. (2007). Unlocking the value of RFID . *Production and Operations Management*, vol.16, n°1, pp.40-64.
- Lee, H., Padmanabhan, P., & Whang, S. (1997). Information distortion in a supply chain: the bullwhip effect . *Management Science*, vol.43, n°4, pp.546–558.
- Lee, H., So, K.C., Tang, C.S. (2000). The Value of Information Sharing in a Two- Level Supply Chain . *Management Science*, vol.46, n°5, pp.626-643.
- Lee, Y. M., Cheng, F., & Leung, Y. T. (2004). Exploring the impact of RFID on supply chain dynamics . In *2004 Winter Simulation Conference R .G. Ingalls, M. D. Rossetti, J.S. Smith, and B. A. Peters*, eds., pp.1145-1152.

## Bibliographie

---

- Lee, Y.M., Cheng, F., & Leung, Y. T. (2005). A quantitative view on how RFID will improve a supply chain , *Technical report*, IBM Research Report
- Lefebvre L.A. & Lefebvre, E. (2002). E-commerce and virtual enterprises: Issues and challenges for transition economies . *Technovation*, vol.22, n°5, pp.313-323.
- Lefebvre, L.A., Lefebvre, E., Bendavid, Y., Wamba, F.S. & Boeck, H. (2005). The potential of RFID in warehousing activities in a retail industry supply chain . *Journal of Chain and Network Science*, vol.5, n°2, pp.101-111.
- Lefebvre, L.A., Lefebvre, E., Bendavid, Y., Wamba, F.S., & Boeck, H. (2006). RFID as an enabler of B-to-B e-commerce and its impact on business processes: A pilot study of a supply chain in the retail industry . *In Proceedings of the 39th Hawaii International Conference on System Sciences- HICSS'06*.vol.6, pp.104a.
- Lehtonen, J.-M., Småros, J., & Holmström, J. (2005). The effect of demand visibility in product introductions . *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, vol.35, n°2,pp.101-115.
- Lemette, J.F. (2008). *Risque, Information et Organisation* , Collection Presses Universitaires de Sceaux. L'Harmattan. 216p.
- Levary, R., (2000). Better Supply Chains through information technology , *Industrial Management*, vol.42, n°3, pp.24-30.
- Li J., Sikora R., Shaw M.J., & Tan G.W. (2006). A strategic analysis of inter organizational information sharing . *Decision Support Systems*, vol.42, n°1, pp.251-266.
- Li, F. & Wei, Y. (2008). A real-time vehicle routing system for RFID-tagged goods transportation , In: *Proceedings of IEEE International Conference on Service Operations and Logistics, and Informatics*, Beijing, China, vol.2, pp.2892-2897.
- Li, G., Yang, H.J., Sun, L.Y. & Sohal, A.S. (2009). The impact of IT implementation on supply chain integration and performance , *International Journal of Production Economics*, vol.120, n°1, pp.125-138.
- Li, J., Shaw, M.J., Sikora, R.T., Tan, G.W., & Yang, R. (2001). The Effects of Information Sharing Strategies on Supply Chain Performance . In: *IEEE Transactions of Engineering Management*, USA.
- Li, L., & Zhang, H. (2008). Confidentiality and information sharing in supply chain coordination . *Management Science*, vol.54, n°8, pp.1467-1481.
- Li, X., & Wang, Q. (2007). Coordination mechanisms of supply chain systems , *European Journal of Operational Research*, vol.179, n°1 pp.1-16.
- Li, Z. & Gao, L. (2008). The Effects of Sharing Upstream Information on Product Rollover , *Production and Operations Management*, vol.17, n°5, pp.522-531.
- Liao, W.P., Lin, T.M.Y., & Liao, S.H. (2011). Contributions to Radio Frequency Identification (RFID) research: An assessment of SCI-, SSCI-indexed papers from 2004 to 2008 . *Decision Support Systems*, vol.50, n°2, pp.548–556

## Bibliographie

---

- Lieshout, M., Grossi, L., Spinelli, G., Helmus, S., Kool, L., Pennings, L., Stap, R., Veugen, T., v. d. Waaij, B., & Borean, C. (2007) . RFID Technologies: Emerging issues, challenges and policy options . Tech. rep., *European Commission Joint Research Centre*, Institute for Prospective Technological Studies. 278p.
- Lim, M.K., Bahr, W., Leung, & S.C.H. (2013). RFID in the warehouse: A literature analysis (1995–2010) of its applications, benefits, challenges and future trends , *International Journal of Production Economics*, vol.145, n°1, pp.409–430.
- Lissandre M., (1990), *Maîtriser SADT* , Armand Colin. 219p.
- Lo, C.K.Y., Yeung, A.C.L., & Cheng, T.C.E. (2009). ISO 9000 and supply chain efficiency: Empirical evidence on inventory and account receivable days . *International Journal of Production Economics*, vol.118, n°2, pp.367-374.
- Loebbecke, C. & Palmer, J. (2006). RFID in the fashion industry: Kaufhof department stores AG and Gerry Weber International AG, fashion manufacturer . *Management Information Systems Quarterly Executive (MISQE)*, vol.5, n°2, pp.15-25.
- Loebbecke, C. (2005). RFID technology and application in the retail supply chain: The early metro group pilot . *18th Bled conference on eIntegration in action (Bled)*, Slovenia.
- Loebbecke, C. (2007). Piloting RFID along the supply chain: A case analysis . *Electronic Markets*, vol.17, n°1, pp.29-38.
- Longeaux, D. (1994). *Contrôle de gestion : évolution depuis 30 ans et nouveaux défis.* , Problèmes économiques n°2, vol.387, pp.18-21.
- Lorino, P. (2000). Le balanced Scorecard Revisite : dynamique stratégique et pilotage de performance exemple d'une entreprise énergétique , *Congrès de comptabilité Metz*, pp.1-20.
- Lowson, R.H. (2003). How supply network operations strategies evolve , *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, vol.33,n°1, pp.75-91.
- Lu, W.L., Huang, G.Q., & Li, H. (2011). Scenarios for applying RFID technology in construction project management, *Automation in Construction*, Vol. 20, n° 2, pp.101–106.
- Lummus, R.R., & Vokurka, R.J. (1999). Defining Supply Chain Management: A historical perspective and practical guidelines . *Industrial Management & Data Systems*, vol.99, n°1, pp. 11–17.
- Lutherer, E. (1996). Méthodes et outils pour la modélisation de la productique , Thèse de Doctorat de l'INSA Lyon.
- Madnick, S., Wang, R., Lee, Y., & Zhu, H. (2009). Overview and framework for Data and Information quality research , *Journal of Data and Information Quality*, vol.1, n°1, pp.1-22.

