

Titre: Stratégies technologiques pour améliorer la gestion des médicaments dans la chaîne d'approvisionnement pharmaceutique et le circuit hospitalier : le cas des codes-barres et du RFID
Title:

Auteur: Alejandro Romero Torres
Author:

Date: 2012

Type: Mémoire ou thèse / Dissertation or Thesis

Référence: Romero Torres, A. (2012). Stratégies technologiques pour améliorer la gestion des médicaments dans la chaîne d'approvisionnement pharmaceutique et le circuit hospitalier : le cas des codes-barres et du RFID [Thèse de doctorat, École Polytechnique de Montréal]. PolyPublie. <https://publications.polymtl.ca/935/>
Citation:

 **Document en libre accès dans PolyPublie**
Open Access document in PolyPublie

URL de PolyPublie: <https://publications.polymtl.ca/935/>
PolyPublie URL:

Directeurs de recherche: Élisabeth Lefebvre
Advisors:

Programme: Génie industriel
Program:

UNIVERSITÉ DE MONTRÉAL

**STRATÉGIES TECHNOLOGIQUES POUR AMÉLIORER LA GESTION
DES MÉDICAMENTS DANS LA CHAÎNE D'APPROVISIONNEMENT
PHARMACEUTIQUE ET LE CIRCUIT HOSPITALIER : LE CAS DES
CODES-BARRES ET DU RFID**

ALEJANDRO ROMERO TORRES

DÉPARTEMENT DE MATHÉMATIQUES ET DE GÉNIE INDUSTRIEL
ÉCOLE POLYTECHNIQUE DE MONTRÉAL

THÈSE PRÉSENTÉE EN VUE DE L'OBTENTION
DU DIPLÔME DE PHILOSOPHIAE DOCTOR (Ph.D.)
(GÉNIE INDUSTRIEL)

AOÛT 2012

UNIVERSITÉ DE MONTRÉAL

ÉCOLE POLYTECHNIQUE DE MONTRÉAL

Cette thèse intitulée :

STRATÉGIES TECHNOLOGIQUES POUR AMÉLIORER LA GESTION DES
MÉDICAMENTS DANS LA CHAÎNE D'APPROVISIONNEMENT
PHARMACEUTIQUE ET LE CIRCUIT HOSPITALIER : LE CAS DES CODES-
BARRES ET DU RFID

présentée par : ROMERO TORRES Alejandro

en vue de l'obtention du diplôme de : Philosophiae Doctor

a été dûment acceptée par le jury d'examen constitué de :

Mme DE MARCELLIS-WARIN Nathalie, Doct., présidente

Mme LEFEBVRE Élisabeth, Ph.D., membre et directrice de recherche

M. BOECK Harold, Ph.D., membre

M. DAOUDI Jaouad, Ph.D., membre

REMERCIEMENTS

Ce projet de recherche conclut trois ans de travail et je tiens en ces quelques lignes à exprimer ma reconnaissance envers tous ceux qui y ont contribué.

Je souhaiterais adresser en premier lieu mes plus chaleureux remerciements à ma directrice de recherche, le professeur Élisabeth Lefebvre. Elle n'a pas simplement accepté de diriger mon projet de doctorat: elle n'a eu de cesse de m'encourager et de me soutenir durant ces trois années. J'ai fortement apprécié la qualité de ses conseils, sa disponibilité et son investissement constant.

J'aimerais exprimer ma gratitude au professeur Louis-A. Lefebvre, décédé malheureusement quatre mois avant le dépôt de cette thèse. Ses conseils judicieux et son soutien ont été présents durant toute la réalisation de ce projet de recherche. Il m'a fait prendre conscience du privilège que j'avais de pouvoir réaliser un doctorat.

Je suis très honoré que les professeurs Nathalie De Marcellis-Warin, Harold Boeck et Jaouad Daoudi aient accepté de faire partie de mon jury. Je tiens à les remercier pour leur implication et leurs judicieux conseils. C'est également un très grand honneur d'avoir comme représentant du doyen le professeur Samuel Pierre.

Nombreux sont ceux à avoir au fil de mon étude accepté d'y participer. Je les remercie de m'avoir donné leur précieux temps, d'avoir ouvert les portes de leurs institutions, ainsi que d'avoir porté de l'intérêt sur le déroulement de la présente thèse. Je suis également fort reconnaissant envers les personnes qui ont participé comme répondants à l'enquête effectuée dans le cadre de cette thèse.

Finalement, je remercie tous les membres du centre de recherche e-Poly, et plus spécifiquement mes amis Linda Castro, Yassine El-Ghazali, Caroline Krissi, Lucia Correa et Ygal Bendavid qui m'ont accueilli et incité à donner le meilleur de moi-même. Je souhaite aussi remercier très chaleureusement l'équipe de planification hospitalière EPHOS de Genivar pour m'avoir accompagné dans mes premiers pas dans le milieu hospitalier: un merci spécial à Françoise Paillassard, Raoulf Yacoub et Jenny Moreno.

RÉSUMÉ

Cette thèse par cumul d'articles tente de mieux comprendre l'évolution des technologies, la compétition entre deux régimes technologiques et l'émergence d'un design dominant. Elle a été conduite dans le contexte spécifique du secteur de la santé et s'est intéressée aux stratégies technologiques pour améliorer la gestion des médicaments. En effet, si un consensus existe quant aux bienfaits des médicaments sur la santé, la gestion des médicaments n'est pas nécessairement optimale et différents enjeux et problèmes peuvent être identifiés. Premièrement, la gestion des médicaments requiert du personnel spécialisé, des technologies sophistiquées, et des procédures de contrôle et de sécurité. Ceci représente des dépenses majeures pour le système de santé. Au Canada, 32 milliards de dollars auraient été assignés pour l'approvisionnement et la gestion des médicaments en 2011, ce qui constitue la deuxième dépense la plus importante pour le système de santé juste après celle des centres hospitaliers. Deuxièmement, les erreurs de médication représentent la huitième cause de décès au monde et entraînent des coûts substantiels. Les États-Unis, par exemple, dépensent par année 2 milliards de dollars pour mitiger les conséquences des erreurs liées aux médicaments. Troisièmement, la présence croissante des médicaments contrefaits est préoccupante puisqu'ils représentent au niveau mondial près de 10% du volume total des médicaments, ce qui est estimé pour 2010 à près de 75 milliards de dollars, soit une augmentation de 92% par rapport à 2005. Enfin, les médicaments représentent une part non négligeable des déchets médicaux, soit approximativement 15% de ces déchets dans les hôpitaux, et ne sont pas nécessairement traités de façon adéquate.

Les systèmes d'identification et de suivi des médicaments sont considérés comme la stratégie privilégiée pour assurer une gestion plus optimale des médicaments et contrer les problèmes et les enjeux mentionnés précédemment. Cependant, il existe une compétition entre deux porteurs de données nécessaires pour ces systèmes, soit les codes-barres, technologie mature et bien établie depuis plusieurs décennies (ancien régime technologique) et RFID (Radio Frequency Identification), technologie émergente et considérée par certains comme disruptive (nouveau régime technologique). Le passage d'un régime technologique à un autre est qualifié de chaotique, est caractérisé par des niveaux d'incertitudes élevés et correspond à une ère de fermentation (*era of ferment*) ou « interrègne ». Or, cette ère de fermentation qui donne naissance au design dominant reste très peu explorée dans la littérature. La thèse tente donc d'explorer l'ère de fermentation.

Plus spécifiquement, cette thèse poursuit trois objectifs généraux.

Le premier objectif vise à analyser les stratégies technologiques et les dynamiques observées pendant l'ère de fermentation ou « interrègne » entre les codes-barres et RFID en tant que porteurs de données pour les

systèmes d'identification et de suivi des médicaments. Quelles sont les plateformes technologiques mises en œuvre ou envisagées pour améliorer la gestion des médicaments tout au long de la chaîne d'approvisionnement pharmaceutique et dans les hôpitaux? Quels sont les mérites relatifs des deux technologies qui s'affrontent? Quel sera le design dominant qui permettrait d'améliorer la gestion des médicaments? Comment le progrès technologique peut-il permettre l'identification des médicaments?

Le deuxième objectif tente d'évaluer l'importance relative des divers facteurs (technologiques, organisationnels, inter-organisationnels et ceux liés à l'environnement externe) qui prolongent ou raccourcissent l'ère de fermentation ou « interrègne » entre les codes-barres et RFID en tant que porteurs de données pour les systèmes d'identification et de suivi des médicaments. Quels sont les principaux facteurs qui favorisent la fin de l'ère de fermentation et l'émergence du design dominant? Quels sont les principaux facteurs qui prolongent l'ère de fermentation et qui entravent l'émergence du design dominant?

Le troisième objectif cherche à cerner les principaux impacts (perçus ou réels) de l'adoption des codes-barres et de la technologie RFID en tant que porteurs de données pour les systèmes d'identification et de suivi des médicaments. Quels sont ces impacts et quelle est leur importance relative? Est-ce que ces impacts diffèrent selon les acteurs de la chaîne de valeur des médicaments? Est-ce que ces impacts contribuent au prolongement de l'ère de fermentation ou à l'émergence du design?

L'étude sur le terrain examine les systèmes d'identification et de suivi des médicaments qui permettent d'améliorer la gestion des médicaments à deux niveaux : au niveau de la chaîne d'approvisionnement pharmaceutique et au niveau de leur parcours dans les hôpitaux, ce qui inclut la fonction logistique de la pharmacie hospitalière et les processus de médication. Au total, 132 organisations et 178 individus ont participé à cette recherche exploratoire qui mise sur des données quantitatives et qualitatives et sur plusieurs méthodes de collectes de données telles que l'analyse de documents, les observations, la modélisation et la simulation des processus, les entrevues semi-structurées, les discussions de groupe (*focus groups*) et l'enquête.

Les principaux résultats ont été structurés en trois différents articles de thèse. Le premier article porte sur la chaîne d'approvisionnement pharmaceutique et démontre que le consensus entre les acteurs de cette chaîne pour déterminer la meilleure stratégie technologique pour identifier et suivre les médicaments et, ainsi, éviter la contrefaçon est loin d'être atteint. RFID est considérée comme une technologie supérieure aux codes-barres sur le plan logistique. Cependant, la popularité de l'ancienne technologie et les problèmes techniques associés à la nouvelle technologie s'avèrent être les principaux obstacles pour son

adoption. Les solutions hybrides combinant les codes-barres et le RFID présentent aussi des avantages importants pour la gestion de la chaîne d'approvisionnement.

Le deuxième article est centré sur les processus de la fonction logistique de la pharmacie hospitalière et démontre l'importance d'analyser les niveaux d'emballage des médicaments et les inefficiences des processus logistiques afin de déterminer la solution la plus adéquate pour l'identification et le suivi des médicaments. Une configuration hybride combinant la technologie RFID pour identifier les boîtes et les cassettes des médicaments et les codes-barres pour identifier les emballages primaires semble être la configuration qui répond le mieux aux caractéristiques organisationnelles et aux exigences du secteur de la santé. Cette solution hybride pointe vers une coexistence entre les codes-barres et la technologie RFID comme stratégie privilégiée pour les systèmes d'identification et de suivi des médicaments. De plus, cet article analyse les impacts (réels ou perçus) de cette coexistence, tels que les bénéfices relatifs à la gestion des médicaments, les enjeux d'implantation et le développement de nouvelles relations inter-organisationnelles entre les acteurs de la chaîne de valeur de médicaments.

Le troisième article analyse quatre chemins d'adoption pour améliorer les processus de médication dans un service d'urgence, soit l'adoption des barres-codes seulement, l'adoption de RFID seulement, la migration des barres-codes vers RFID et l'adoption simultanée des barres-codes et de RFID. En tenant compte des caractéristiques des processus de médicaments, des avantages relatifs des deux porteurs données, des caractéristiques organisationnelles, de l'influence des acteurs externes et des impacts perçus ou réels, la coexistence entre les codes-barres et la technologie RFID s'avère la solution la plus efficace et la plus compatible.

Cette thèse de doctorat présente plusieurs contributions. Sur le plan théorique, les contributions principales portent sur l'étude de l'ère de fermentation et sur l'émergence de standards technologiques, et plus particulièrement sur le modèle de la coexistence de deux technologies rivales. Nos résultats supportent le modèle de Tushman et Anderson sur le cycle évolutif des technologies et confirme la présence de l'ère de fermentation entre les codes-barres et le RFID. Les résultats obtenus suggèrent que de multiples configurations technologiques peuvent coexister. La coexistence peut se réaliser selon trois modèles, un modèle de convergence, un modèle de migration (des barres-codes vers RFID) et un modèle hybride capitalisant sur les avantages respectifs des deux porteurs de données.

Sur le plan méthodologique, les contributions correspondent à l'originalité de la stratégie de recherche déployée permettant de capter la complexité de la problématique dans un seul système de recherche. La démarche méthodologique empruntée préconise en effet l'étude de plusieurs cas multiples et le recours à différentes méthodes de collectes de données à la fois qualitatives et quantitatives.

Sur le plan pratique, les résultats obtenus à partir de cette thèse peuvent être utilisés par les décideurs publics, les gestionnaires, les développeurs de solutions technologiques pour résoudre les enjeux liés à l'utilisation des médicaments. Cette thèse présente des cartographies détaillées de différents processus relatifs à la gestion des médicaments. Cet outil peut être pris comme référence pour élaborer leurs plans d'action et améliorer les processus actuels. L'analyse des mérites relatifs à chaque configuration technologique peut être utilisée pour diminuer l'incertitude technologique expérimentée par les acteurs du secteur de la santé.

Mots clés : Évolution technologique, codes-barres, RFID, gestion des médicaments, circuit hospitalier et chaîne d'approvisionnement pharmaceutique

ABSTRACT

The main objective of this thesis by articles is to gain a better understanding of the technological progress, the competition between two technological regimes and the emergence of a dominant design in the specific context of the healthcare sector. This thesis focuses on the technological strategies to improve medicines management. Such a focus is motivated by different reasons. First, medicines management requires specialized medical and non-medical personnel, sophisticated technologies as well as safety and quality procedures, triggering major expenditures for the healthcare system. In Canada, 32 billion dollars have been allocated for the procurement and management of medicines in 2011, representing the second largest expense for the Canadian healthcare system. Second, medication errors are the eighth leading cause of death worldwide and generate substantial costs. For instance, these errors cost annually more than 2 billion dollars for the U.S. healthcare sector. Third, counterfeit medicines represent a serious public health challenge as they account almost 10% of the worldwide pharmaceutical market and represent in 2010 nearly \$75 billion, a 92% increase over 2005. Finally, a significant portion of medical wastes, for instance approximately 15% of hospital wastes, comes from discarded medicines and their disposal may not be adequately addressed.