- Malhéné, N. & Deschamps, J.C. (2010). De la traçabilité au routage des produits en transport routier , *The 8th International Conference on Logistics and SCM Research (RIRL)*, pp 1-22.
- Manik, D., Toth, L., & Döbrössy, P. (2007), Analysis of RFID application through an automotive supplier's production processes . In *3rd International Symposium on Computational Intelligent Informatics – ISCIII*, pp.177–181.
- Manuj, I., & Mentzer, J.T. (2008). Global Supply Chain Risk Management Strategies , *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, vol.38, n° 3, pp.192-223
- Marcon E., Sénéchal-O et Burlat, P. (2003). Concepts pour la performance des systèmes de production, *Chapitre d'ouvrage Evaluation des performances des systèmes de production sous la direction de C. Tahon* , Edition Hermès, pp.29-48.
- Maria, A., (1997). Introduction to modeling and simulation . *Winter Simulation Conference*, pp.7-13.
- Marquez, A. C. (2010). Current supply chains management issues . In *Dynamic modelling for supply chain management: Dealing with front-end, back-end and integration issues*. London: Springer.
- Martinez-Sala, A.S., Egea-Lopez, E., Garcia-Sanchez, F, & Garcia-Haro, J. (2009). Tracking of Returnable Packaging and Transport Units with active RFID in the grocery supply chain , *Computers in Industry 60*, pp.161–171.
- Maruchek, A., Greis, N., Mena, C., & Cai, L. (2011), Product Safety and Security in the Global Supply Chain: Issues, Challenges and Research Opportunities , *Journal of Operations Management*, vol.29, n°7-8, pp. 707-720.
- Mathe, J.C., & Chague, V. (1999). L'intention stratégique et les divers types de performance de l'entreprise , *Revue Française de Gestion*, vol°122, Jan-Fév., pp. 39-49.
- Mattsson, S.-A. (2002). *Logistik i försörjningskedjor* , Student Litteratur, Lund.
- Maxwell, E. (2007) . Rethinking privacy. Accessible sur [http:// www.rfidjournal. com/ article/ view/ 2133/1/341](http://www.rfidjournal.com/article/view/2133/1/341), last accessed 31th October 2013.
- Mayer., R.J, Menzel, C.P., DeWitte, P.S., Blinn, T., & Perakath, B. (1995). Information integration for concurrent engineering (IICE) IDEF3 process description capture method report, *Technical report, Knowledge Based systems Incorporated (KBSI)*. 236p.
- Mazlan, R., & Ali, K.N. (2006), Relationship between supply chain management and outsourcing, *Conférence ICCO*.
- McCormack, K. (1998). What Supply Chain Management Practices Relate to Superior Performance? Boston, MA.
- McFarlane, D., & Sheffi Y. (2003). The impact of automatic identification on Supply Chain operation , pp.1-27.

## Bibliographie

---

- McFarlane, D., Sarma, S., Chirn, J.L., Wong, C.Y., & Ashton, K. (2003). Auto Id systems and intelligent manufacturing control. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, vol.16, n°4, pp.365-376.
- Mehrabi, A., Baboli, A. & Campagne, J.P. (2007). Evaluer la valeur de partage d'information de délais dans une chaîne logistique avec l'algorithme génétique. *7e Congrès international de génie industriel*, Québec, Juin.
- Mehrabi, A., Baboli, A., & Campagne, J.P. (2006). A simulation model for evaluation of the effect of lead time information sharing in a distribution network. *Service Systems and Service Management ICSSSM'06*, Troyes-France, pp.1032-1037, Octobre.
- Mehrabikoushki, A. (2008). Partage d'informations dans la chaîne logistique Evaluation des impacts sur la performance d'une chaîne logistique des modes de collaboration mis en oeuvre entre les partenaires et des informations échangées. *Institut National des Sciences Appliquées de Lyon*.
- Mentzer, J.T., & Ponsford K.B. (1991). An Efficiency/Effectiveness Approach to Logistics Performance Analysis. *Journal of Business Logistics*, 12(1).
- Mentzer, J.T., Dewitt, W., Keebler, J.S., Min, S., Nix, N.W., Smith, C.D., Zacharia, Z.G. (2001). Defining supply chain management, *Journal of Business Logistics*, vol.22, n°2, pp.1-25
- Meyer, G, Framling, K., & Holmstrom, J. (2009). Intelligent Products: a survey, *Computers in Industry*, vol.60, n°3, pp.137-148.
- Miao, L., & Chen, J. (2005). Information Sharing with Scarce Goods in Cournot Retailers. *International Conference on Services Systems and Services Management ICSSSM'05*, Chongqing, vol.1, pp.654-658.
- Michrafy, M., Estampe, D. & Paul, J. (2006). Liens entre indicateurs financiers, commerciaux et supply chain : une analyse sectorielle européenne, *Revue de Gestion 2006 mars*, vol 31, p.14
- Min H., & Zhou, G. (2002). Supply Chain Modeling : past, present and future. *Computers & Industrial Engineering*, vol.43, pp.231-249.
- Mintzberg, H. (1982). *Structure de dynamique des organisations*, Edition d'Organisation, 440p.
- Mitra, S. & Singhal, V. (2008). Supply chain integration and shareholder value: Evidence from consortium based industry exchanges. *Journal of Operations Management*, vol.26 n°1, pp.96-114.
- Mitrovic-Minic, S., & Laporte, G. (2006). The pickup and delivery problem with time windows and transshipment. *INFOR*, vol.44, pp.217-227.
- Moinzadeh, K. (2002). A Multi-Echelon Inventory System with Information Exchange. *Management Science*, vol.48, n°3, pp.414-426.

- Monteiro, T. (2001). Conduite distribuée d'une coopération entre entreprises le cas de la relation donneurs d'ordres – fournisseur. *Thèse de Doctorat de l'INPG, spécialité : Génie Industriel*, Université de Grenoble (LAG), 186p.
- Morana, J. & Paché G. (2003). Quels indicateurs de gestion pour le projet logistique ? *Revue Française de Gestion*, vol.6, n°147, pp.185-198.
- Morley, C. (2002). La modélisation des processus : typologie et proposition utilisant UML. *In Processus & Systèmes d'information- Journée ADELI*, 13 p. CNAM.
- Mourtzis, D., Papakostas, N., Makris, S., Xanthakis, V., & Chryssolouris, G. (2008). Supply Chain Modeling and Control for Producing highly customized products. *CIRP Annals - Manufacturing Technology*, vol.57, pp.451-454.
- Mouzas, S., (2006). Efficiency versus effectiveness in business networks. *Journal of Business Research*, vol.59, n°10-11, pp.1124-1132.
- Moyaux T., Chaib-Draa D.B., & D'Amours S. (2007), Information Sharing as a Coordination Mechanism for Reducing the Bullwhip Effect in a Supply Chain. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*, vol.37, n°3, pp.396-409.
- Moyaux, T., Chaib-Draa, B., & D'Amours, S. (2003). Multi-Agent Coordination Based on Tokens: Reduction of the Bullwhip Effect in a Forest Supply Chain. *Autonomous Agents and MultiAgent Systems (AAMAS'03)*, pp.670-677. Melbourne.
- Moyaux, T., Chaib-draa, B., & D'Amours, S. (2006). Information Sharing as a Coordination Mechanism for Reducing the Bullwhip Effect in a Supply Chain. *Time*, pp.1-29.
- Nakao, Y., & Nagamochi, H. (2008). Worst Case Analysis for Pickup and Delivery Problems with Transfer. *IEICE Trans. Fundam. Electron. Commun. Comput. Sci.* vol.E91-A, n°9, pp.2328-2334.
- Nana, Y.A, David, O., & Simonov, K.S. (2012). A Review of the Roles and Importance of Information and Communication Technologies (ICTs) in Supply Chain Management (SCM) of Organizations and Companies, *International Journal of Computer Science and Network (IJCSN'12)*, vol.1, n°4, pp.70-78.
- Nath, T., & Standing, C. (2010). Drivers of information technology use in the supply chain. *Journal of Systems and Information Technology*, vol.12, n°1, pp.70-84.
- Neely, A., Gregory, M., & Platts, K. (2005). Performance measurement system design: A literature review and research agenda. *International Journal of Operations & Production Management*, vol.25, n°12, pp.1228-1263.
- Neely, A., Mills, J., Platts, K., Richards, H., Gregory, M., Bourne, M., & Kennerley, M. (2000). Performance measurement system design: developing and testing a process based approach. *International Journal of Operations & Production Management*, vol.20, n°10, pp.1119-1145.
- Neiger, D., Rotaru, K., & Churilov, L. (2007). Supply Chain Risk Identification with Value-Focused Process Engineering. *Journal of Operations Management*, vol.27, pp.154-168.

- Neubert, G., Ouzrout, Y., & Bouras, A. (2004). Collaboration and integration through information technologies in supply chains. *International Journal of Technolgie Management*, vol.28, n°2, pp.259–273.
- Neumann, S., & Segev, E. (1979). A case study of user evaluation of information characteristics for systems improvement. *Information and Management*, vol.2, n°6, pp. 271–278.
- Ngai, E., Cheng, T., Lai, K., Chai, P., Choi, Y., & Sin, R. (2007). Development of an RFID-based Traceability System: Experiences and Lessons Learned from an Aircraft Engineering Company. *Production & Operations Management*, vol.16, n°5, pp.554-568.
- Ngai, E.W.T., Moon, K.K.L., Riggins, F.J. & Yi, C.Y. (2008a). RFID research: An academic literature review (1995–2005) and future research directions *International Journal of Production Economics, Special Section on RFID: Technology, Applications, and Impact on Business Operations*, vol.112, n°2, pp.510-520.
- Ngai, E.W.T., Suk, F.F.C. & Lo, S.Y.Y. (2008b). Development of an RFID-based sushi management system: The case of a conveyor-belt sushi restaurant. *International Journal of Production Economics, Special Section on RFID: Technology, Applications, and Impact on Business Operations*, vol.112, n°2, pp.630-645.
- Nidumolu, S. R. (1995). Interorganizational information systems and the structure and climate of seller-buyer relationships. *Information & Management*, vol.28, n°2, pp.89-105.
- Norrman, A., & Jansson, U. (2004), Ericsson's proactive supply chain risk management approach after a serious sub-supplier accident. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, vol.34 n°5, pp.434-456.
- Nurmilakso, J.M. (2008). Adoption of e-business functions and migration from EDI based to XML based e-business frameworks in supply chain integration. *International Journal of Production Economics*, vol.113, n°2, pp.721-733.
- O'Connor, M.C. (2007). A Guide to today Middleware. *RFID Journal - Buyer's Guide to RFID Resources*, pp.107–122.
- O'Connor, M.C. (2011). A Guide to Sensor-Equipped RFID Tags. *RFID Journal*.
- Oliver, R.K., & Webber, M.D. (1982). Supply Chain Management: Logistics Catches Up with Strategy. *Logistics: The Strategic Issues*. Chapman and Hall, London, pp.63-75.
- Olson, J., & Boyer, K. (2003), Factors influencing the utilization of Internet purchasing in small organizations. *Journal of Operations Management*, vol.21, n°2, pp.225-245.
- Osvald, A., & Stirn, L.Z. (2008). A vehicle routing algorithm for the distribution of fresh vegetables and similar perishable food. *Journal of Food Engineering*, vol.85, n°2, pp.285–295.
- Ouardighi, F.E. (2008). Le Supply Chain Management: Concilier Centralisation et Indépendance Organisationnelle, *Revue Française de Gestion*, vol.6, n°186, pp.81-88.

## Bibliographie

---

- Ouyang, Y. & Li, X. (2010). The Bullwhip Effect in Supply Chain networks. *European Journal of Operational Research*, vol.201, pp.799–810.
- Ouyang, Y. (2007). The effect of information sharing on supply chain stability and the bullwhip effect, *European Journal of Operational Research*, vol.182, pp.1107–1121.
- Ozelkan, E.C. & Galambosi, A. (2008). When does RFID make business sense for managing supply chain. *International Journal of Information Systems and Supply Chain Management*, vol.1, n°1, pp.15-47.
- Paché, G. & Colin, J. (2000). Recherche et applications en logistique : des questions d’hier, d’aujourd’hui et de demain , Dans Fabbe-Costes, N., Colin, J. & Paché, G., *Faire de la recherche en logistique et distribution ?*, Vuibert Coll. FNEGE, Paris, pp.31-53.
- Paché, G. & Spalanzani, A. (2007). *La gestion des chaînes logistiques multi-acteurs : perspectives stratégiques*. Presses Universitaires de Grenoble, Grenoble.
- Paché, G., & Paraponaris, C. (2006). *L’entreprise en réseau*. Presses Universitaire Française (PUF.). Paris, France.
- Pagell, M. (2004). Understanding the factors that enable and inhibit the integration of operations, purchasing and logistics. *Journal of Operations Management*, vol.22, pp.459–487.
- Pannequin, R., Thomas, A., & Morel, G., (2008), Proposition d'un environnement d'évaluation pour la mise en oeuvre d'un pilotage par le produit. *7ème Conférence Internationale de Modélisation, Optimisation et Simulation des Systèmes, MOSIM'08*, Paris : France.
- Paulraj, A., & Chen, I.J. (2007). Strategic buyer-supplier relationships, information technology and external logistics integration. *Journal of Supply Chain Management*, vol.43, n°2, pp.2-14.
- Paulraj, A., Lado, A., & Chen, I. (2008), Inter-organizational communication as a relational competency: antecedents and performance outcomes in collaborative buyer–supplier relationships. *Journal of Operations Management*, vol.26, n°1, pp.45-64.
- Pegden, C.D., Shannon, R. E., & Sadowski, R. (1995). *Introduction to simulation using SIMAN*. 2nd ed. NewYork : McGraw-Hill. 241p.
- Pellegrin, O. (2012). Formation Flexsim niveau débutant.
- Perigord, M. (1987), *Réussir la qualité Totale*. Paris, Edition d’Organisation.
- Persson, F. (2011). SCOR template-A simulation based dynamic supply chain analysis tool, *International. Journal. Production Economics* vol.131, n°1, pp.288-294.
- Petersen, K. (1999). The effect of information quality on supply chain performance: an interorganizational information system perspective. Petersen, K.J., Ragatz, G.L., & Monczka, R.M. (2005). An examination of collaborative planning effectiveness and supply chain performance. *Journal of Supply Chain Management*, vol.41, n°2, pp.14-25.