Track and trace systems, or traceability systems, are considered as the preferred technological strategy to improve the medicines management and counteract the problems and issues mentioned above. However the choice of the data carrier that enables the tracking and tracing of medicines is not clear yet as a competition between two technologies can be observed, namely between the mature and well-established barcodes (the old technological system) and the emerging and disruptive Radio Frequency Identification or RFID (the new technological regime). The transition from one technological regime to the other is described as chaotic, is characterized by high levels of uncertainty and corresponds to an era of ferment or "interregnum." However, this era of fermentation that gives rise to the dominant design remains largely unexplored in the literature. The thesis therefore attempts to explore the era of fermentation.

More specifically, this thesis has three general objectives.

The first objective is to analyze the technological strategies and the dynamics observed during the era of ferment or "interregnum" between barcodes and RFID as the data carrier for tracking and tracing medicines. Which technological platforms are developed to improve medicines management throughout the pharmaceutical supply chain and the hospital processes? What are the relative merits of these two data carriers? What will be the dominant design for tracking and tracing medicines? How does technological progress evolve?

The second objective attempts to assess the relative importance of several factors, namely the technological, organizational, inter-organizational and environment related factors that extend or shorten the era of ferment or "interregnum" between barcodes and RFID as the data carrier for tracking and tracing medicines. Which factors contribute to the end of the era of ferment and to the emergence of the dominant design? Which factors prolong the era of fermentation and slow down the emergence of the dominant design?

The third objective corresponds to the evaluation of the main impacts (perceived or real) generated by the adoption of barcodes and RFID technology as the data carrier for tracking and tracing medicines. What are these impacts? Do these impacts differ between the actors of the healthcare sector? Do these impacts prolong the era of ferment and slow down the emergence of the dominant design?

This thesis presents a field study that assesses the technological solution for tracking and tracing medicines at two levels, at the pharmaceutical supply chain level and within the hospitals. The latter includes the logistics activities of the hospital pharmacy and the medication processes. A total of 132 organizations and 178 individuals have participated to this exploratory research. Empirical evidence is based on quantitative and qualitative data and relied on multiple data collection methods such as document analysis, observations, process model and simulation, semi-structured interviews, focus groups and survey.

The main findings are discussed in three articles. The first article analyses the technological anti-counterfeiting strategies as they are envisioned in Europe and North America and evaluates their respective potential in improving the integrity of the pharmaceutical supply chains. It shows that the consensus among the pharmaceutical actors to determine the best technological strategy for tracking and tracing medicines is far from being reached. Although RFID technology holds a strong potential to improve logistics, the popularity of the barcodes (old technology) and the technical problems associated with the new technology proved to be the main obstacles for the RFID adoption. Hybrid solutions combining barcodes and RFID entail significant advantages for improving medicines management.

The second article focuses on the processes of the logistics function of the hospital pharmacy and demonstrates the importance of analyzing the levels of drug packaging and inefficiencies of logistics processes to determine the most appropriate solution for tracing and tracking medicines. The hybrid configuration, combining RFID technology for tracking cases, bundles and bins, and barcodes for identifying primary packages, seems to be, taking into account the contextual constraints, the most promising solution. This hybrid solution points to a coexistence between the barcode and RFID

technology as a preferred strategy for automatic identification and tracking of medicines. Moreover, this paper analyzes the impacts (real or perceived) of this coexistence, such as the benefits for medication management, the implementation issues and the development of new inter-organizational relationships between the actors in the value chain drug.

The third article explores four different adoption paths for improving the medication process of an emergency department, namely full barcode implementation, full RFID implementation, migration and hybridization. Taking into account the characteristics of the medication processes, the relative merits of the two data carriers, the characteristics of healthcare organizations, and the perceived or real impacts, the coexistence of barcode and RFID technology seems to be the most effective and most compatible adoption path.

This thesis makes several contributions. At the theoretical level, it improves our collective understanding of the era of ferment in general and the coexistence of two competing technologies in particular. Our results support to some extent the previous work on technological progress as proposed by Tushman and Anderson and confirm the presence of an era of ferment between barcodes and RFID. However, our research suggests that a dominant design may not be reached and, consequently, multiple technological configurations could coexist. Coexistence between RFID and barcode can lead to three models, a convergence model, a migration model (from barcodes to RFID) and a hybrid model that capitalizes on the advantages of both data carriers.

Another contribution arises from the research design that could be termed as original. Indeed, it attempts to capture the complexity of the problem in one single research relying on both qualitative and quantitative data and on multiple data collection methods.

As for practical contributions, results may be useful to policy makers, managers and technological developers for counteracting the issues and problems related to the medicine management. The detailed process maps presented in this document may be used as a reference for assessing existing processes and for elaborating action plans. Finally, our research assesses the relative merits of the different technological configurations. This analysis can be used to reduce some of the technological uncertainty experienced by the healthcare sector.

Key words: Technological progress, barcodes, RFID, medicines management, hospital medicines processes and pharmaceutical supply chain.

TABLE DES MATIÈRES

REMERCIEMENTS	iii
RÉSUMÉ.....	iv
ABSTRACT	viii
TABLE DES MATIÈRES	xi
LISTE DES TABLEAUX.....	xvii
LISTE DES FIGURES	xix
LISTE DES SIGLES ET ABRÉVIATIONS	xxi
LISTE DES ANNEXES.....	xxiii
INTRODUCTION.....	1
CHAPITRE 1 CONTEXTE DE RECHERCHE	4
1.1 Le secteur de la santé	4
1.2 Les médicaments	5
1.2.1 Les enjeux généraux liés aux médicaments	6
1.2.2 Processus liés à la gestion des médicaments	7
1.3 Technologies de support pour la gestion des médicaments	12
1.3.1 Les investissements technologiques dans la chaîne pharmaceutique.....	13
1.3.2 Les investissements technologiques du circuit hospitalier.....	14
1.4 Les systèmes d'identification et de suivi des médicaments	18
1.4.1 Les porteurs de données	19
1.4.2 Les codes-barres	20
1.4.3 La technologie RFID.....	23
1.4.4 Les solutions hybrides basées sur les codes-barres et la technologie RFID	27
CHAPITRE 2 FONDEMENTS THÉORIQUES	30

2.1	Gestion d'innovations technologiques dans le secteur de la santé.....	30
2.1.1	Les théories sur les innovations technologiques dans le secteur de la santé.....	30
2.1.2	Les caractéristiques de l'innovation technologique dans le secteur de la santé.....	32
2.1.3	L'impact de l'adoption des innovations technologiques dans le secteur de la santé .	34
2.1.4	Les facteurs d'adoption des technologies de l'information dans le secteur de la santé	39
2.2	L'évolution des technologies	50
2.2.1	Le cycle de vie de technologies.....	50
2.2.2	La dynamique introduite par le cycle de vie des technologies.....	52
2.2.3	L'évolution des technologies marquée par les discontinuités technologiques.....	53
2.3	La compétition entre les technologies pour le design dominant	56
2.3.1	Le design dominant ou standard technologique	56
2.3.2	Les modèles sur la compétition de technologies.....	57
2.3.3	Les éléments retardateurs du design dominant	60
2.3.4	La coexistence des régimes technologiques.....	60
CHAPITRE 3	PROBLÉMATIQUE SPÉCIFIQUE, STRATÉGIE MÉTHODOLOGIQUE ET STRUCTURE DE LA THÈSE.....	63
3.1	Problématique spécifique, propositions de recherche et objectifs	63
3.2	Cadre conceptuel proposé	67
3.2.1	La rupture technologique	67
3.2.2	L'ère de fermentation	68
3.2.3	L'émergence du design dominant	70
3.3	Stratégie méthodologique privilégiée.....	70
3.3.1	La nature de la recherche	70
3.3.2	Le terrain de recherche	71

3.3.3	L'approche mixte	72
3.3.4	Méthodes de collecte de données	74
3.3.5	Organisations participantes et répondants	77
3.4	Structure de la thèse et présentation des articles	82
3.4.1	Premier article : Processus de la chaîne d'approvisionnement	84
3.4.2	Deuxième article : Processus logistiques	85
3.4.3	Troisième article : Processus de médication	85
CHAPITRE 4 ANTI-COUNTERFEITING TECHNOLOGICAL INITIATIVES IN PHARMACEUTICAL SUPPLY CHAINS: CONTRASTING THE EUROPEAN AND NORTH AMERICAN PERSPECTIVES		87
4.1	Introduction	88
4.2	Counterfeit medicine and the pharmaceutical supply chains	89
4.3	Drivers and impacts of counterfeit medicines	91
4.4	Technological strategies against counterfeit medicines	93
4.4.1	Broad technological strategies: End-to-end verification system vs. E-pedigree system	93
4.4.2	The two data carriers retained for the end-to-end verification and e-pedigree systems: Data Matrix vs. RFID	95
4.4.3	Conflicting perspectives and hybrid strategies	96
4.4.4	Competing technologies: RFID as a disruptive technology	98
4.5	Methodology	99
4.5.1	Data collection methods	99
4.5.2	Research variables	100
4.5.3	Profile of participants	100
4.5.4	Data collection	100

4.6	Results and discussion.....	101
4.6.1	The influence of control variables.....	101
4.6.2	Effectiveness of the different technological initiatives	102
4.6.3	Relatives merits of RFID: discriminant analysis.....	103
4.6.4	Content analysis	107
4.7	Conclusions	109
4.8	References	112
	Appendix 4.1. Theorical justification of the relative merits of RFID	118
CHAPITRE 5 IMPROVING THE HOSPITAL PHARMACY LOGISTICS FUNCTION THROUGH THE ADOPTION OF BARCODES AND RFID: TOWARDS A HYBRID SOLUTION		119
5.1	Introduction	120
5.2	Healthcare logistics	121
5.2.1	Supply chain management	121
5.2.2	Hospital pharmacy.....	122
5.2.3	The medicine value chain and the hospital pharmacy logistics function.....	123
5.3	Track and trace system for improving logistics processes	124
5.3.1	Past and current initiatives	124
5.3.2	The mature, well established and proven technology: barcodes	125
5.3.3	The emergent and disruptive technology: RFID	126
5.3.4	Hybrid solution.....	127
5.4	Methodology	128
5.4.1	Research strategy.....	128
5.4.2	Research sites and key participants.....	129
5.5	Results and discussion.....	130

5.5.1	Level of medicines packages.....	130
5.5.2	Inefficiencies of the hospital pharmacy logistics function.....	132
5.5.3	Required information for medicine identification.....	134
5.5.4	Benefits derived from the traceability system for the hospital pharmacy logistics .	136
5.6	Conclusion.....	140
5.7	References	141
Appendix 5.1. Macro process mapping: Primary processes for the hospital pharmacy logistics function.....		149
Appendix 5.2. Process mapping analysis: Delivery of an urgent medicine to the hospital pharmacy		150
Appendix 5.3. Content analysis for the delivery of an urgent medicine to the hospital pharmacy: Comparing the AS-IS process map to each of the three TO-BE process maps		152
CHAPITRE 6 BREAKING THE BARCODE AND RFID MYTH: ADOPTION PATHS FOR IMPROVING THE MEDICATION PROCESS.....		153
6.1	Introduction	153
6.2	Background	154
6.2.1	The medication process	154
6.2.2	Adoption of new technologies for the medication process	155
6.2.3	Adoption paths for barcodes and RFID.....	157
6.3	Methodology	158
6.3.1	Participants organizations	158
6.3.2	Participants	158
6.3.3	Data collection strategies	159
6.3.4	Primary research site: the Emergency Department in hospital A	160
6.4	The current situation.....	161

6.4.1	The medication process in the Emergency Department in hospital A	161
6.5	Adoption paths	167
6.5.1	The relevance of a full barcode implementation	168
6.5.2	The relevance of a full RFID implementation	171
6.5.3	The relevance of coexistence: Migration for barcode to RFID	174
6.5.4	The relevance of coexistence: Hybridization	175
6.6	Conclusions	176
6.7	References	178
	Appendix 6.1. Actual medication process	181
CHAPITRE 7 DISCUSSION GÉNÉRALE		182
7.1	Discussion de l'ensemble de résultats	182
7.1.1	Validation des trois propositions de recherche	182
	Premier article : Processus de la chaîne d'approvisionnement	182
	Deuxième article : Processus logistiques	183
	Troisième article : Processus de médication	183
7.1.2	Discussion des résultats selon les objectifs de recherche poursuivis	185
7.2	Limites et contraintes de l'étude	191
7.3	Contributions de l'étude	192
7.3.1	Les contributions théoriques	193
7.3.2	Les contributions méthodologiques	194
7.3.3	Les contributions pratiques	195
7.3.4	Les contributions relatives aux contextes québécois et canadien	196
CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS		200
RÉFÉRENCES		202

ANNEXES	233
---------------	-----

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1-1: Les professionnels, les unités et les technologies dans le circuit hospitalier.....	11
Tableau 1-2: Taux d'adoption des technologies dans la pharmacie hospitalière au Québec (MSSS, 2007).....	17
Tableau 1-3: Exemples d'applications basées sur les codes-barres pour identifier les médicaments	22
Tableau 1-4: Taux d'adoption des technologies RFID dans la pharmacie hospitalière aux États-Unis	26
Tableau 1-5: Exemples d'applications basées sur la technologie RFID pour identifier les médicaments.....	26
Tableau 1-6: Exemples d'applications basées sur les codes-barres et la technologie RFID pour identifier les médicaments.....	27
Tableau 2-1: Les caractéristiques des innovations technologiques.....	32
Tableau 2-2: Les variables de la qualité du système de la santé	35
Tableau 2-3: Quelques études utilisant le modèle TAM dans le secteur de la santé.	40
Tableau 2-4: Les variables du modèle TAM pour le secteur de la santé	41
Tableau 2-5: Les attributs des codes-barres et de la technologie RFID facilitant leur adoption ...	43
Tableau 2-6: Caractéristiques organisationnelles facilitant l'adoption des codes-barres et la technologie RFID	45
Tableau 2-7: Les caractéristiques des innovations technologiques.....	59
Tableau 2-8: Les travaux sur la coexistence de deux technologies.....	61
Tableau 3-1: Facteurs influençant l'émergence d'un design dominant	69
Tableau 3-2: Description des cas étudiés dans ce projet de recherche.....	77
Tableau 3-3: Description des participants	79
Tableau 3-4: Organisations participantes et répondants	81