- Pichot, L. (2006). Stratégie de déploiement d'outils de pilotage de chaînes logistiques : Apport de la classification. *Supply Chain Management. L'institut National des Sciences Appliquées de Lyon*.
- Pigni, F., Ravarini, A., Buonanno, G. & Sciuto, D. (2007). Interorganizational systems within SMES aggregations: An exploratory study on information requirements of an industrial district. *Liuc Papers n. 205, Serie Tecnologia 12, agosto*.
- Plane, D.R. (1997). How to build spreadsheet models for production and operations management. *Publication OR/MS Today, vol.24, n°2, pp.50-54*.
- Poirier, C.C., & Reiter, S.E. (1996). Supply Chain Optimization: Building the strongest total business network. *Berret-Koehler Publishers, Inc., San Francisco*.
- Poon, T.C., Choy, K.L., & Lau, H.C.W. (2009). A RFID case-based logistics resource management system for managing order-picking operations in warehouses. *Expert Systems with Applications, 36, n°4, pp.8277-8301*.
- Poon, T.C., Choy, K.L., Chan F.T.S., & Ho, G.T.S. (2011). Gunasekaran, A., Lau, H.C.W., & Chow, H.K.H. A real-time warehouse operations planning system for small batch replenishment problems in production environment, *Expert Systems with Applications vol.38, pp.8524-8537*.
- Porter, M. (1986). *L'avantage concurrentiel*. Ed. Interéditions, 647p.
- Power, D. (2005). Supply Chain Management Integration and Implementation: A Literature Review. *Supply Chain Management: An International Journal, vol.10, n°4, pp.252-263*
- Prasanna, K.R., & Hemalatha, M. (2012). RFID GPS and GSM based logistics vehicle load balancing and tracking mechanism. *Procedia Engineering in International Conference on Communication Technology and System Design 2011, vol.30, pp.726-729*.
- Pujo, P., & Kieffer, J.P. (2002). Concepts fondamentaux du pilotage des systèmes de production. *Fondements du pilotage des systèmes de production, sous la direction de P. Pujo et J.P. Kieffer, Hermès Science Publications, Paris*,
- Qiu, R.G. (2007). RFID-enabled automation in support of factory integration in Robotics and Computer. *Integrated Manufacturing, vol.23, n°6, pp.677-683*.
- Ramaa, A., Rangaswamy, T.M., & Subramanya, K.N. (2009). A Review of Literature on Performance Measurement of Supply Chain Network. In *IEEE (Ed.), Second International Conference on Emerging Trends in Engineering & Technology, pp.802-807*.
- Ramudhin, A., Paquet, M., Artiba, A., Dupré, P., Varvaro, D., & Thomson, V. (2008). A Generic Framework to Support the Selection of an RFID-based Control System with Application to the MRO Activities of an Aircraft Engine Manufacturer. *Production Planning & Control, vol.19, n°2, pp.183-196*.
- Rayati Shavazi, A., Abzari, M., & Mohammadzadeh, A. (2009), A Research in Relationship between ICT1 and SCM. *World Academy of Science, Engineering and Technology, vol.26, pp.92-101*.

## Bibliographie

---

- Rayport, J.F., & Sviokla, J.J. (1995). Exploiting the virtual value chain, *Harvard Business Review*, vol.73,n°6, pp.75-85.
- Regattieri, A., Gamberi, M., & Manzini, R. (2007). Traceability of food products : Generalframework and experimental evidence. *Journal of Food Engineering*, vol.81, n°2, pp.347-356.
- Rekik, Y., Jemai, Z., Sahin, E., & Dallery, Y. (2007). Improving the performance of retail stores subject to execution errors: Coordination versus RFID technology. *OR Spectrum* vol.29, pp.597-626.
- Rekik, Y., Sahin, E., & Dallery, Y. (2009), Inventory inaccuracy in retail stores due to theft: An analysis of the benefits of RFID. *Int. J. Production Economics*, vol.118, pp.189–198.
- Riis, J.O., Smeds, R. & Van Landeghem, R. (2000). Games in Operations Management. *Kluwer*, Boston.
- Ritchie, B., & Brindley C. (2007). Supply chain risk management and performance: a guiding framework for future development. *International Journal of Operations & Production Management*, vol.26, n°3, pp.303-322.
- Robert, P. (2000), *Réseaux et files d'attente : méthodes probabilistes*, Edition Springer. 388p.
- Roberti, M. (2006). Alien opens Dayton RFID Lab. *RFID Journal*. Disponible en ligne: <http://www.rfidjournal.com/article/view/2140/1/1>.
- Robinson S. (2005). Discrete-event simulation: from the pioneers to the present, what next? *Journal of the Operational Research Society*, vol.56, pp.619-629.
- Roboam M. (1993). La Méthode GRAI : principes, outils, démarche et pratique, *Technéa*, Toulouse. 226p.
- Roh, J.J., Kunnathur, A., & Tarafdar, M. (2009). Classification of RFID adoption: An expected benefits approach. *Information & Management*, vol.46, pp.357-363.
- Romeyer. C. (2004). Obstacles à la mise en oeuvre d'un système de traçabilité dans une supply chain : apports de l'expérience hospitalière. *Actes des 5ème Rencontres Internationales de la Recherche en Logistique (RIRL'04)*, Fortaleza, Brésil.
- Ross, A. (2002). A multi-dimensional empirical exploration of technology investment, coordination and firm performance. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, vol.32, n°7, pp.591-609.
- Rota-Franz, K., Thierry, C., & Bel, G. (2001). *Gestion des flux dans les chaînes logistiques. Dans: Performance industrielle et gestion des flux*, Ed. Lavosier, Paris, France.
- Roth, A.V., Cattani, K.D., & Froehle. C.M. (2008). Antecedents and performance outcomes of global competence: an empirical investigation. *Journal of Engineering and technology management*, vol.25, n°1-2, pp.75-92

- Rouibi.S. (2012). Impacts du partage d'informations et du vendor managed inventory sur la performance des chaînes logistiques, Thèse pour obtenir le grade de Docteur de l'École Nationale Supérieure des Mines de Saint-Étienne, 242 p.
- Rowe, F. (1999). Cohérence, intégration informationnelle et changement : Esquisse d'un programme de recherche à partir des Progiciels Intégrés de Gestion. *Système d'Information et Management*, vol. 4, n°4, pp.3-20.
- Ruel, S., & Evrard Samuel K. (2011). De la maîtrise des risques à l'appréhension de l'incertitude dans une chaîne logistique : quelle réalité pour une PME ? *2nd journée thématique SILOGIN – Systèmes d'information, Logistique et Innovation - 3 novembre 2011 – Nantes*, pp.1-18.
- Ruiz-Garcia, L., Lunadei, L., Barreiro, P., and Robla, J-I. (2009). A Review of Wireless Sensor Technologies and Applications in Agriculture and Food Industry: State of the Art and Current Trends, *Sensors*, 9, pp. 4728-4750.
- Sadek, A.W., Smith, B.L., & Demetsky, M.J. (2001). A prototype case-based reasoning system for real-time freeway traffic routing. *Transportation Research Part C* 9, pp.353–380.
- Sadiq, S., Yeganeh, N., & Indulska, M. (2011), 20 years of Data Quality Research: Themes, Trends et Synergies, *Australasian Database Conference (ADC)*.
- Saeed, K., Malhotra, M. & Grover, V. (2005). “Examining the impact of interorganizational systems on process efficiency and sourcing leverage in buyer-supplier dyads”, *Decision Sciences*, vol.36, n°3, pp.365-396.
- Sahin, E. (2004). A qualitative and quantitative analysis of the impact of Auto ID technology on the performance of supply chains, Thèse de Doctorat, Ecole Centrale Paris.
- Sahin, E., & Dallery, Y. (2009). Assessing the impact of inventory inaccuracies within a newsvendor framework. *European Journal of Operational Research*, vol.197, pp.1108–1118.
- Sahin, E., Babai M.Z., Dallery, Y., & Vaillant, R. (2007). Ensuring supply chain safety through time temperature integrators. *International Journal of Logistics Management*, vol.18, pp.102-124.
- Sahin, F., & Robinson E.P. (2005). Information sharing and coordination in make-to-order supply chains. *Journal of Operations Management*, vol.23, pp.579-598.
- Salançon, A. (2009). Innovation informationnelle et changements organisationnels : l'exemple de la traçabilité agroalimentaire informatisée. *Études de communication*, vol.33, pp.153-169.
- Samii A.K. (2001). *Stratégies logistiques - Fondements, méthodes, applications*. 2ème ed, Dunod, Paris.
- Sanders, N.R. (2007). An empirical study of the impact of e-business technologies on organizational collaboration and performance. *Journal of Operations Management*, vol.25, n°6, pp.1332-1347.

## Bibliographie

---

- Sanders, N.R. (2008). Pattern of information technology use: the impact on buyer-supplier coordination and performance. *Journal of Operations Management*, vol.26, n°3, pp.349-367.
- Sanders, N.R., & Premus, R. (2005). Modeling the relationship between firm IT capability, collaboration and performance, *Journal of Business Logistics*, vol.26, n°1, pp.1-23.
- Santarek, K., & Buseif, I.M. (1998). Modelling and design of flexible manufacturing systems using SADT and Petri nets tools. *Journal of Materials Processing Technology*, vol.76, n°1-3, Avril 1998, p. 212-218.
- SAP. (2007). SAP solution for RFID: Enabling agile supply chain execution, efficient asset management, and adaptive manufacturing. *Disponible en ligne: <http://www.sap.com/solutions/rfid/index.epx>*.
- Sara, R., & Saven, A (2004), Business process modeling: Review and framework, *International Journal Production Economics*, pp.129-149.
- Sarac, A. (2010). Modélisation et aide à la décision pour l'introduction des technologies RFID dans les chaînes logistiques. Thèse de Doctorat, l'Ecole Nationale Supérieure des Mines de Saint-Etienne, Spécialité : Génie Industriel.
- Sarac, A., Absi N., & Dauzère-Pérès, S. (2008), A literature review on the impact of RFID technologies on supply Chain management. *International Journal of Production Economics*, vol.128, pp.77-95.
- Sargent, R.G. (2010). Verification and validation of simulation models. In *Winter Simulation Conference*, pp.166–183.
- Saygin, C. (2007). Adaptive inventory management using RFID data. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, vol.32, pp.1045–1051.
- Scheer A.W., Abolhassan, F., & Wolfram, J. (2002). Business Process Excellence: Aris in Practice. *Springer-Verlag, Secaucus, NJ, USA*.
- Schmidt, R. (2007). *Impact of Information Sharing and Order Aggregation Strategies on Supply Chain Performance*. Switzerland.
- Schriber, T.J., & Brunner, D.T. (2008). Inside discreteevent simulation software : How it works and why it matters. In *IEEE: Winter Simulation Conference, Edited by S. J. Mason, R. R. Hill, L. Mönch, O. Rose, T. Jefferson, et J. W. Fowler*, pp.182–192.
- SCOR Supply Chain Operations Reference Model, 2011: [www.supply-chain.org](http://www.supply-chain.org).
- Sellitto, C., Burgess, S., & Hawking, P. (2007). Information quality attributes associated with RFID-derived benefits in the retail supply chain. *International Journal of Retail & Distribution Management*, vol.35, n°1, pp.69–87
- Seppanen, M. (2000). Developing industrial strength simulations models using visual basic for applications. In *Proceedings of the 32nd Conference on Winter simulation*, Orlando, Florida, USA. pp.77–82

## Bibliographie

---

- Shapiro, R., & Heskett, J.L. (1985). Logistics strategy, *West Publishing*.
- Sharma, A., Citurs, A., & Konsynski, B. (2007). Strategic and Institutional Perspectives in the Adoption and Early Integration of RFID. *Proceedings of the 40th Annual Hawaii Int. Conf. on Sys. Sci. (HICSS '07)*, Big Island, HI, USA.
- Sharma, A., Thomas, D., & Konsynski, B. (2008). Strategic and institutional perspectives in the evaluation, adoption and early integration of radio frequency identification(RFID): An empirical investigation of current and potential adopters. *Proceedings of the 41st Hawaii International Conference on System Sciences (Big Island, Hawaii)*, IEEE Computer Society, USA.
- Sheffi, Y. (2005). The Resilient Enterprise: Overcoming Vulnerability for Competitive Advantage. *MIT Press*.
- Shepherd, C., & Günter, H., (2006), Measuring supply chain performance: current research and future directions. *International Journal of Productivity and Performance Management*, vol.55, n°3-4, pp.242-258.
- Sherehiya, B., Karwowski, W., & Layer, J.K. (2007). A review of enterprise agility: concepts, frameworks, and attributes, *International Journal of Industrial Ergonomics*, vol.37, n°5, pp.445-460.
- Sheu, C., Yen, H. R. & CHae, B. (2006). Determinants of supplier-retailer collaboration: Evidence from an international study. *International Journal of Operations & Production Management*, 26 (1), pp.24-49.
- Shi, D. (2004), A review of enterprise supply chain risk management, *Journal Of Systems Science And Systems Engineering*, Vol. 13, N° 2, pp.219-244.
- Shunk, D.L, Kim, J.I, & Nam, H.Y. (2003). The application of an integrated enterprise modeling methodology- FIDO- to Supply Chain integration modeling, *Computer and industrial Engineering*, pp 1-27.
- Silverman, B.S. (1999). “Technological resources and the direction of corporate diversification: toward an integration of the resource-based view and transaction cost economics”, *Management Science*, 45(8), pp. 1109-1124.
- Simatupang, T.M., & Sridharan, R. (2001). The collaborative supply chain: A scheme for information sharing and incentive alignment. Research Manuscript, Massey University,
- Simatupang, T.M., & Sridharan, R. (2008). Design for supply chain collaboration. *Business Process Management Journal*, 14(3), 401–418.
- Simchi-Levi, D., (2007). Designing and managing the supply chain, McGraw-Hill College.
- Simchi-Levi, D., Kaminsky, P. & Simchi-Levi, E. (2003). Designing and Managing the Supply Chain: Concepts, Strategies, and Case Studies. McGraw-Hill, New York, 354 p.
- Sliwa, J. (2005). HP, Sun launch RFID test centers. *RFID Journal*. Disponible en ligne: <http://www.rfidjournal.com>.

## Bibliographie

---

- So, C., & Zheng, X. (2003). Impact of supplier's lead time and forecast demand updating on retailer's order quantity variability in a two-level supply chain. *International Journal of Production Economics* 86, n° 2 (Novembre 11) : 169-179. doi : 10.1016/S0925-5273(03)00050-1.
- Sodhi, M.S. (2001). Applications and opportunities for Operations Research in internet-enabled supply chains and electronic marketplaces. *Interfaces*, 31, pp.56-69
- Sohn, S. Y., & Lim, M. (2008). The effect of forecasting and information sharing in SCM formulti-generation products. *European Journal of Operational Research*, 186(1), 276-287.
- Sounderpandian, J., Boppana, R. V. & Chalasani, S. (2006). Cost benefit analysis of RFID implementations in retail stores. *Proceedings of Innovations in Information Technology Conference (Dubai), UAE.*
- Spalanzani, A & Evrard Samuel, K. (2006). L'absorption de l'incertitude dans la chaîne logistique : passé, présent et futurs, *Logistique & management*, Vol.14 n°2, pp. 38-51.
- Spengler, T. & Schröter, M. (2003). Stategic management of spare parts in closed-loop supply chains—a system dynamics approach. *Interfaces*, 33, n° 6, pp. 7-17
- Spalanzani, A., (2003). Evolution et perspectives de l'organisation et de la gestion industrielle : l'impact des systèmes d'information, in *Présents et futurs des systèmes d'information*, PUG, pp. 19-43.
- Speyerer, J. & Zeller, A. (2004). Managing supply networks: Symptom recognition and diagnostic analysis with web services. In: *Proceedings of the 37th Hawaii International Conference on System Sciences*, Hawaii, USA.
- Springer, M. & Kim, I. (2010). Managing the order pipeline to reduce supply chain volatility , *European Journal of Operational Research*, n° 203, pp.380–392.
- Sriram, V. & Stump, R. (2004). Information technology investments in purchasing: An empirical investigation of communications, relationships and performance outcomes, *Omega*, The International Journal of Management Science, Vol. 32, N°, pp. 41-55
- Srivastava, B. (2004).“Radio Frequency ID technology: the next revolution in SCM” *Business Horizons*, 47 (6), pp. 60-68.
- Stadtler H. (2000). Supply Chain Management: An Overview. In: *Supply Chain Management and Advanced Planning*, Springer-Verlag.
- Stadtler H. (2005). Supply chain management and advanced planning – basics, overview and challenges, *European Journal of Operational Research*, volume 163, Issue 3, P.575-588.
- Stadtler, H., & Kilger, C. (2000). *Supply Chain Management and Advanced Planning: concepts, models, software and case studies*, Editions Springer Verlag, 2000.
- Stalk, H. Jr., & Hout, T.M. (1990). *Competing Against Time, How Time-based Competition Is Reshaping Global Markets*, Free Press, New York, 304 p.