Tableau 3-5: Les trois articles de thèse	84
Table 4-1: Profile of respondents (n-113)	100
Table 4-2: Control variables (n-113)	101
Table 4-3: The effectiveness of different technological initiatives (n-113)	102
Table 4-4: Main results from the stepwise discriminant analysis for the relative merits of RFID (n-113)	104
Table 4-5: Selected comments from the on-site interviews and the e-survey	107
Table 5-1: Required information for each level of medicine packaging	135
Table 5-2: The retained configurations for tracking and tracing medicines for the hospital pharmacy logistics processes	136
Table 5-3: The relative importance of the benefits of a track and trace system based on three different configurations	137
Table 6-1: Profile of participants	158
Table 6-2: Medication process	164
Table 6-3: Factors of decision for the four adoption paths	168

LISTE DES FIGURES

Figure 1-1: Principales activités de la gestion des médicaments (adaptée de l'EFPIA, 2005; MSSS, 2007)	7
Figure 1-2: Acteurs de la chaîne d'approvisionnement pharmaceutique (Figure adaptée de l'EFPIA, 2005)	9
Figure 1-3: Évolution technologique de l'approvisionnement dans le secteur de la santé (Langebeer, 2007)	15
Figure 1-4: Typologies des codes-barres	20
Figure 2-1: Modèle d'adoption des innovations technologiques	43
Figure 2-2: Le cycle de vie des innovations technologiques dans la pharmacie hospitalière (Mettler et Rohner, 2009)	51
Figure 2-3: La trajectoire des technologies (Tushman and Rosenkopf, 1992)	54
Figure 2-4: Le modèle cognitif de la trajectoire des technologies (Kaplas et Tripsas, 2008)	55
Figure 3-1: Propositions de recherche, objectifs et sous-objectifs	66
Figure 3-2: Cadre conceptuel général	68
Figure 3-3: Classification de méthodes de recherche (adapté de Gill, 2011)	72
Figure 3-4: Stratégie de recherche privilégiée	76
Figure 3-5: Structure de la thèse	83
Figure 4-1: The pharmaceutical supply chain (adapted from EFPIA, 2005)	90
Figure 4-2: End-to-end verification system vs. E-pedigree system	94
Figure 4-3: Data Matrix vs. RFID tag in the pharmaceutical industry	95
Figure 4-4: Technological initiatives for ensuring the integrity of the pharmaceutical supply chain	98
Figure 5-1: Medicines value chain	123
Figure 5-2: Profile of key participants	130

Figure 5-3: Levels of medicine packaging throughout the medicine value chain.....	131
Figure 6-1: Adoption paths (adapted from Hovav et al., 2006)	157
Figure 6-2: Medication label	160
Figure 6-3: Medication process.....	161
Figure 6-4: Patients's barcode wristband	169
Figure 6-5: Medicine barcode label	169
Figure 6-6: Patient's RFID wristband	172
Figure 6-7: Medication dose label furnished with a RFID tag.....	172
Figure 6-8: Medicine label furnished with a RFID tag	172
Figure 7-1: Validation des propositions de recherche en fonction des trois articles de thèse.....	184
Figure 7-2: Synthèse des résultats selon les objectifs de recherche qui sous-tendent la première proposition de recherche	186
Figure 7-3: Synthèse des résultats selon les objectifs de recherche qui sous-tendent la deuxième proposition de recherche	188
Figure 7-4: Synthèse des résultats selon les objectifs de recherche qui sous-tendent la troisième proposition de recherche	190

LISTE DES SIGLES ET ABRÉVIATIONS

ADS	Système à dispensation automatique
AHQ	Association des Hôpitaux au Québec
AIDC	Technologies d'identification et de registre de données automatique
AIS	Système d'information administrative
aSRM	Système de la gestion de la relation avec les fournisseurs analytique
BRIDGE	Building Radio frequency IDentification for the Global Environment
CIS	Systèmes d'Information Clinique
CPOE	Prescription informatisées d'ordres médicaux
DSQ	Dossier de Santé du Québec
cSRM	Système de la gestion de la relation avec les fournisseurs collaboratif
EDI	Échange de Données Informatisées
EPC	Electronic Product Code
EPR	Système de gestion intégrée
GTIN	Gloal Trade Item Numer (Code du produit pharmaceutique)
HIBC	Healthcare Information Barcode Standard
HIMSS	Healthcare Information and Management Systems Society
ICIS	Institut Canadien d'Information sur la Santé
MSSS	Ministère de la Santé et des Services Sociaux
MIT	Massachusetts Institute of Technology
NDC	National Drug Code (Numéro national du médicament)
NTIC	Nouvelles Technologies de l'Information et de la Communication
OCDE	Organisation de Coopération et de Développement Économique
OMS	Organisation Mondiale de la Santé

ONS	Object Name Service
oSRM	Système de la gestion de la relation avec les fournisseurs opérationnel
PACS	Système de communication d'images
PIB	Produit Interne Brut
PIS	Système d'Information de la Pharmacie
RFID	Identification par fréquence radio (technologie RFID)
SARDM	Systèmes Automatisés et Robotisés pour la Distribution de Médicaments
SIIO	Systèmes d'Information Inter-Organisationnels
SKU	Identifiant par famille de produit
SNI	Schéma standard des numéros de séries
UDDS	Système à dispensation uni-dose
UPC	Code universel du produit
WMS	Système de gestion des inventaires

LISTE DES ANNEXES

ANNEXE A – LE CIRCUIT HOSPITALIER DES MÉDICAMENTS	233
ANNEXE B – QUESTIONNAIRE UTILISÉ POUR LE SONDAGE ET LES ENTREVUES SEMI-STRUCTURÉES	236
ANNEXE C – REVUE DE LITTÉRATURE SUR LES MÉRITES RELATIFS AUX CODES- BARRES ET À LA TECHNOLOGIE RFID	240

INTRODUCTION

Le progrès technologique est devenu l'un des axes le plus discuté dans le domaine du management de la technologie en raison de son impact sur la structure des industries et l'économie. Au cours des dernières années, le monde scientifique a montré un profond intérêt pour cette voie de recherche afin de mieux comprendre les changements technologiques et organisationnels. Ces travaux scientifiques ont permis d'analyser la compétition entre différents régimes technologiques et l'émergence des designs dominants (Schilling, 2002; Suarez, 2004; Srinivasan et al., 2006; Gallagher, 2007; Clymer et Asaba, 2008; Soh, 2010). Une vaste documentation descriptive et analytique concerne le progrès des technologies comme, par exemple, la définition de standards technologiques dans le secteur de l'électricité (Passer, 1972; Hughes, 1983), la définition des standards dans l'industrie de la télévision (Crane, 1979); l'émergence des systèmes de modulation de fréquences AM et FM (Bessen, 1992), la prédominance de la configuration du clavier QWERTY (David, 1985), ou, la compétition entre le système de vidéo VHS et BETA (Consumano et Rosenbloom, 1991). Plusieurs travaux ont conceptualisé l'évolution technologique comme une trajectoire marquée par des discontinuités, par une phase de fermentation, par l'émergence d'un design dominant et, finalement, par une phase de changements incrémentaux (Abernathy et Utterback, 1978; Anderson et Tushman, 1990; Benner et Tushman, 2003; Anderson, Jack, et Dodd, 2005; Soh, 2009). D'après ces documents, le marché a tendance à s'aligner vers une seule solution qui deviendra le standard technologique (Abernathy et Utterback, 1978; Anderson et Tushman, 1990). Cependant, la littérature ne présente que quelques cas où deux régimes technologiques peuvent coexister. Ceci est bel et bien le cas de PC (DOS/Intel) et de Macintosh.

Malgré que tous ces efforts de recherche offrent des pistes d'étude pour analyser le progrès technologique, la dynamique de compétition entre deux générations successives d'innovations a été peu étudiée (Ansari et Garud, 2009). Notamment, la littérature montre d'importantes lacunes pour expliquer les facteurs qui entraînent la coexistence de deux régimes technologiques. Il nous semble donc particulièrement intéressant sur le plan théorique et conceptuel de mieux comprendre les dynamiques de l'«inter-règne» entre une ancienne technologie et une nouvelle. Dans la présente thèse doctorale, nous avons comme objectif d'apporter un certain éclairage sur la manière dont le progrès technologique entre deux générations des technologies évolue tout en reconnaissant qu'une telle quête est fort ambitieuse.

Pour accomplir ce dernier objectif, nous nous centrons sur l'évolution de la technologie RFID (*Radio Fréquence Identification*) dans le contexte de la gestion des médicaments. En effet, le secteur de la santé évalue deux différentes technologies comme porteur de données pour identifier et suivre les médicaments : les codes-barres fortement établis et présents depuis plusieurs décennies (l'ancien régime

technologique) et la technologie RFID (nouveau régime technologique). Même s'il s'agit de deux innovations différentes, les deux assurent l'identification et le suivi des médicaments tout au long de la chaîne d'approvisionnement et dans le circuit hospitalier.

Le secteur de la santé a été choisi comme source d'évidence empirique à cause de son importance et des enjeux observés dans ce secteur. Ce secteur fait en effet face à une profonde crise depuis plusieurs années. Les gouvernements doivent adapter les systèmes de santé nationaux aux réalités économique, démographique, technologique et organisationnelle. Sur le plan économique, les dépenses en matière de santé ont connue une forte croissance. Elles représentaient en 2010 plus de 17,4% du PIB pour les États-Unis et plus de 11,7% pour le Canada (OCDE, 2010). Sur le plan démographique, les coûts augmentent en fonction de l'accroissement de la population du troisième âge. Sur le plan technologique, des équipements médicaux plus performants et des médicaments plus spécialisés ont un impact positif sur la santé des patients. Cependant, leur intégration impose des coûts économiques élevés. Sur le plan organisationnel, les pays de l'OCDE connaissent des dysfonctionnements notables, dont, par exemple, la pénurie du personnel qui menace l'accessibilité aux soins de santé pour les patients. De plus, la structure et les processus actuels des systèmes de santé des pays développés ne permettent pas l'utilisation optimale des ressources médicales. Ainsi, la qualité des soins de santé se voit fortement limitée (OCDE, 2005).

Plus spécifiquement, nous nous intéressons à la gestion des médicaments. Cet actif représente le deuxième poste budgétaire le plus important pour le système de santé canadien, soit 32 milliards de dollars en 2011 (ICIS, 2012), juste après les hôpitaux. Malgré qu'un consensus existe quant aux bienfaits des médicaments sur la santé, la gestion des médicaments n'est pas nécessairement optimale. De plus, différents problèmes sont identifiés comme, par exemple, une sur-utilisation de médicaments, des erreurs médicales, des impacts négatifs sur l'environnement et la présence croissante des médicaments contrefaits.

Les enjeux de la gestion qui nous intéressent plus particulièrement se centrent principalement sur les problèmes de visibilité, d'intégrité et de disponibilité des médicaments à deux niveaux. Le premier niveau est la chaîne d'approvisionnement où les médicaments contrefaits sont introduits dans la chaîne légale et où ces produits sont vendus illégalement. Le deuxième niveau est le circuit hospitalier où l'on retrouve des erreurs médicales ainsi que un contrôle des stocks et des procédures médicales qui n'est assez serré. Ces derniers enjeux se retrouvent dans le circuit hospitalier, plus spécifiquement au niveau de la fonction logistique de la pharmacie hospitalière et au niveau des processus relatifs à l'administration de médicaments aux patients.

Cette thèse avec articles comprend sept chapitres. Le premier chapitre présente le contexte dans lequel nous avons exécuté cette recherche tandis que le deuxième chapitre examine les assises théoriques du projet de recherche doctorale. Le troisième chapitre 3 expose la problématique spécifique de recherche et

la démarche privilégiée sur les plans théorique et méthodologique. Les trois prochains chapitres (chapitres 4, 5 et 6) correspondent aux trois articles de thèse. Le septième et dernier chapitre offre une synthèse des résultats obtenus dans les trois articles de thèse, présente aussi les limites de la recherche et les contributions sur les plans théorique, méthodologique, et pratique. La thèse se termine par une brève conclusion qui dégage certaines avenues de recherche.

CHAPITRE 1 CONTEXTE DE RECHERCHE

Ce travail de recherche porte sur l'évolution de la technologie RFID afin d'améliorer la gestion des médicaments au niveau de la chaîne d'approvisionnement pharmaceutique et au niveau du circuit hospitalier. En effet, l'intégration des services et l'adoption de nouvelles technologies sont au cœur des stratégies privilégiées pour résoudre la crise du secteur de la santé et assurer l'efficacité des services des soins (Christensen et Reimer, 2009). Pour permettre de mieux cerner la problématique générale de cette thèse, la section 1.1 illustre l'importance du secteur de la santé. La section 1.2 démontre la place importante des médicaments dans le système de la santé, présente aussi les processus de gestion des médicaments et discute des principaux enjeux liés à cette gestion. Par la suite, la section 1.3 présente le retard technologique qu'expérimente le secteur de la santé et qui ne permet pas une gestion optimale des médicaments que ce soit au niveau de la chaîne d'approvisionnement pharmaceutique ou au niveau du circuit hospitalier. Finalement, la section 1.4 examine les systèmes d'identification et de suivi des médicaments qui constitueraient une solution aux enjeux discutés dans la section 1.2. Cette dernière section inclut une analyse des deux principales technologies qui sous-tendent ces systèmes: les codes-barres et la technologie RFID.