## Bibliographie

---

- Stank, T.P., Keller, S.B., & Daugherty, P.J. (2001). Supply chain collaboration and logistical service performance, *Journal of Business Logistics*, Vol. 22, N° 1, pp. 29.
- Stapleton, D., Hanna, J.B., Yagla, S., Johnson, J., & Markussen, D. (2002). Measuring Logistics Performance using the Strategic Profit Model, *International Journal of Logistics Management*, Vol 13, N° 1, pp 89-107.
- Stearns, S.C. (2000). Daniel Bernoulli (1738): evolution and economics under risk . *Journal of biosciences*, vol.25, n°3, pp.221–228
- Stefan, T. (2004). Performance measurement: from philosophy to practice. *International Journal of Productivity and Performance Management*, 54(8), pp.726-737.
- Sterman, J.D. (2000). *Business Dynamics Systems Thinking and Modelling for A Complex world*, Boston, Mass.: Irwin/McGraw-Hill. 982.
- Stevenson, W. J. (2007). *Operations Management*. McGraw-Hill Companies, 9th edition
- Stock, G., Greis, N., & Kasarda, J. (1999). “Logistics, strategy and structure”, *International Journal of Physical Distribution & Logistics*, Vol. 29, n° 4, pp. 224-239.
- Strassner, M., & Fleisch, E. (2005). Innovationspotenzial von RFID für das Supply-Chain-Management, “ *Wirtschaftsinformatik*, 47 (1), pp.45-54.
- Strassner, M., & Schoch, T. (2004). “Today’s impact of ubiquitous computing on business processes”, Institute of Information Management of University of St. Gallen,
- Subramani, M.R. (2004). “How do Suppliers Benefit from IT Use in Supply Chain Relationships. *MIS Quarterly*, Vol. 28 N°1, pp.45-75.
- Subramanya, K.N., & Sharma, S.C. (2008). Simulation Modeling of Information Flow in a 3stage efficient Supply Chain Network. *International Journal of Computer Science*, 8(11), pp. 335-342.
- Swafford, P.M., Ghosh, S. & Murthy, N. (2008). “Achieving supply chain agility through IT integration and flexibility”, *International Journal of Production Economics*, 116(2), pp. 288-297.
- Swain, J.J. (2007). “New frontiers in simulation (Biennial survey of discrete-event simulation software)”. *OR/MS Today* 34 (5): pp.32–43.
- Swaminathan J.M., Sadeh N.M., Smith S. F., (1997). Effect of sharing supplier capacity information. Haas School of Business, University of California, Berkeley
- Swaminathan, J.M., & Tayur, S.R. (2003), “Models for Supply Chains in E-Business”, *Management Science*, 49(10), pp. 1387-1406
- Swaminathan, J.M., Smith, S.F., & Sadeh, N.M., (1998). Modeling supply chain dynamics: A multi-agent approach. *Decision Sciences*, 29(3), pp. 607-632.
- Szirbik, N.B., Wortmann, J.C., Hammer, D.K., Goosenaerts, J.B.M., & Aerts, A.T.M., (2000). Mediating negotiations in a virtual enterprise via mobile agents. In: *Proceedings of the*

- Academia/Industry Working Conference on Research Challenges (IEEE Computer Society Eds.), Buffalo, New York, USA, pp. 237–242
- Ta, C.D. (2004). Démarche de traçabilité globale, *Logistique & Management*, Vol. 12 – N°1, pp.35-40.
- Tahon C., & Frein Y., (2000), Document de synthèse du groupe de recherche en productique – thème 4 : Evaluation de Performances.
- Tajima, M. (2007). Strategic value of RFID in supply chain management. *Journal of Purchasing and Supply Management* 13(4): 261-273.
- Tallon, P.P., & Pinsonneault, A. (2011). Competing perspectives on the link between strategic information technology alignment and organizational agility: Insights from a mediation model. *MIS Quarterly*, 35(2), 463–486.
- Tamayo, S., Monteiro, T. & Sauer, N. (2009). Deliveries optimization by exploiting production traceability information. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 22(4-5), pp.557-568.
- Tan, G.W. (1999). The impact of demand information sharing on supply chain network. Ph.D. dissertation, University of Illinois at Urbana-Champaign, Urbana, IL.
- Tan, K.C. (2001). A framework of Supply Chain management literature, *European Journal of Purchasing & Supply Management*, 7, pp39-48.
- Tan, K.C., Kannan, V.R., & Handfield, R.B. (1998). Supply chain management: supplier performance and firm performance. *International Journal of Purchasing and Materials Management*, vol.34 (3), pp.2–9.
- Tang, D., Zhu, R., Gu, W., & Zheng. K. (2011). RFID applications in automotive Assembly line equipped with friction drive conveyors”. In *International Conference on Computer Supported Cooperative Work in Design (CSCWD)*, Number 111056, pp.586–592
- Tang, Z., Chen, R., & Ji, X. (2005). Operational tactics and tenets of a new manufacturing paradigm instant customerization. *International Journal of Production Research*, vol. 43, n° (14-15), pp.2873–2894.
- Taratynava, N., Burlat, P., & Boucher, X. (2009). Analyse des échanges de prévisions dans une chaîne logistique MTS/MTO. *Journal Européen des Systèmes Automatisés*, 10, 1179-1205.
- Tardieu, H., Rochfeld, A, & Collett, C. (2000). La méthode MERISE, Editions d'Organisation, 344p.
- Tayur, S., Ganeshan, R., & Magazine, M. (1999). Quantitative Models for Supply Chain Management (Kluwer Aca.). Boston.
- Tchapnga R., Deschamps J.-C., Dupas R, (2012a), *International Conference in Advances in Production Management Systems, APMS'2012*, Rhodes island (Greece)

- Tchapnga, R., Deschamps J.-C., & Dupas R. (2012b), A Grasp with variable neighborhood descent for the pickup and delivery problem with time windows, 4th International Conference on Information Systems, Logistics and Supply Chain, ILS (12), Quebec, Canada.
- Tchapnga, R., Deschamps, J.C., & Dupas R. (2012c), An hybrid Multistart Heuristic for the Pickup and Delivery Problem with and without Transshipment, *9th International Conference of Modeling, Optimization and Simulation (MOSIM'12)*, Bordeaux, France.
- Tellkamp, C. (2006). The impact of Auto-ID technology on process performance -RFID in the FMCG supply chain. *PhD Thesis*, The University of St. Gallen.
- Tewoldeberhan, T. W., Verbraeck, A., Valentin, E., & Bardonnnet, G. (2002). An evaluation and selection methodology for discrete-event simulation software. Winter Simulation Conference. San Diego.
- Thangiah, S.R., Fergany, A., & Awan, S. (2007). Real-time split-delivery pickup and delivery time window problems with transfers, *Central European Journal of Operations Research*, vol. 15, n°4, pp. 329–349.
- Thierry C., & Lamothe J. (2006). Gestion des risques au sein d'une chaîne logistique, Ecole des Mines d'Albi, GdRMACS, modélisation, analyse et conduite des systèmes dynamiques, sciences et techniques de la production de biens et de services. Conférences plénières. Exposés de synthèse, Paris 2006.
- Thiesse F., & Fleisch E. (2008). On the Value of Location Information to Lot Scheduling in Complex Manufacturing Processes. *International Journal of Production Economics*, Vol. 112, n° 2, pp. 532-547.
- Thiesse, F. & Michahelles, F. (2006). An overview of EPC technology, *Sensor Review*, vol. 26, n° 2, pp.101-105.
- Thomas, D.J, Griffin, P.M. (1996). Coordinated supply chain management. *European Journal of Operational Research*, Vol. 94, pp. 1-15.
- Thonemann, U. W. (2002). Improving supply-chain performance by sharing advance demand information. *European Journal of Operational Research*, vol. 142, pp.81-107.
- Thun, J. (2010). Angles of integration: An empirical analysis of the alignment of Internet-based information technology and global supplychain integration. *Journal of Supply Chain Management*, vol. 46, n°2, pp.30–44.
- Tixier D., Mathe H., & Colin J. (1983). La logistique au service de l'entreprise : moyens, mécanismes et enjeux, Dunod, Paris.
- Toni, D.A. & Tonchia, S. (1998). Manufacturing-flexibility: a literature review, *International Journal of Production Research*, vol.36, n°6, pp.1587-1617.
- Towill, D.R. (1996). Time compression and supply chain management – a guided tour. *Supply Chain Management*, vol.1, n°1, pp.15-27.

- Tran, S. (2012). Le pilotage des entreprises étendues : le rôle du système d'information dans le dispositif de gestion, finance contrôle stratégie, pp. 1-21.
- Trienekens, J. H., Van Uffelen, R., Debaire, J. & Omta, S. W. F. (2008). Assessment of innovation and performance in the fruit chain; the innovation-performance matrix. *British Food Journal*, vol.110, n°1, pp. 98-127.
- Trilling, L., & Besombes, B. (2004). Investigation et comparaison des méthodes et outils d'analyse pour l'étude des systèmes hospitaliers. Hôpitaux, regroupement partage, pilotage-Bilan année 1. R Rhône-Alpes.
- Tseng, T. L., & Huang, C. C. (2007). Rough set-based approach to feature selection in customer relationship management. *Omega*, vol.35, pp. 365-383.
- Tseng, Y-Y., & Yue W-L. (2005). The role of transportation in the logistics chain. In: *Proceedings of the Eastern Asia Society for Transportation*, 5, pp. 1657-1672.
- Tu, M., Lin, J.H., Chen, R.S., Chen, K.Y., & Jwo J.S. (2009). Agent-Based Control Framework for Mass Customization Manufacturing With UHF RFID Technology. *IEEE Systems Journal*, vol. 3, n°3, pp. 343–359.
- Ubilava D., & Foster K. (2009). Quality Certification vs. Product Traceability: Consumer Preferences for Informational Attributes of Pork in Georgia, *Food Policy*, Vol. 34, n° 3, pp. 305–310.
- US DoD (Department of Defense) (2005). Initial regulatory flexibility analysis of passive Radio Frequency Identification (RFID), version 1.2.
- US DoD (Department of Defense) (2007). United States Department of Defense suppliers passive RFID information guide, version 9.0., disponible sur [www.dodrfid.org](http://www.dodrfid.org).
- Valla A. (2008). Une méthodologie de diagnostic de la performance d'une chaîne logistique, thèse d'obtention de doctorat à l'Institut National des Sciences Appliquées de Lyon, 222p.
- Valla A., Botta-Genoulaz V., Guinet A., & Riane F. (2005). Business Process Improvement using simulation: An industrial application, *International Conference on Industrial Engineering and Systems Management (IESM 5)*, May 16-19, Marrakech, Morocco, pp. 884-893.
- Van Der Vorst, J., Tromp, S., & Van Ser Zee, D.J. (2005). Simulation environment for the redesign of food supply chain networks: Modeling quality controlled logistics. *Proceedings of the 2005 winter simulation conference*, 2005, pp. 1658-1667.
- Van Hoek, R. I., Harrison, A., & Christopher, M. (2001). Measuring agile capabilities in the supply chain. *International Journal of Operations & Production Management*, vol.21, n°1/2, pp. 126–147.
- Van Oosterhout, M., Waarts, E., & Van Hillegersberg, J. (2006). Change factors requiring agility and implications for IT. *European Journal of Information Systems*, vol.15, n°2, pp. 132–145.

- Vathanophas, V. (2007). Business process approach towards an inter-organizational enterprise system. *Business Process Management Journal*, vol.13, n° 3, pp. 433-450.
- Ventä, O. (2007). Intelligent Products and Systems', Technology Theme - Final Report. VTT, Espoo: VTT Publications.
- Vernadat F. (1999). Techniques de modélisation en entreprise : application aux processus opérationnels, Editions Economica.
- Véronneau, S. (2008). L'information dans la chaîne logistique, Lavoisier | Revue française de gestion, n° 186, pp 149- 161
- Vickery, S.K., Droge, C., Setia, P., & Sambamurthy, V. (2010). Supply chain information technologies and organisational initiatives: Complementary versus independent effects on agility and firm performance. *International Journal of Production Research*, vol. 48, n°23, pp.7025–7042
- Vijayarathy, L., & Robey, D. (1997). The effect of EDI on market channel relationship in retailing. *Information and Management*, vol.33 n°2, pp.73–86.
- Viruega, J.L. (2006). La traçabilité ; un enjeu stratégique, Encyclopédie Techniques de l'Ingénieur, traité Traçabilité, Ref. Doc. TR 300, Ed. Techniques de L'Ingénieur, Paris, Ed. 11.
- Vo, T.L.H. (2010). Simulation et gestion des chaînes logistiques globales dans l'incertain : application à une filière agro-alimentaire face à la crise sanitaire, *Logistique & Management*, vol. 18, n°1, pp.81-93
- Vo, T.L.H., & Bironneau, L. (2011). Systèmes d'information et gestion globale de la chaîne logistique : un état de l'art, 2ème journée thématique SILOGIN – Systèmes d'information, *Logistique et Innovation*, pp.1-17.
- Vollmann, T. , Berry, W., Whybark, D.C, & Robert Jacobs ,F. (2004). Manufacturing planning and control systems for supply chain management , McGraw-Hill Education, 598p.
- Vrba, P., Macurek, F., & Marik, V. (2008). Using radio frequency identification in agent-based control systems for industrial applications. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, vol.21, pp.331–342.
- Wagner,S.M., & Bode, C. (2008). An empirical examination of Supply Chain performance along several dimensions of risk. *Journal of Business logistics*, vol, 29, n°1, pp 307-325.
- Waldner, J. (2008). *Nanocomputers and swarm intelligence*. ISTE John Wiley & Sons.
- Wang, E., & Wei, H.(2007). Interorganizational Governance Value Creation: Coordinating for Information Visibility and Flexibility in Supply Chains, *Decision Science*, Vol.38, n°4, pp.647-674.
- Wang, J., Luo, Z., Wong, E.C., & Tan, C. (2007). RFID Assisted Object Tracking for Automating Manufacturing Assembly Lines. *IEEE International Conference on e-Business Engineering (ICEBE'07)*, pp. 48–53.