1.1 Le secteur de la santé

L'objectif du secteur de la santé est d'offrir plusieurs services médicaux afin d'assurer la santé et le bien-être du patient. Ces services sont le résultat de la combinaison de multiples intrants et extrants nécessaires (Swinehart et al., 1995) pour promouvoir, rétablir et maintenir la santé physique et mentale d'une population sur un territoire donné (OMS, 2000). Bergman et al., (2011) classifie les services de santé en cinq principales catégories : (i) prévenir des problèmes de santé, (ii) détecter les problèmes de santé (iii) diagnostiquer les maladies, (iv) donner un traitement aux patients malades et, (v) fournir des soins des soins palliatifs et gériatriques de qualité.

Pour assurer l'accessibilité aux services de santé, le secteur de la santé doit faire d'importants investissements. Au Canada, le maintien du système de santé en 2011 aurait atteint 200,5 milliards de dollars, ce qui représente approximativement 5,800 dollars par habitant canadien par année (ICIS, 2012). Les principaux commanditaires du secteur sont les gouvernements provincial et fédéral. En effet, ils fournissent 68,4% du budget nécessaire pour les services de santé (OCDE, 2011).

En ce qui concerne la distribution du budget du secteur de la santé, les centres hospitaliers (incluant les cliniques et laboratoires) représentent la dépense la plus importante (Stone et al., 2000, Schneller et al., 2006). Les médicaments occupent le deuxième rang des dépenses totales de santé. En 2010, les dépenses

totales en médicaments au Canada ont été de 31,1 milliards de dollars (ICIS, 2011). Ceci représente un investissement de 912 dollars par habitant (ICIS, 2011). Cette même année, le gouvernement québécois a assigné 5,15 milliard de dollars pour l'approvisionnement des médicaments (MSSS, 2011).

Malgré ces investissements importants, la gestion des centres hospitaliers et, plus spécifiquement, celle des médicaments entraînent plusieurs enjeux qui peuvent mettre en péril la santé et le bien être des patients (The Joint Commission Public Policy Initiatives, 2009; Conrad et Perry, 2009). Ce fait incite les gestionnaires du milieu hospitalier à investir dans l'optimisation de la gestion des actifs du secteur de la santé. Ces derniers reconnaissent que la mise en place de nouvelles stratégies de contrôle de l'approvisionnement des biens et des services hospitaliers peut apporter différents bénéfices en termes de réduction des coûts, d'amélioration de l'efficacité des opérations, de la sécurité et, par conséquent, d'amélioration de la qualité des soins aux patients (Schneller et al., 2006). Parallèlement, le *Ministère de Santé et de Services Sociaux du Québec* a mis en marche des travaux importants pour développer le *Dossier de santé du Québec* (DSQ). Ce nouveau système informatique permettra «aux médecins, aux infirmières et aux pharmaciens de consulter et de transmettre, de façon simple et rapide, des informations de base concernant la santé des québécois» (MSSS, 2007).

1.2 Les médicaments

Le médicament est défini comme une « substance ou mélange de substances pouvant être employé pour le diagnostic, le traitement, l'atténuation ou la prévention d'une maladie, d'un désordre, d'un état physique ou d'un symptôme anormal, chez l'homme ou chez les animaux, Il peut être aussi utilisé en vue de restaurer, corriger ou modifier les fonctions organiques chez l'homme ou chez les animaux » (ASSTSAS, 2006). Les médicaments sont des produits qui ne peuvent pas être vendus s'ils sont défectueux ou s'ils ne respectent pas les règlements gouvernementaux. Pour leur commercialisation, ils doivent respecter les quatre caractéristiques suivantes : ils doivent être identifiables, purs, sécuritaires et puissants (Potdar, 2006).

Le gouvernement québécois a instauré différentes lois pour assurer l'accès de la population aux médicaments. Avant 1989, 17% de la population du Québec n'avaient pas accès à une assurance pour couvrir le coût des produits pharmaceutiques. Le gouvernement a donc adopté la loi d'assurance-médicaments afin de garantir que toute la population puisse avoir accès à ces produits (MSSS, 2007). Plus récemment, le *Ministère de Santé et de Services Sociaux du Québec* a mis en place deux réformes qui cherchent à améliorer l'utilisation et la gestion des médicaments (MSSS, 2007). Premièrement, le gouvernement a adopté le 1^{er} février 2007 une nouvelle politique articulée autour de quatre axes, soit :

l'accès aux médicaments, l'établissement d'un prix juste et raisonnable, un usage optimal et le maintien d'une industrie biopharmaceutique dynamique au Québec.

1.2.1 Les enjeux généraux liés aux médicaments

Malgré qu'un consensus existe quant aux bienfaits des médicaments sur la santé, la gestion des médicaments n'est pas nécessairement optimale et différents problèmes sont identifiés, comme par exemple:

- i) **Une sur-utilisation des médicaments** (Conseil canadien de la santé, 2010) En effet, « au cours des 10 dernières années, le nombre d'ordonnances exécutées dans les pharmacies communautaires a presque doublé. Elles sont passées de 272 millions en 1999 à 483 millions en 2009 » (Conseil canadien de la santé, 2010). Ceci ne peut être justifié uniquement par le vieillissement de la population
- ii) **Des erreurs dans le secteur hospitalier** au niveau de la prescription et de la distribution des médicaments dans les hôpitaux. Elles représentent la huitième cause de décès au niveau mondial (Kohn et al., 2000) et sont en tête de liste dans les études sur les événements adverses (Bertrand, Bisailon et De Marcellis-Warin, 2011). Ces erreurs entraînent des coûts substantiels. Par exemple, les États-Unis dépensent par année 2 milliards de dollars pour mitiger les conséquences des erreurs liées aux médicaments (Kohn et al., 2000).
- iii) **La présence croissante des médicaments contrefaits.** Il s'agit d'un phénomène en pleine expansion, lié à la mondialisation grandissante et aux mesures de dérèglementation qui influencent le marché pharmaceutique (Barbureau, 2006). Les médicaments contrefaits représentent aujourd'hui près de 10% du volume total des médicaments (OMS, 2010). Cela a été estimé pour 2010 à près de 75 milliards de dollars, soit une augmentation de 92% par rapport à 2005. Cette estimation est cependant trop conservatrice pour certains experts (Clock, 2010).
- iv) **Un coût élevé de gestion.** Les médicaments doivent être produits, emballés, distribués, stockés, préparés, administrés et éliminés suivant plusieurs procédures (Potdar, 2006; Bureau et Miller, 2010). Cela entraîne des dépenses majeures car cette gestion requiert du personnel spécialisé, des technologies sophistiquées et des procédures de contrôle et de sécurité (Meiller et al., 2010).
- v) **Des impacts négatifs sur l'environnement** (Environnement Canada, 2009) qui peuvent mettre en danger la santé de la population et la stabilité des systèmes écologiques. Les produits pharmaceutiques se retrouvent directement (dans le cas de produits périmés, par exemple) ou indirectement (après avoir été absorbés) dans les réseaux d'aqueduc, les cours d'eau et les nappes

phrétiques Étant donné que ces produits sont bioactifs, ils restent nocifs même à de très faibles concentrations. Dans les hôpitaux, les médicaments représentent une part non négligeable des déchets médicaux, approximativement 15%, et ne sont pas nécessairement traités de façon adéquate.

1.2.2 Processus liés à la gestion des médicaments

Du point de vue du secteur de la santé, la gestion des médicaments représente l'habilité des centres hospitaliers d'optimiser l'utilisation des médicaments (Bond et al, 2002). Cette gestion repose sur « les informations, les marchandises et l'argent nécessaire pour acquérir et transférer les biens et les services du fournisseur [les laboratoires pharmaceutiques] jusqu'à l'usage final [l'administration au patient] afin de contrôler les coûts » (Schneller et al., 2006). Certains auteurs stipulent que la gestion des médicaments a pour objectif d'assurer la sécurité du patient en respectant les cinq « B » : le bon produit ou le bon service, au bon patient, au bon moment, en utilisant le bon moyen et dans la bonne quantité (Boulet, 2001; Shaeffer, 2009). Shaeffer (2009) et Dumitru (2009) ajoute trois autres « B » à ce principe : une bonne communication, par une bonne raison et une bonne documentation de la gestion.

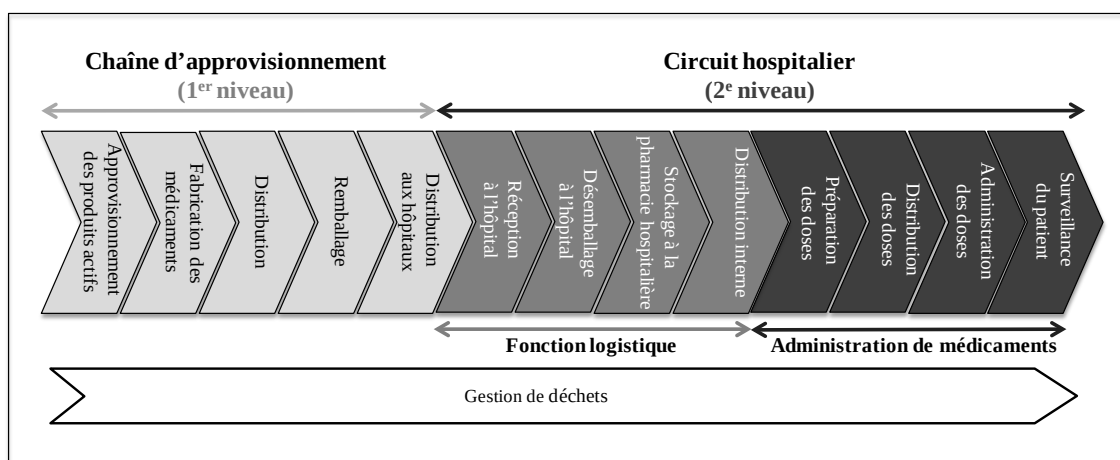


Figure 1-1: Principales activités de la gestion des médicaments (adaptée de l'EFPIA, 2005; MSSS, 2007)

Dans le cadre de cette thèse, nous retenons le cas typique où les médicaments sont destinés aux centres hospitaliers et considérons deux niveaux ou deux familles de processus (Figure 1-1) qui constituent principalement la gestion des médicaments : la gestion de la chaîne d'approvisionnement et la gestion du circuit hospitalier. La chaîne d'approvisionnement ou logistique externe (section 1.1.2.1) désigne la gestion des activités et des processus reliée aux flux des médicaments, de l'information et de l'argent. Cette gestion commence par l'approvisionnement de produits actifs jusqu'à la réception des médicaments au centre hospitalier (partie grise claire de la Figure 1-1). Le circuit hospitalier ou logistique interne (section 1.1.2.2) représente l'ensemble des activités et des processus réalisés par les services et unités

responsables de la gestion des médicaments dans l'hôpital. Le circuit hospitalier comprend, en aval, la fonction logistique de la pharmacie (partie en gris foncé de la Figure 1-1) et, en amont, l'administration des médicaments aux patients (partie noire de la Figure 1-1). Finalement, la gestion des déchets doit être considérée tout au long du cycle de vie des médicaments.

1.2.2.1 La chaîne d'approvisionnement des médicaments

Le concept de chaîne d'approvisionnement est apparu dans les années 80 et de multiples définitions ont été proposées. L'une des plus connues est celle de Lambert et co-auteurs (1998) qui décrit la chaîne d'approvisionnement comme l'ensemble des organisations nécessaires pour offrir un produit ou service au marché (Lambert et al., 1998). La gestion de la chaîne d'approvisionnement désigne «la planification et la coordination de la suite des étapes de production et distribution d'un produit depuis les fournisseurs des fournisseurs du producteur jusqu'aux clients de ses clients» (Supply Chain Council Management Professionals, 2012). Plus récemment, Hugos (2011) définit la chaîne d'approvisionnement comme le réseau d'organisations qui collaborent ensemble pour coordonner les activités nécessaires afin de livrer un produit au marché. Ceci inclut la production, la gestion des inventaires, la localisation des produits et leur transport. Ainsi, la chaîne d'approvisionnement des médicaments, aussi désignée sous le nom de chaîne d'approvisionnement pharmaceutique («*pharmaceutical supply chain*») réfère à la coordination de processus nécessaires pour livrer les médicaments aux consommateurs par l'intermédiaire d'une pharmacie ou à l'hôpital. Cette chaîne est relativement complexe comparée à d'autres industries et cette complexité tient principalement des raisons ci-dessous:

- **Une grande variété des acteurs:** Les chaînes pharmaceutiques sont dites étendues (Fouin, 2008) et impliquent de nombreux partenaires qui ne sont pas totalement intégrés (OECD, 2008; Hammervoll et Toften, 2010).
- **Une production complexe :** La planification de la production des médicaments dépend de la demande du marché et des caractéristiques de la population. De plus, le développement de nouveaux produits pharmaceutiques ainsi que les changements démographiques augmentent considérablement les volumes des médicaments en circulation (Schuster et al., 2007; Potdar et al., 2006; Axway, 2008).
- **Une forte réglementation :** Les organisations de la santé et les gouvernements ont défini plusieurs normes pour permettre la commercialisation des produits liés aux soins de santé. Les différents acteurs de la chaîne de distribution doivent vérifier et enregistrer continuellement la quantité et la condition physique des médicaments. Au Canada, deux normes régissent

principalement la production et la distribution des médicaments, soit la loi sur les aliments et drogues et le règlement sur les aliments et drogues (Bureau de la Concurrence Canada, 2007).

- **Une forte charge de travail :** Le fait que les acteurs de la chaîne doivent vérifier continuellement les conditions des produits tels que la température, la date d'expiration, l'humidité, entre autres, a un impact direct sur leur charge de travail. Ceci a pour conséquence une charge de travail accrue et, par conséquent, une plus grande possibilité d'erreurs.
- **Une importante vulnérabilité au terrorisme ou au crime organisé :** 10% des médicaments commercialisés autour du monde sont contrefaits. Cela représente une perte de plus de 75 millions de dollars pour l'industrie pharmaceutique (OMS, 2005). Selon plusieurs observateurs, cette industrie est très susceptible d'être touchée par le terrorisme, la délinquance ou le crime organisé (Brooks et Button, 2006; Palaniswami and al. 2010; Srinivasan, 2010). Notons ici que la commercialisation des médicaments contrefaits peut se faire aussi dans le marché informel ou au noir. Dans ce cas, la distribution est décentralisée et moins contrôlée. Ce type de marché est plus fréquent dans les pays en développement où le commerce du « faux » s'effectue sur la rue et dans les marchés aux puces, par des vendeurs mobiles ou même dans des bars (OCDE, 2008).
- **Un manque de préparation :** Les acteurs de la chaîne d'approvisionnement ne sont pas préparés pour affronter les problèmes du secteur, en particulier pour faire face aux problèmes de la contrefaçon des médicaments (Srinivasan, 2010; Cheung et Myers, 2008).

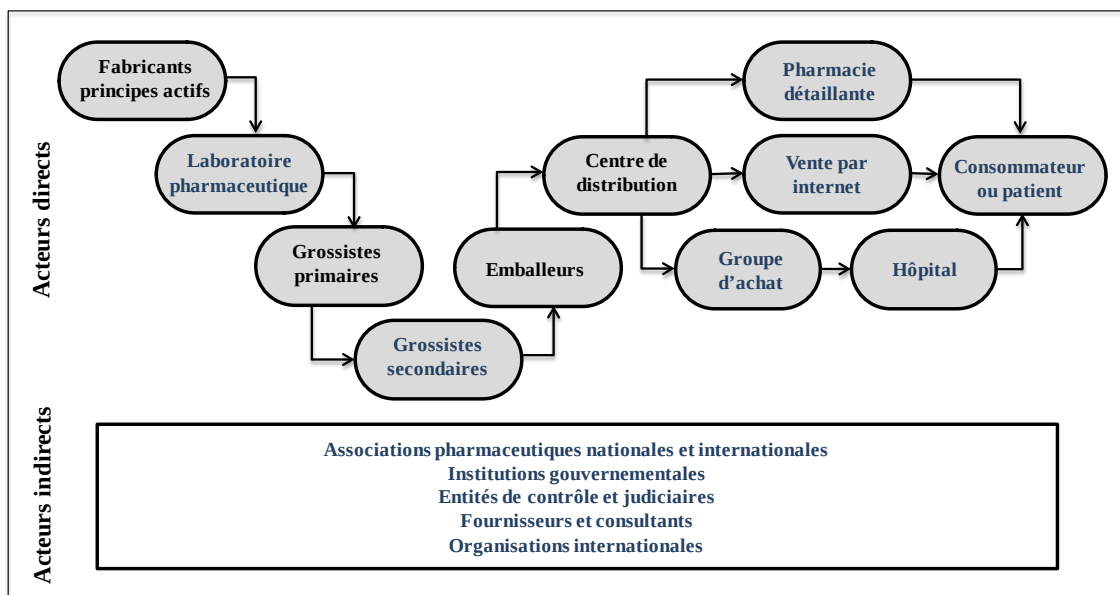


Figure 1-2: Acteurs de la chaîne d'approvisionnement pharmaceutique (Figure adaptée de l'EFPIA, 2005)

La structure de la chaîne d'approvisionnement peut varier selon la localité, les types de médicaments et les acteurs participant dans la distribution (HSC, 2005). Les acteurs sont multiples (Figure 1-2) et certains peuvent avoir une profonde influence. Ainsi, le gouvernement suédois, par exemple, a décidé de construire un réseau de distribution unique où un seul distributeur transfère les médicaments aux succursales de la chaîne de pharmacies de l'état (Tamro, 2009). On observe dans certains pays, comme aux États-Unis par exemple, une tendance favorisant l'élimination des intermédiaires de la chaîne d'approvisionnement (Fein, 2005). En mai 2007, Pfizer a arrêté de fournir ses produits aux grossistes pour les vendre directement aux détaillants (Andalo, 2007). D'autres firmes pharmaceutiques en Angleterre ont annoncé le même type de mesures pour éliminer les intermédiaires.

La distribution directe aux pharmacies offre plusieurs avantages. Elle permet d'assurer l'intégrité de la chaîne d'approvisionnement par la mise en place d'un canal de distribution sécuritaire entre le fabricant et la pharmacie. Ainsi, le fabricant peut avoir un meilleur contrôle de l'approvisionnement, répondre rapidement à la demande, éviter les ruptures de stock et optimiser les rappels des médicaments. Du côté des détaillants, les pharmacies profitent d'un lien plus direct et étroit avec les fabricants. Effectivement, elles peuvent obtenir des prix plus avantageux et éviter des ruptures de stock (Andalo, 2007). Malgré de tels avantages, plusieurs pharmacies et hôpitaux ont tendance à maintenir les liens avec les grossistes. Ils préfèrent s'approvisionner en fournitures, en médicaments et en équipements médicaux avec un seul fournisseur. En effet, cette pratique de « one-stop-shop » simplifie le processus de commande et de paiement. Les centres hospitaliers de la province de Québec privilégient cette dernière stratégie, deux principaux distributeurs, McKesson et Cardinal Health, leur fournissant des médicaments et autres produits médicaux.

1.2.2.2 Le circuit hospitalier

Le circuit hospitalier des médicaments qui est particulièrement complexe représente un point de référence pour analyser les processus de gestion par la pharmacie hospitalière. Le *Ministère de la Santé et des Services Sociaux du Québec* a fait une analyse exhaustive de ce circuit où 54 étapes sont identifiées (MSSS, 2005). L'annexe 1 présente une description détaillée du circuit des médicaments montrant les activités et les outils nécessaires pour soutenir ces activités. Pour faciliter la compréhension du circuit, le MSSS a résumé le circuit des médicaments en fonction de cinq tâches principales:

Fonction logistique

- i) Approvisionnement des médicaments aux centres hospitaliers : réception des médicaments, validation de leur intégrité, transport et stockage;

Administration des médicaments

- ii) Approvisionnement des médicaments aux centres de soins : préparation des médicaments, validation de leur préparation et transport aux unités de soins;
- iii) Administration des médicaments : administration des médicaments dans l'unité de soins, oncologie, cliniques externes ou soins à domicile;
- iv) Surveillance du patient;
- v) Gestion des déchets : identification des déchets pharmaceutiques, leur triage, leur collecte, leur entreposage et leur élimination extérieure.

Dans ce circuit, nous avons constaté qu'une importante variété de professionnels interagit, soit les agents chargés de la réception des médicaments, les pharmaciens, les assistants techniques, les infirmiers, les médecins, le personnel responsable de la gestion des déchets médicaux et les préposées à l'entretien et au magasinage (Romero et al., 2009). Ces professionnels sont chargés de différentes étapes du circuit des médicaments dans lesquelles il y a un mélange de procédures ou façons de faire manuelles, automatiques et informatiques. Les processus de ce circuit sont réalisés dans quatre unités différentes d'un hôpital : le quai de réception, la pharmacie centrale, la pharmacie périphérique et les unités de soins. Le Tableau 1-1 présente les professionnels, les unités et les procédures présents dans ce circuit.

Tableau 1-1: Les professionnels, les unités et les technologies dans le circuit hospitalier

Famille d'activités	Professionnels						Unités de l'hôpital				Exemples de procédures			
	Entrepôt	Médecins	Pharmaciens	Assist. Tech.	Infirmier(e)s	Autres	Réception	Pharmacie	Unité soins	Autres	Manuel	Papier	Électronique	Automatisée
Approvisionnement à l'hôpital														
Approvisionnement à l'unité de soins														
Administration des médicaments														
Surveillance du patient														
Gestion des déchets														

Source : Romero et al., 2009

Légende : La case grise indique l'implication d'un type de professionnels et de services ou la présence de procédures

L'étude du circuit hospitalier permet également d'identifier les enjeux de la gestion des médicaments dans les centres hospitaliers que nous avons résumés ci-après :

- **La complexité du circuit hospitalier** : L'utilisation des médicaments entraîne (i) la présence de différents types de professionnels et de matériels (ressources du système) (Hureau et Queneau, 2009), (ii) la variété des pathologies des patients (entrants du système), (iii) une collaboration et

une coopération réduite entre les professionnels, (iv) des réglementations, des normes et des standards (Glouberman et Mintsberg 2001a; 2001b; Lamothe, 1999) et (v), des risques inhérents aux médicaments (Kohn et al., 2000).

- **Un coût élevé :** La gestion des ressources et des actifs médicaux représentent un coût élevé pour les hôpitaux. En effet, entre 20% et 50% des ressources financières hospitalières sont assignées à l'approvisionnement de ces ressources médicales (Langebber, 2006). Une mauvaise gestion des inventaires et une grande variété de processus manuels augmentent le coût de la gestion des médicaments. Dans un contexte de contraintes budgétaires et de pénurie de personnel, la gestion de ces ressources et actifs tend à passer au second plan.
- **Des exigences multiples :** Il existe différentes exigences médicales et organisationnelles : (i) le traitement spécifique requis pour chaque ressource (stérilisation, contrôle des dates d'expiration), (ii) l'identification requise par unité, (iii) le respect de pratiques définies par les institutions de soins de santé et (iv), l'assurance de la qualité de leur chaîne logistique par différents types de personnel hospitalier (achat, magasinage, gestion, traitement, utilisation, élimination) (Meiller et Bureau, 2009).
- **Les conséquences sérieuses des événements indésirables :** Ces événements peuvent se produire dans tous les services du système des soins de santé (De Marcellis-Warin, 2004a). Plus spécifiquement, chaque étape du circuit hospitalier des médicaments est une source potentielle d'erreurs qui peuvent engendrer des risques pour l'état de santé du patient (MSSS, 2005; AHQ, 2004). Les erreurs de médication ont un impact financier important. Ces erreurs représentent 4700 dollars américains et 4,4 jours de séjour additionnels par patient. Au Québec, depuis 2011 le *Ministère de la Santé et des Services Sociaux* publie un rapport semestriel sur les incidents et les accidents survenus lors de la prestation de soins de santé. Dans le premier rapport couvrant les mois d'avril à septembre 2011, le ministère a fait état de 179 000 événements indésirables dont 30% ont été liés aux erreurs de médication (2012). Le deuxième rapport couvrant les mois d'octobre 2011 à mars 2012 a fait état de 225 642 événements indésirables dont 32% sont reliés aux erreurs de médication (MSSS 2012).

1.3 Technologies de support pour la gestion des médicaments

Une gestion plus optimale des médicaments, que ce soit au niveau de la valeur créée ou au niveau de l'efficacité opérationnelle, exige un partage constant de l'information entre les différents acteurs des chaînes d'approvisionnement (Chopra et Meindl, 2006), ce qui implique des systèmes d'information intégrés (Gunasekaran et Ngai, 2004). Ces systèmes jouent donc un rôle crucial et stratégique. Or, les chaînes logistiques pharmaceutiques accusent un retard technologique par rapport à la forte majorité des

divers secteurs industriels, et ce malgré des investissements substantiels (voir section 1.3.1). Le même constat s'applique au circuit hospitalier des médicaments pour lequel l'intégration de l'information entre les divers services et entités des centres hospitaliers n'est pas optimale. Cependant, une certaine modernisation technologique des chaînes d'approvisionnement de l'industrie des soins de santé a été observée au niveau des producteurs et des distributeurs (Cross, 2004). Par contre, cela ne semblerait pas être le cas au niveau de l'hôpital (Langebeer, 2007).

1.3.1 Les investissements technologiques dans la chaîne pharmaceutique

Suite aux enjeux de la chaîne d'approvisionnement pharmaceutique, les laboratoires, les distributeurs, les grossistes et les centres de détail sont en train d'intégrer des innovations dans leurs organisations et leurs services. Ces acteurs se trouvent dans une phase de structuration managériale (e.g. distribution directe, outsourcing des activités, définition de standards, etc.) accompagnée par l'adoption des technologies de l'information. En effet, l'intégration de ce type de technologies permet de partager l'information nécessaire pour la prise de décision des acteurs (Chandra, 2008). La plupart de ces innovations cherchent à concentrer l'information relative aux médicaments et à la partager via l'Internet ou des réseaux privés (Gunasekaran et al., 2006).

Parmi les principales innovations technologiques adoptées par les acteurs de l'industrie pharmaceutique, citons le système de gestion intégrée ERP (Gunasekaran et al., 2006, Chandra, 2008, Wan et Xu, 2011), l'échange électronique de données EDI (Schneller et al., 2006; Chandra, 2008, Mettler et Rohner, 2009), le commerce électronique (Mettler et Rohner, 2009), les entrepôts virtuels (Danas et al., 2002), le système de la gestion du client (Wan et Xu, 2011), les codes-barres (Dumitru, 2009; Wigand et al., 2011) et la technologie RFID (Potdar et al., 2006; Dumitru, 2009; Wigand et al., 2011; Schapranow et al., 2011). Plusieurs auteurs ont analysé les bénéfices de l'adoption de ces innovations technologiques. Ainsi, Maruster et Jorna (2005) constatent que ces technologies permettent de renforcer la capacité des organisations à gérer leurs connaissances tandis que Van Merode et ses co-auteurs (2004) suggèrent qu'elles permettent d'améliorer la gestion centrale des médicaments afin de mieux répondre aux besoins des patients et aux enjeux du secteur. Kim (2005) a documenté dans une étude qu'elles permettent d'optimiser la gestion des inventaires de médicaments et de réduire de 30% les coûts logistiques.

Au Québec, la plupart de ces technologies ont été adoptées par les acteurs de la chaîne d'approvisionnement pharmaceutique. *McKesson*, l'un des principaux fournisseurs des centres hospitaliers québécois, a construit une plateforme d'échange électronique de données sur Internet afin d'optimiser les demandes d'approvisionnement de médicaments. Dans d'autres cas, les distributeurs ont accès aux systèmes d'information des centres hospitaliers afin de partager les données relatives à la gestion des

stocks de médicaments. Rivard-Royer et ses co-auteurs (2004) ont par exemple documenté le cas d'un système sans stock (stockless system) développé par un centre hospitalier québécois et son principal distributeur. Avec le support des technologies de l'information telles que l'échange électronique de données et le système de gestion du client, ce centre hospitalier a pu réduire ses niveaux d'inventaire par la mise en place d'entrepôts centraux gérés par le distributeur.