## Bibliographie

---

- Wang, L., Kwok, S.K., & Ip, W.H. (2010). A radio frequency identification and sensor-based system for the transportation of food, *Journal of Food Engineering*, vol. 101, pp. 120-129.
- Wang, R.Y., & Strong, D.M., (1996). Beyond accuracy: What Data Quality means to Data Consumers, *Journal of Management Information Systems*, Vol.12, n° 4, pp.5-34.
- Wang, S., Liu, S., & Wang, W. L. (2008). The simulated impact of RFID-enabled supply chain on pull-based inventory replenishment in TFT-LCD industry. *International Journal of Production Economics*, vol. 112, pp.570–586.
- Ward, P. & Zhou, H. (2006). Impact of information technology integration and lean/just-intime practices on lead-time performance, *Decision Sciences*, vol. 37, n°2, pp. 177-203.
- Watson., N. & Zheng, Y. (2005). Decentralized serial supply chains subject to order delays and information distortion: Exploiting real-time sales data. *Manufacturing & Service Operations Management*, vol.7, n° 2, pp.152-168.
- Wei, K., L. Zheng, Q. Xiang, & Chen, X. (2010). Applications of RFID in a SCOR-model driven enterprise production system. In *2010 IEEE 17Th International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management*, pp. 501–505.
- Weining, L., Linjiang, Z., Dihua., S., Xiaoyong, L., Min., Z. & Fan, Y. (2010).RFID-based production operation management for multi-varieties and small-batch production. In *IEEE International Conference on RFID-Technology and Applications*, pp.1–6
- Weis, S.A. (2007). RFID (Radio Frequency Identification): Principles and Applications, MIT CSAIL
- Welker, G. A., Vaart, T. V. D., & van Donk, D. P. (2008). The influence of business conditions on supply chain information sharing mechanisms: A study among supply chain links of SMEs. *International Journal of Production Economics*, vol.113, n°2, pp.706-720.
- Wen, W. (2010). An intelligent traffic management expert system with RFID technology, *Expert Systems with Applications*, vol. 37, pp.3024–3035.
- Whipple, J. M., & Russell, D. (2007). Building supply chain collaboration: A typologyof collaborative approaches. *International Journal of Logistics Management*, vol.18, n°2, pp. 174–196.
- Whitaker, J., Mithas, S., & Sharda, M. S. (2007). A field study of RFID deployment and return expectations. *Production and Operations Management*, vol.16, n°5, pp. 599-612.
- Wiengarten, F., & Humphreys, P. (2010). Collaborative Supply Chain Practices and Performance : exploring the key role of information quality, *Supply Chain Management: An International Journal*, vol.15, n°6, pp.463-473.
- Williams T.j., (1994). The Perdue Enterprise Reference Architecture. *Computers in Industry*, vol.24, n°2-3, pp.141-158.

- Wong, C.Y., & McFarlane, D. (2005). RFID data capture and its impact on shelf replenishment. Tech. rep., C bridge Auto-ID Lab, Centre for Distributed Automation and Control.
- Wong, W.K., Qi, J. & Leung, S.Y.S. (2009). Coordinating supply chains with sales rebate contracts and vendor-managed inventory", *International Journal of Production Economics*, n° 120, n°1, pp.151–161.
- Woo, S.H., Choi, J.Y., Kwak C., & Kim, C.O. (2009). An active product state tracking architecture in logistics sensor networks, *Computers in Industry*, vol, 60, n° 3, pp.149–160.
- Wright, D. & Yuan, X., (2008). Mitigating the bullwhip effect by ordering policies and forecasting methods. *International Journal of Production Economics*, vol. 113, n°2, pp.587–597.
- Wu, Y.N., & Cheng, T.C.E. (2008). The impact of information sharing in a multiple-echelon supply chain. *International Journal of Production Economics*, vol.115, n°1, pp.1-11.
- Wyld, D.C., (2006). RFID 101: The next big thing for management. *Management Research News*, vol.29, n°4, pp.154-173.
- Xiaohuil, W., Xiaobing, Z., Shijil, S., & Cheng, W. (2006). Study on risk analysis of supply chain enterprises. *Journal of Systems Engineering and Electronics*, vol .17, pp.781-787.
- Xue, X., Shen, Q., Tan, Y., Zhang, Y., & Fan, H. (2011). Comparing the value of information sharing under different inventory policies in construction supply chain. *International Journal of Project Management*, vol.29, n°7, pp.867-876.
- 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.
- Young, S.M., Shields, M.D., & Wolf, G. (1988). Manufacturing Controls And Performance: An Experiment. *Accounting Organizations and Society*, vol.13, n°6, pp.607-618.
- Yu, Y., Huang, G. Q., & Liang, L. (2009). Stackelberg game-theoretic model for optimizing advertising, pricing and inventory policies in vendor managed inventory (VMI) production supply chains. *Computers & Industrial Engineering*, vol.57, n°1, pp. 368-382.
- Yue, X., & Liu, J. (2006). Demand forecast sharing in a dual-channel supply channel. *European Journal of Operational Research*, vol.174, pp.646–667.
- Zacharewicz, G., Deschamps, J.C, & Francois, J. (2011). Distributed simulation platform to design advanced RFID based freight transportation systems, *Computers in Industry*, vol. 62 , pp. 597–612.
- Zaharudin, A.A., Wong, C.Y., Agarwal V., McFarlane D., Koh, R., & Kang, Y.Y. (2002). The intelligent product driven supply chain. *Tech. Rep. 05, AUTO-ID LABS*.

## Bibliographie

---

- Zakarian, A., & Kusiak, A.(2001). Process analysis and reengineering. *Computers and Industrial Engineering*, vol.41, pp. 135-150.
- Zaojie, K., & Guoying, H. (2007). The Effect of Information Sharing on Inventory in A Two-stage Supply Chain. *Automation and Logistics ICAL '07, Jinan*, pp.2883-2886.
- Zhang, C. & Dhaliwal, J. (2009). An investigation of resource-based and institutional theoretic factors in technology adoption for operations and supply chain management, *International Journal of Production Economics*, vol.120, n°1, pp. 252-269.
- Zhang, C., & Zhang, C. (2007). Design and simulation of demand information sharing in a supply chain, *Simulation Modelling Practice and Theory*, vol. 15, pp32-46.
- Zhang, H., Wu, P., Zhao, X.,& Yeung, J. (2007). The Impact of Information Sharing Pattern and Replanning Cycle on the Performance of Supply Chain. *Automation and Logistics ICAL '07, Jinan*, pp. 2902-2906.
- Zhang, X.(2012). *The role of ICT on Supply Chains*, University of Groningen, the Netherlands, 154p.
- Zhao, X, Xie, J., & Leung, J. (2002). The impact of forecasting model selection on the valueof information sharing in a supply chain. *European Journal of Operational Research*, vol.142, n°2, pp.321-344.
- Zhou, H., & Benton, J.W.C. (2007). Supply Chain practice and information sharing. *Journal of operations Management*, vol.25, n°6, pp.1348-1365.
- Zhu, K., Kraemer, K. L., & Xu, S. (2003). Electronic business adoption by European firms : a cross-country assessment of the facilitators and inhibitors. *European Journal of Information Systems*, vol. 12, pp. 251-268
- Zhu, X., Mukhopadhyay, S.K., & Kurata, H.(2012). A review of RFID technology and its managerial applications in different industries, *J.Eng.Technol.Manage*, vol.29, pp.152–167