1.3.2 Les investissements technologiques du circuit hospitalier

La qualité et la stabilité des systèmes de gestion et d'information du milieu de la santé deviennent moins performantes lorsque les biens et les services se déplacent en aval vers les centres hospitaliers (Langebeer, 2007). Les organisations en aval, telles que les hôpitaux, n'ont pas une infrastructure technologique assez sophistiquée pour leur permettre d'améliorer les processus de planification, de synchronisation et de collaboration avec les organisations en amont (Langebeer et Rose, 2003). *L'association des hôpitaux du Québec* (AHQ) a relevé, dans une étude faite en 2004, plusieurs inefficacités au niveau des activités de la pharmacie hospitalière:

“Un circuit de médicaments organisé de façon incomplète et mal supporté sur le plan technologique peut avoir des effets non sécuritaires et peu productifs : plusieurs ordonnances non revues par le pharmacien; duplication d'outils papier et informatiques pour la gestion du médicament par le pharmacien, l'infirmière et le médecin; nombreuses manipulations de médicaments dans des zones de travail achalandées, nombreux déplacements inutiles, etc.” (AHQ, 2006).

Le circuit des médicaments peut éviter les erreurs de médication s'il est correctement conçu (Leape, 2005; Kohn et., 2000) et soutenu par des technologies (Crane, 2000). Les centres hospitaliers sont intéressés à intégrer de nouvelles technologies telles que les technologies d'information et communication (OCDE, 2010) et des technologies mobiles (Beaubrun et Pierre, 2001). Ces technologies permettent de diminuer la fréquence des erreurs médicales, de réduire les coûts des services des soins médicaux, d'augmenter l'efficacité de leurs activités (MSSS, 2005; Crane, 2000; Chen et al., 2010) et, surtout, de contribuer à une des priorités du secteur de la santé : la sécurité du patient (De Marceillis-Warin, 2004b). Par exemple, les technologies de l'information permettent de diminuer de 50% les erreurs de médication (Chen et al., 2007). De plus, leur intégration peut diminuer la charge de travail du personnel en automatisant les activités répétitives ou routinières. Ainsi, le personnel pourra passer plus de temps à des activités liées directement aux soins du patient. De plus, il faut considérer la possibilité de diminuer les coûts indirects liés à la gestion des médicaments tels que le coût dû au gaspillage des médicaments, le coût du temps

perdu par le personnel pour faire des activités qui pourraient être informatisées ou automatisées, le coût relié au temps additionnel du séjour d'un patient (MSSS, 2007).

Toutes les pharmacies des centres hospitaliers québécois ont des systèmes d'information pour contrôler les processus d'achat, d'inventaire et de distribution. Cependant, leur infrastructure est encore rudimentaire et centralisée. Ces systèmes n'ont pas de capacité d'analyse d'information ou de plateformes de communication et de collaboration entre toutes les organisations de la chaîne d'approvisionnement (Langebeer, 2007).

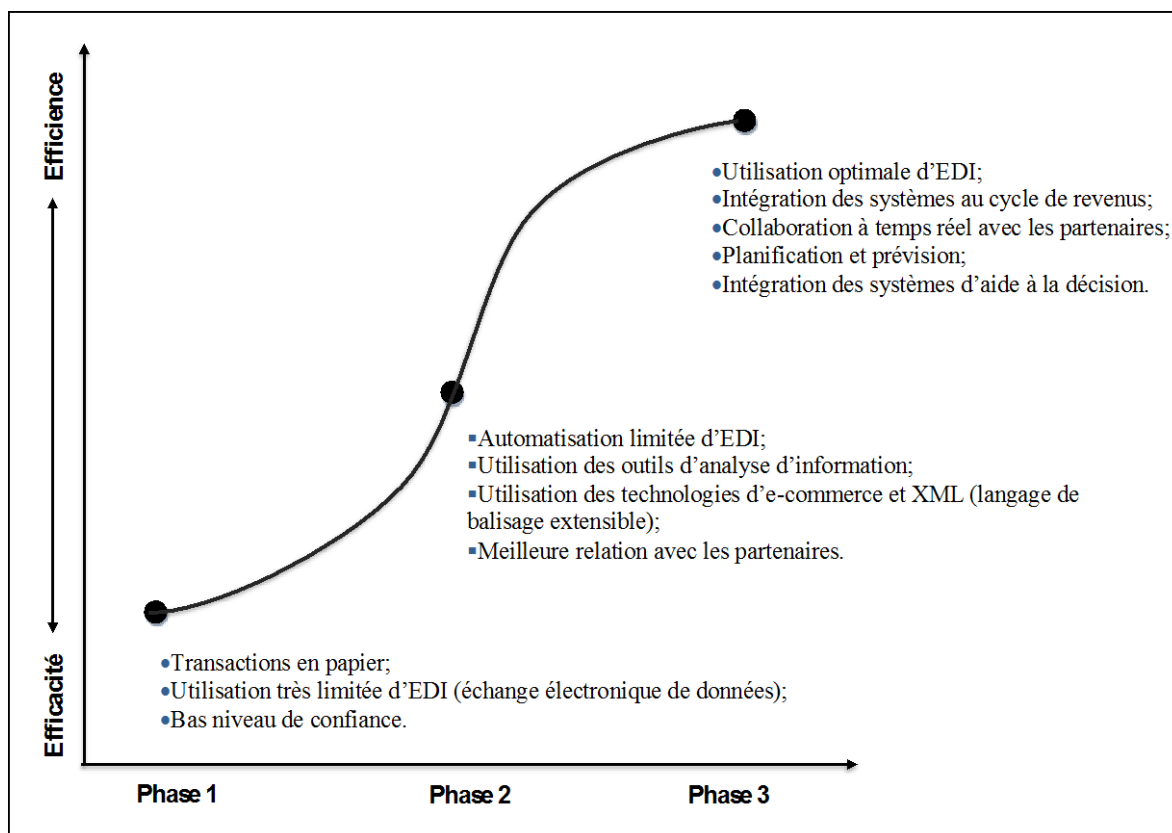


Figure 1-3: Évolution technologique de l'approvisionnement dans le secteur de la santé (Langebeer, 2007)

Langebeer (2007) a développé un modèle pour expliquer la maturité technologique du secteur de la santé en fonction de trois phases (Figure 1-3). Selon cet auteur, la plupart des institutions de santé se trouvent à la phase 1. Dans cette phase, les processus sont exécutés de façon manuelle et documentés seulement en papier avec une faible tendance à automatiser les activités clés et à utiliser quelques outils d'échange de données de type EDI (échange électronique de données) avec les principaux distributeurs et fournisseurs. Une institution du secteur de la santé passe à la phase 2 du modèle de Langebeer quand elle remplace les processus à forte intensité manuelle par des systèmes intelligents, entre autres pour automatiser le processus de planification des achats et de contrôle des inventaires. Finalement, la phase 3 est atteinte

quand tous les processus et les transactions entre l'institution, ses fournisseurs et chacune des unités du service des soins sont automatisés. Dans cette phase, les innovations technologiques sont utilisées pour la mise en œuvre des services de santé et, surtout, pour supporter la prise de décisions. Par exemple, un hôpital aura entre autres la capacité de déterminer automatiquement la quantité de produits à acheter, le meilleur vendeur, les temps d'approvisionnement et les meilleures stratégies de stockage.

Si l'on se tourne vers les technologies de l'information qu'une pharmacie hospitalière peut adopter, on distingue trois types d'applications selon Mettler et Rohner (2009):

- (i) les applications médicales qui permettent de stocker, récupérer, traiter et analyser les informations nécessaires pour mettre en place les processus de la pharmacie comme, par exemple, le système d'information clinique (CIS), le système d'information de la pharmacie, la prescription informatisée d'ordres médicaux (CPOE), le système à dispensation automatique (ADS) et le système à dispensation uni-dose (UDDS);
- (ii) les applications administratives qui permettent de gérer des informations de type administratif: par exemple, le système d'information administrative (AIS) et le système de la gestion de la relation avec les fournisseurs qu'il soit opérationnel (oSRM), collaboratif (cSRM), ou analytique (aSRM);
- (iii) les applications médicales et administratives qui permettent de supporter ces deux fonctions, telles que par exemple les codes-barres ou la technologie RFID.

La pharmacie hospitalière pourrait améliorer la gestion des médicaments si elle implante les solutions technologiques telles que l'adoption des équipements automatisés pour la préparation, le stockage et la distribution de doses peut diminuer la fréquence des erreurs médicales (Dumitru, 2008). L'intégration du système d'information de la pharmacie (PIS) aux autres sources d'information de l'hôpital (dossier électronique du patient, prescription électronique (CPOE), système de communication d'images (PACS) pourrait apporter des informations pour la prise de décisions du personnel clinique (Hureau et Queneau, 2009; Dumitru, 2008). De plus, les systèmes d'identification et de suivi des médicaments pourraient avoir un impact positif sur la sécurité du patient (Wicks et al., 2006; Patel et Wang, 2010; Yao et al., 2011) et sur les coûts des médicaments (Dumitru, 2009).

Au Québec, plusieurs investissements technologiques sont en train d'être réalisés afin d'assurer la sécurité du patient à travers le circuit hospitalier. En 2006, le *Ministère de Santé et Service Sociaux* a fait une analyse pour identifier et évaluer les mérites potentiels des projets technologiques dans les centres hospitaliers du Québec (MSSS, 2007). Le Tableau 1-2 liste les principaux résultats de cette analyse.

Tableau 1-2: Taux d'adoption des technologies dans la pharmacie hospitalière au Québec (MSSS, 2007)

Moyen	Maturité et taux d'utilisation	Coût relatif	Effet sur les erreurs et la qualité	Effet sur la pénurie	Effet sur la productivité	Orientations quant à l'utilisation
Prescripteur électronique	Faible 4%	Élevé	Élevé	Faible	Moyen	Projets pilotes, évaluation
Système d'information de la pharmacie	Élevé 100%	Moyen	De moyen à élevé	Moyen	Élevé	Remplacement, mise à niveau
Logiciel d'aide à la décision médicale	De faible à moyen 20%	Faible	Élevé	Faible	De faible à moyen	Projets pilotes, évaluation
Banque de données	De moyen à forte 100%	Faible	Moyen	Élevé	Élevé	Outil de base
Lecteur du code-barres	Faible 17%	Faible	Élevé	Faible	Élevé	Équipement de base
Emballuseuse automatisée	Élevé 79%	Moyen	Élevé	Moyen	Élevé	Équipement de base
Robot	Moyen 7%	Élevé	Moyen	Moyen	Élevé	Projets pilotes, évaluation
Système centralisé d'aditifs aux solutés	Élevé 88%	Moyen	Forte	Moyen	Moyen	Équipement de base
Cabinet décentralisé (unités de soins critiques)	Faible 10%	Élevé	Moyen	Moyen	Moyen	Projets pilotes, évaluation
Cabinet à narcotiques	Faible <2%	Moyen	Faible	Élevé	Élevé	Équipement de base
Chariot uni-dose	Faible <5%	De faible à moyen	Élevé	Faible	Élevé	organisation du travail
Administration de médicaments basée par la prescription papier	Élevé 87%	Faible	Élevé	Élevé	Élevé	Outil de base
Administration de médicaments basée par la prescription électronique	Moyen < 2%	Moyen	Élevé	Élevé	Moyen	Projets pilotes, évaluation,
Délégation du pharmacien au technicien	Élevé 50%	Faible	Faible	Élevé	Élevé	Organisation du travail
Délégation de l'infirmier au technicien	Élevé 70%	Faible	Moyen	Moyen	Moyen	Organisation du travail
Télé pharmacie	Faible 0%	Élevé	Moyen	Moyen	Moyen	Projets pilotes, évaluation, organisation du travail

Source : MSSS, 2005

Les technologies permettant la gestion des médicaments à l'unité et la distribution uni-dose (lecture du code-barres, cabinet décentralisé et charriot uni-dose) avaient un taux d'utilisation très bas. Cependant, le gouvernement de Québec a mis en marche, en 2008, l'initiative SARDM (*Systèmes Automatisés et Robotisés pour la Distribution de Médicaments*) afin d'améliorer la gestion des médicaments dans les centres hospitaliers (MSSS, 2010) et les hôpitaux au Québec sont en train d'intégrer des équipements automatisés pour la préparation et distribution de doses.

1.4 Les systèmes d'identification et de suivi des médicaments

Cette thèse se centre en partie sur la sérialisation¹ de masse et les systèmes d'identification et de suivi des médicaments, «*tracing and tracking systems*», qui permettent de contrôler la position, le flux et le mouvement des médicaments (Markelevich et al, 2006). Aussi connu comme systèmes de traçabilité, ces derniers permettent d'améliorer la gestion des médicaments au niveau de la chaîne d'approvisionnement et de leur parcours dans l'hôpital. Le secteur de la santé cherche à solidifier sa chaîne de distribution avec ce type de systèmes pour résoudre les enjeux liés à la contrefaçon des médicaments (Potdar et al., 2006; Schuster et al., 2007; Faber, 2007; EFPIA, 2008; Bobée, 2009), à la chaîne froide² (Benger et Isberg, 2006; Roach et Wunder, 2008), aux coûts logistiques (Mustaffa and al., 2009; Lin et al., 2010; Liu and al., 2010) et aux erreurs médicales (FDA, 2006). Par exemple, l'identification et le suivi des médicaments permettent d'assurer l'intégrité et la sécurité de la chaîne d'approvisionnement ainsi que d'améliorer l'efficacité des processus logistiques (BRIDGE, 2009) et de diminuer les erreurs de médication de l'ordre de 50% (FDA, 2006).

Plusieurs stratégies technologiques ont été développées afin d'identifier et suivre les médicaments: le système de vérification au point de dispensation ou « End-to-end verification system » (EFPIA, 2008), le système E-pedigree (FDA, 2006) et plusieurs autres permettant une meilleure gestion dans le circuit hospitalier. Actuellement, les emballages secondaires des médicaments comportent un code-barres linéaire présentant le code du produit pharmaceutique GTIN (*Global Trade Identification*) et la date de péremption avec le numéro de lot en caractères (Bobée, 2009). Cependant, toutes les stratégies citées par le FDA (2006) reposent sur l'identification de médicaments au niveau de l'unité. Pour ce faire, il est nécessaire qu'un identifiant unique soit incorporé à chaque niveau d'emballage : palette, boîte, cassette, emballage

¹ La sérialisation de masse se réfère aux méthodes de traçabilité qui comportent l'identification unique de chaque unité de vente dans le but de suivre et localiser le produit lors de son déplacement au sein de la chaîne de distribution pharmaceutique.

² La gestion de la chaîne froide se réfère au transport de produits sensibles aux changements de la température tout au long de la chaîne d'approvisionnement. Elle inclut aussi la planification logistique nécessaire pour protéger ces produits.

primaire emballage secondaire, dose de médicaments (FDA, 2006). En plus, cet identifiant doit supporter l'identification au niveau de l'unité ainsi que la date péremption, le numéro de lot et d'autres informations (Bobée, 2009). Ainsi, tous les acteurs de la chaîne d'approvisionnement et du circuit hospitalier pourront vérifier et contrôler les médicaments lors des processus de gestion.

De nombreux efforts pour instaurer la sérialisation de masse de médicaments ont été entrepris. En Europe, plusieurs pays comme la Belgique (depuis, 2006), la Grèce (depuis, 2007) et l'Italie (depuis 2008) identifient les médicaments au plus bas niveau du produit tout au long de leur chaîne d'approvisionnement (Schuster, 2007). D'autres pays européens comme l'Allemagne et la Turquie ont développé différents projets pour sérialiser les médicaments à partir 2010 (Aegate, 2010). Les gouvernements de Brésil, de l'Espagne et de la Serbie réalisent des importants efforts législatifs pour promouvoir la sérialisation des produits pharmaceutiques (Taylor, 2009; 2010). Aux États-Unis, le FDA fait la promotion de la sérialisation de masse depuis 2004 avec le rapport Combating Counterfeit Drugs (Kelly, 2007). Cette organisation travaille fortement pour définir le schéma standard des numéros de séries (SNI, Serial Number Identification). L'utilisation de ce standard par tous les états est prévue pour octobre 2012 (Daleiden, 2009). Cependant, FDA a repoussé cette date limite à l'année 2015 pour les laboratoires, 2016 pour les grossistes et les distributeurs et 2017 pour les détaillants (Barlas, 2011). Au Canada, *l'Institute pour l'Utilisation Sécuritaire des Médicaments* ISMP-Canada collabore étroitement avec différents acteurs de l'industrie pharmaceutique et de celle des soins de santé pour définir le standard pour le numéro de série nécessaire pour l'identification de médicaments dans le territoire canadien (Sheppard et al., 2009; Lynas, 2010).

1.4.1 Les porteurs de données

La sérialisation de masse de médicaments requiert la transmission d'un large volume d'information de plusieurs produits en respectant les contraintes de temps, d'espace et les processus de gestion. Pour accomplir ce requis, il est nécessaire d'étiqueter les médicaments en utilisant une empreinte unique. Ces étiquettes sont connues sous le nom de *data carriers* ou, en traduisant littéralement, de porteurs de données. Ces étiquettes font partie de la famille des technologies d'identification et de registre de données automatique AIDC (*Automatic Identification and Data Capture*), et représentent des technologies de traçabilité électronique permettant l'identification et le suivi des médicaments (Jenkins et al., 2007). Plus spécifiquement, les acteurs du secteur de la santé évaluent deux porteurs de données: les codes-barres (section 1.4.2) et la technologie RFID (section 1.4.3). Tandis que les codes-barres représentent des technologies établies depuis déjà quelques décennies, la technologie RFID est qualifiée de « *one of the ten greatest contributory technologies of the 21st century* » (Chao et al., 2007). Les technologies RFID ont un fort potentiel pour développer de nouvelles compétences dans la gestion de la chaîne d'approvisionnement

(Tajima, 2007) tout en détruisant les compétences existantes. Malgré leur supériorité technologique sur certains plans, l'adoption des technologies RFID n'est pas aussi rapide que plusieurs chercheurs l'avaient prévue (Huyskens et Loebbecke, 2007, Wicks et al., 2006). Les limites techniques des technologies RFID ne permettent pas de mitiger la force de leur « ancien » rival (le code-barres).

1.4.2 Les codes-barres

Il s'agit d'une technologie qui permet l'identification automatique des données relatives aux produits. Le code-barres est un code binaire : une séquence de barres vides et pleines disposées dans une configuration parallèle (Dumitru, 2009). L'identification est faite en scannant la séquence de l'étiquette par un lecteur optique. (Finkenzeller, 2003). En effet, ce mode de lecture s'avère plus efficace que la saisie de données manuelles. Par exemple, de façon manuelle, il faut en moyenne 6 secondes pour entrer 12 caractères de données dans une application informatique tandis que la numérisation d'un code-barres de 12 caractères ne prend que 300 millisecondes (Dumitru, 2009). De cette façon, les codes-barres permettent d'améliorer considérablement la productivité et la fiabilité de presque toutes les applications.

Les principaux avantages des codes-barres se retrouvent dans leur faible coût d'implantation et leur large diffusion au niveau de plusieurs secteurs de l'industrie (Langabeer, 2007). Cette technologie est utilisée par plus d'un million d'entreprises, dans plus de 140 pays, et dans plus de 23 industries (voir EPCglobal.org). Par exemple, l'industrie automobile et celle de la vente au détail ont fortement poussé la diffusion de ce code comme le standard (Wailgum, 2006). Cependant, il faut considérer ses désavantages par rapport aux autres technologies de la famille AIDC : (i) besoin de lecture individuelle (un article à la fois), (ii) lecture illisible dans les environnements difficiles, (iii) lecture manuelle, (iv) reprogrammation impossible, (v) courte distance de lecture, (vi) besoin de visibilité pour faire la lecture, (vii) capacité de stockage d'information limitée et (viii), capacité nulle de traitement de données (Fosso Wamba, 2006).



Figure 1-4: Typologies des codes-barres

Il existe divers protocoles de codification ou de symbolisme pour cette technologie : les codes-barres unidimensionnels ou linéaires (1 D), les codes-barres linéaires empilés (1 D*), les codes-barres à deux dimensions (2 D) et les codes-barres à trois dimensions. (3 D). Ceux-ci diffèrent en fonction des contraintes d'utilisation ou de normalisation (Gao et al., 2007). Tandis que les codes-barres à 1D peuvent

stocker une quantité limitée d'information, généralement moins de 40 caractères, les codes-barres à 2D peuvent supporter plus d'information. Dans certains cas, les 2D peuvent porter plus de 2000 caractères (Gao et al., 2007). Cependant, les codes-barres à 2D ont besoin de scanners plus coûteux que ceux utilisés pour les codes-barres à 1D. Les codes-barres à 3D ont plus de capacité d'information car ils utilisent différents codes de couleurs ou les reliefs pour présenter une troisième dimension. Ce dernier type de codes-barres est utilisé dans l'industrie automobile et aéronautique (Kato et al., 2010). La Figure 1-4 présente les quatre différentes typologies des codes-barres.

1.4.2.1 Les applications des codes-barres dans le secteur de la santé

Les codes-barres ont été utilisés depuis plusieurs années dans le secteur de la santé. Les premières applications documentées dans la littérature ou brevetées datent de la fin des années 80s et du début des années 90s : Nold et Williams, 1985; Gombrich, 1990; Weitler et Tizler, 1991; Shamos, 1993. La plupart des solutions se centrent sur l'identification des objets (actifs et fournitures médicaux) et des personnes (personnel et patients). Le secteur de la santé emploie surtout les codes-barres à 1 D. Toutefois, leur utilisation varie en fonction des standards choisis. Certains peuvent employer des caractères, d'autres utilisent des numéros ou bien une combinaison de deux (Dumitru, 2009). Le standard le plus utilisé est le code universel du produit (*UPC*) pour les transactions commerciales du milieu de la santé. Dans les cas des médicaments, l'*UPC* possède le préfixe 3 pour représenter qu'il s'agit d'un produit de l'industrie pharmaceutique (Pedersen, 2005). Ensuite, les code-barres présente le numéro national du médicament (*NDC*) et il finit avec un chiffre de vérification qui permet de valider le *NDC* (Dumitru, 2009). Un autre standard est le *code 39* qui est fortement utilisé dans l'industrie hospitalière. Ce code emploie un caractère de vérification « * » au début et à la fin du code pour permettre leur bonne utilisation (Dumitru, 2009). La taille du code est le principal désavantage de ces code-barres car il n'emploie que neuf barres noires et blanches pour représenter chaque chiffre du code. Le *code 128*, aussi utilisé dans le milieu de la santé, est une alternative au *code 39* et comprime l'information en utilisant des barres plus minces et compactes. *GS1* a défini aussi différents standards pour le milieu hospitalier. Le plus utilisé est le standard *GS1-128* (soit une variante du *code 128*) qui permet identifier les fournitures et les actifs qui sont transférés d'une unité à une autre, tels que les fluides intraveineux (Dumitru, 2009). En 2007, *GS1* propose une nouvelle variante au *code 128*, le *GS1 DataBar*. Cette version a une taille plus petite et donc, peut être utilisée dans des produits avec une superficie réduite tels que les ampoules et les seringues, entre autres. Finalement, *GS1* a introduit le standard *GS1 DataBar Stacked* lequel peut porter des informations additionnelles telles que la date d'expiration et le numéro de lot (Dumitru, 2009).

Toutefois, pour le secteur de la santé, les code-barres à 1D ne peuvent pas enregistrer sur l'étiquette l'information nécessaire pour identifier les produits de façon unitaire (Langebeer, 2007). En effet, le code

à barres linéaires peut porter le numéro universel du produit (*UPN*, Universal Product Number) mais sa taille et sa capacité ne permettent ni de gérer les objets à l'unité, ni d'enregistrer la date d'expiration, le prix l'origine, l'unité de mesure et d'autres informations qui peuvent être nécessaires pour la gestion de la chaîne d'approvisionnement des hôpitaux (Schurenberg, 2006).

Les codes-barres 2D se présentent alors comme une solution à cette contrainte de capacité de stockage de données. Les deux versions les plus utilisées dans le milieu de la santé, le *Data Matrix* et le code *Aztec* peuvent supporter plus de 128 kbytes (Dumitru, 2009). Ces standards sont employés pour identifier des produits avec une surface réduite. Par exemple, le *Data Matrix* est utilisé pour contrôler les produits chirurgicaux lors de leur passage au centre de sérialisation. Toutefois, le standard *Aztec* est plus avantageux que le *Data Matrix* : (i) plusieurs codes *Aztec* peuvent être placés de façon adjacente sans avoir d'effets négatifs sur la lecture tandis que les codes *Datamatrix* ont besoin d'être séparés par des espaces blancs et (ii), si le code *Aztec* est endommagé, le lecteur peut faire correctement l'interprétation du code tandis que la lecture pour le *Data Matrix* risque alors d'être incorrecte (Dumitru, 2009).

1.4.2.2 Les applications basées sur les codes-barres pour identifier les médicaments

Étant donné les bénéfices d'identifier des objets avec les codes-barres, les acteurs du secteur de la santé utilisent ce porteur d'information pour réaliser l'identification de médicaments. Nous avons résumé les principales solutions dans le Tableau 1-3.

Tableau 1-3: Exemples d'applications basées sur les codes-barres pour identifier les médicaments

Type de processus	Année	Solution - (pays)	Référence
Chaîne d'approvisionnement des médicaments	2006	<i>Eli Lilly</i> a développé un système pour respecter les réglementations définies par <i>FDA</i> pour suivre les médicaments avec des codes-barres à 2D. (<i>États Unis</i>)	Schuster et al., 2006
	2008	<i>Aegate</i> , fournisseur technologique, a développé une plateforme technologique pour suivre les médicaments avec des codes-barres à 2D. (<i>Belgique</i>)	Basta, 2008
	2009	<i>EFPIA</i> a conduit un projet pilote pour évaluer l'efficacité du système de vérification au point de dispensation avec les codes-barres à 2D (<i>Data Matrix</i>). (<i>Suisse</i>)	Bonser et al., 2010; EFPIA, 2010;
	2009	Quelques pays européens ont développé une législation pour identifier les médicaments au niveau de l'unité avec les codes-barres à 2D (<i>Data Matrix</i>). (<i>Allemagne, Espagne, France, Italie et Turquie</i>)	Bobée, 2009
Fonction logistique	2010	Faisant partie du projet SARDM, la plupart des hôpitaux dans la région de Montréal ont implanté, des équipements automatisés pour la préparation et distributions de médicaments en utilisant des codes-barres à 1D. (<i>Québec, Canada</i>)	MSSS, 2010

Tableau 1-3: Exemples d'applications basées sur les codes-barres pour identifier les médicaments (suite et fin)

Type de processus	Année	Solution - (pays)	Référence
	2009	<i>L'Hôpital Ste-Justine à Montréal a développé un système technologique basé sur les codes-barres à 1D pour valider les ordonnances, les statuts de préparation de doses et le contenant-contenu avant de distribuer les médicaments aux unités de soins. (Québec, Canada)</i>	Bussières et Lebel, 2009
Administration de médicaments	2000	<i>Le système de Soins de Santé de l'Est de Kansas et le Centre Médical de Colmery-O'Neil ont implanté le système d'administration de doses basé sur les codes-barres (BCMA) dans l'unité d'urgence et de soins intensifs. (�tats Unis)</i>	Wideman, 2005
	2010	<i>L'Hôpital Brigham and Women's a développé un système d'administration de médicaments électronique (eMAR) avec les codes-barres à 1D. Ce système permet de diminuer de l'ordre de 27% les erreurs de médication. (�tats Unis)</i>	Ohashi et al., 2010

1.4.3 La technologie RFID

Les technologies RFID utilisent des ondes radio fréquence pour identifier des objets de manière automatique. Un système RFID est constitué typiquement d'une étiquette active ou passive, d'antennes, de lecteurs et d'un intergiciel ("*middleware*") qui est intégré à un système de gestion. L'étiquette a le rôle d'entreposer l'information sur l'objet. Tandis que les étiquettes passives peuvent transmettre cette information juste quand un lecteur lui transmet de l'énergie, les étiquettes actives peuvent la transmettre à tout moment. Les étiquettes sont identifiées par le lecteur ou scanner qui transmet l'information à l'intergiciel pour être traitée. Finalement, l'intergiciel communique avec différents systèmes d'information pour déclencher de manière automatique divers processus d'affaires.

En 2003, le journal *The Economist* a annoncé que la technologie RFID était une innovation commerciale qui pourra remplacer à court terme les codes-barres alors fortement utilisés dans la chaîne d'approvisionnement de plusieurs industries (Dutta et al., 2007). Ceci est basé sur le fait que la technologie RFID a la capacité d'identifier des produits, des actifs ou des individus sans les limites techniques des codes-barres (Fosso Wambe et al., 2007). Les avantages de la technologie RFID par rapport aux codes-barres sont:

- i) Réduction de l'intervention humaine : les codes-barres ont besoin de contact visuel afin d'enregistrer l'identification d'un objet. La technologie RFID permet de faire cet enregistrement de façon automatique grâce aux ondes de radio fréquence;

- ii) Meilleure gestion du temps : la lecture des informations du code-barres ne peut pas être faite en mode multiple et on ne peut pas changer l'information en temps réel. La technologie RFID permet des lectures et des écritures multiples;
- iii) Flux d'information en temps réel : L'information entreposée dans les puces de la technologie RFID et/ou dans les senseurs (localisation, température, etc.) peut être transmise de façon automatique aux systèmes d'information des entreprises;
- iv) Sérialisation : les codes-barres 1D permettent d'identifier les produits au niveau de l'unité de gestion de stock SKU (identifiant par famille de produit) alors que la technologie RFID permet une identification au niveau du produit.

Le *Massachusetts Institute of Technology* (MIT) a formé un comité appelé l'*EPC Global* pour développer un standard connu comme le réseau EPC (*Electronic Product Code*) dans le but de supporter les applications avec les technologies RFID. Le EPC Global propose cinq éléments pour l'infrastructure de ce réseau : (i) un code électronique associé au produit dit aussi code EPC, encodé dans la puce RFID attachée au produit, (ii) un lecteur qui lit le code EPC et le transmet au middleware, (iii) l'intergiciel qui traite les flux de données arrivant de plusieurs lecteurs, connecté également aux systèmes d'informations internes de l'entreprise (ERP, WMS), (iv) l'EPC-Information Service, base de données regroupant les informations de l'entreprise et les informations issues des transpondeurs RFID et (v), l'ONS (*Object Name Service*), carnet d'adresses où chaque EPC est converti en une adresse URL détaillant toutes les informations relatives aux produits associés (Castro et Fosso Wamba, 2007; Fosso Wamba, et al., 2006).

En Amérique du Nord, *Wal-Mart* et le *Département de la défense* aux États Unis (*DoD*) ont été les premières organisations à analyser les capacités de la technologie RFID dans la chaîne d'approvisionnement. Ces entreprises ont principalement vérifié et validé son potentiel pour améliorer le pilotage en temps réel du flux informationnel et du flux physique des produits dans toute la chaîne, assurer une meilleure intégration électronique des acteurs logistiques et garantir une meilleure coordination des processus inter et intra-organisationnels (Lefebvre et al., 2005). Suite aux résultats obtenus, *Wal-Mart* et le *DoD* ont demandé à leurs principaux fournisseurs d'adopter cette technologie. Incitées par ces développements et les résultats préliminaires obtenus, plusieurs organisations provenant de différentes industries ont envisagé l'adoption de la technologie RFID afin d'améliorer la performance des processus logistiques et afin d'obtenir de nouvelles opportunités d'affaire. Tel est le cas du secteur de la santé.

Les applications basées sur les technologies RFID peuvent être utilisées dans de nombreux secteurs industriels (Castro et Fosso Wamba, 2007). C'est le cas entre autres du secteur de la production (planification dynamique, suivi des actifs et matériaux, maintenance, réduction de coûts, etc.), du secteur de la vente au détail (traçabilité des marchandises en temps réel, réduction de l'intervention humaine,

optimisation des processus d'entreposage, gestion des stocks en temps réel, etc.), du secteur du transport et de la logistique (traçabilité des containers et des caisses/palettes, gestion de la chaîne du froid) et du secteur militaire (Wyld et Jones, 2007).

1.4.3.1 Les applications dans le secteur de la santé

La technologie RFID, considérée par de nombreux académiciens comme le futur moteur de la compétition dans la chaîne d'approvisionnement (Gaukler et Seifert, 2007; Curtin et al., 2007) devient un point d'intérêt pour résoudre les problèmes vécus dans l'industrie de la santé (Wang et al., 2006; Tzeng et al., 2008). Un sondage fait par *BearingPoint* et par le *National Alliance for Health Information Technology* (2006) a relevé que 10% des centres hospitaliers enquêtés ont développé une application avec la technologie RFID et 65% pensent le faire dans les prochains 24 mois. Vilamovska (2008) constate qu'il existe, dans l'industrie pharmaceutique et de soins de santé, une vaste quantité de projets d'implantation, d'essais et de projets pilotes. Ces développements cherchent à évaluer les mérites relatifs des applications basées sur la technologie RFID. En effet, les prévisions de croissance du marché de cette technologie dans le secteur de la santé indiquent que les centres hospitaliers augmenteront leurs investissements de 474 millions de dollars en 2008 à 3.1 milliards de dollars en 2013 (Kalorame Information, 2008).

L'adoption de la technologie RFID dans l'industrie pharmaceutique a un impact sur toutes les organisations impliquées dans leur production, leur commercialisation et leur administration. Les applications avec des puces actives ou passives permettent de diminuer l'impact des enjeux actuels de l'industrie et des médicaments, soit de (i) diminuer les coûts des processus (Potdar et al., 2006), (ii) assurer la qualité des services et des produits (Schuster et al., 2006; Matalaka, 2009) , (iii) assurer la sécurité et la santé des consommateurs (Bobée, 2009; Matalaka, 2009) et (iv), augmenter la rentabilité de l'industrie (Castro et Fosso Wamba, 2007).

Dans l'industrie des soins de santé, l'adoption de la technologie RFID offre différents avantages. En 2006, la FDA a publié une étude à propos de l'intégration de la technologie RFID dans l'industrie des soins de santé. Elle a conclu que les principales applications avec des puces actives ou passives pour ce secteur couvrent le contrôle des inventaires des entrepôts médicaux, la gestion de l'approvisionnement des produits pharmaceutiques et des autres outils médicaux, l'identification du personnel des soins de santé et des patients et le contrôle des actifs. Selon Bendavid et Boeck (2011a, 2011b), la technologie RFID, supportée par des reingénieries de processus, permet d'intégrer des systèmes de traçabilité à niveau de l'unité dans les centres hospitaliers. En 2010, HIMSS (*Healthcare Information and Management Systems Society*) a conduit une enquête sur les applications développées dans les centres hospitaliers aux États-Unis. Les principaux résultats de cette enquête sont présentés dans le Tableau 1-4.

Tableau 1-4: Taux d'adoption des technologies RFID dans la pharmacie hospitalière aux États-Unis

Applications	Taux d'adoption
Suivi des actifs et des équipements biomédicaux	39%
Gestion des inventaires	26%
Gestion de la chaîne d'approvisionnement	19%
Contrôle et suivi de la température	19%
Sécurité du patient	16%

Source : HIMSS, 2010

L'adoption des technologies RFID offre également la possibilité de développer de nouveaux processus de collaboration inter- et intra-organisationnels dans la chaîne d'approvisionnement. Parmi ces processus, on compte la gestion en temps réel des produits stockés ou en distribution, l'optimisation de la gestion des rappels de produits et de la logistique inversée et, ce qui a pris beaucoup d'importance dans l'industrie pharmaceutique, la lutte pour éviter la contrefaçon (Bardaki et al., 2007; Schuster et al., 2007). Boeck et Fosso Wamba (2008) soulignent que l'impact des bénéfices de la technologie RFID dépend de son adoption par tous les acteurs de la chaîne d'approvisionnement et concluent que ces acteurs obtiennent plus de bénéfices si cette technologie est implantée plus en amont dans la chaîne. Ces bénéfices se diffuseraient au fur et à mesure que les produits seront distribués vers le consommateur (Boeck et Fosso Wamba, 2008).

1.4.3.2 Les applications basées sur la technologie RFID pour identifier les médicaments

Suite aux bénéfices apportés par la technologie RFID, plusieurs acteurs du secteur de la santé ont développé des solutions technologiques basées sur ce porteur d'information afin d'identifier les médicaments (Tableau 1-5).

Tableau 1-5: Exemples d'applications basées sur la technologie RFID pour identifier les médicaments

Type de processus	Année	Solution	Référence
Chaîne d'approvisionnement de médicaments	2004	<i>Abbott Laboratoires, Pfizer, Johnson & Johnson, Protect & Gamble, McKesson, Cardinal Health, CVS and Rite Aid ont travaillé ensemble dans le projet Project Jumpstart pour valider les capacités de la technologie RFID pour sécuriser la chaîne d'approvisionnement. (États Unis)</i>	Matalka, 2009.
	2007	<i>Pfizer a développé un projet pilote connu comme Perdue Pharma pour suivre les médicaments avec des puces RFID. (États Unis)</i>	Bonser et al., 2010; EFPIA, 2010;
	2008	<i>AstraZeneca, Novartis and GlaxoSmithKline ont travaillé étroitement pour valider l'efficacité des puces RFID dans l'identification des médicaments. (États Unis)</i>	Matalka et al., 2009

Tableau 1-5 : Exemples d'applications basées sur la technologie RFID pour identifier les médicaments (suite et fin)

Type de processus	Année	Solution	Référence
	2008	<i>Cardinal Health</i> a développé une plateforme technologique pour lire les puces RFID sur les médicaments en distribution tandis que <i>Walgreen's</i> a développé un projet pour suivre 80 000 boîtes de médicament avec les puces RFID. (<i>États Unis</i>)	Matalka et al., 2009; Sullivan, 2008.
	2010	Le <i>FDA</i> du Nigeria a décidé de développer un système anti-contrefaçon des médicaments basé sur des puces RFID. (<i>Nigeria</i>)	Shah, 2010
Fonction logistique	2010	<i>L'Hôpital Général Gregorio Marañón</i> à Madrid a développé un projet pilote pour valider l'efficacité de la technologie RFID pour la distribution de médicaments aux patients externes. (<i>Espagne</i>)	Jiménez, 2011
	2010	<i>Metlog Monitor</i> a développé une puce de RFID avec un capteur de température pour contrôler la chaîne froide de médicaments. (<i>États Unis</i>)	Wessel, 2010
Administration de médicaments	2006	<i>L'Hôpital Universitaire de Jena</i> a développé un projet pilote pour valider l'efficacité de la technologie RFID pour l'administration des médicaments aux patients des soins intensifs. (<i>Allemagne</i>)	Wesset, 2006
	2010	<i>L'Hôpital Nyack</i> a développé un projet pilote basé sur la technologie RFID pour vérifier le respect des ordonnances de 20 patients ambulatoires. (<i>États Unis</i>)	Swedberg, 2010a
	2010	Le <i>Centre Médical de Geisinger</i> a implanté un robot avec des lecteurs de RFID pour contrôler la distribution de doses aux unités de soins. (<i>Allemagne</i>)	Swedberg, 2010b

1.4.4 Les solutions hybrides basées sur les codes-barres et la technologie RFID

Le secteur de la santé ne concentre pas son attention sur un seul type de porteurs de données. En effet, les acteurs de ce secteur commencent à développer et à évaluer des solutions technologiques pour identifier les médicaments en combinant les deux technologies puisqu'une solution hybride peut palier aux limites d'une technologie avec les avantages de l'autre (McCathie et Michel, 2005). Les principaux développements technologiques combinant ces deux technologies sont listés dans le Tableau 1-6.

Tableau 1-6: Exemples d'applications basées sur les codes-barres et la technologie RFID pour identifier les médicaments

Application	Année	Solution	Référence
Identification des actifs hospitaliers	2007	Système de traçabilité basé sur la technologie RFID avec le support des codes-barres à 2D. (<i>États Unis</i>)	Mun et al. 2007
Identification de médicaments dans la chaîne d'approvisionnement	2007	<i>Authentix</i> développe une application pour identifier les médicaments avec les puces RFID et les codes-barres à 2D (Data Matrix). (<i>États Unis</i>)	Rittenburg, 2007

Tableau 1-6: Exemples d'applications basées sur les codes-barres et la technologie RFID pour identifier les médicaments (suite et fin)

Application	Année	Solution	Référence
Identification de médicaments dans la chaîne d'approvisionnement	2007	<i>Eli Lilly</i> et <i>Nosco</i> identifient des palettes et de boîtes de médicaments avec des puces RFID, tandis que les emballages de médicaments sont identifiés avec des codes-barres. (<i>États Unis</i>)	Basta, 2008; Bachelor, 2007
	2007	<i>Althone Laboratories</i> , <i>Actavis</i> , <i>Sandoz</i> , et <i>Tjoapack</i> ont collaboré dans le projet <i>BRIDGE</i> pour évaluer les capacités de la technologie RFID avec les codes-barres pour l'identification de médicaments. (<i>Europe</i>)	BRIDGE, 2009
Identification de médicaments lors de la fonction logistique	2010, 2011	<i>L'Hôpital du Sacre Cœur</i> à Montréal, le <i>Centre Régional de Santé de Southlake</i> en Ontario et <i>l'Hôtel-Dieu d'Amos</i> à Québec ont implanté le système <i>Logi-D</i> pour le contrôle des inventaires de médicaments basés sur les codes-barres et la technologie RFID. (<i>Québec, Canada</i>)	Lodi-D, 2012
Identification de patients et de doses de médicaments	2005	<i>L'Hôpital de Pittsburg</i> a développé un projet pilot combinant les codes-barres et la technologie RFID pour identifier les patients et les doses lors de l'administration de médicaments. (<i>États Unis</i>)	Swedberg, 2005

Ce chapitre a permis de retenir les points suivants :

- (i) le secteur de la santé détient un rôle important dans l'économie de nombreux pays, investit de façon significative en recherche et développement et contribue fortement à l'innovation et à la création et maintien d'emplois spécialisés. Les produits pharmaceutiques ou médicaments sont essentiels pour la prestation des soins de santé, contribuent au bien-être des personnes et, par conséquent, assurent un rôle social important. Par contre, les médicaments représentent la deuxième dépense la plus importante dans le système de santé des pays membres de l'OCDE ;
- (ii) les enjeux de la gestion qui nous intéressent plus particulièrement se centrent principalement sur les problèmes de visibilité, d'intégrité-authentification et de disponibilité des médicaments à deux niveaux: dans la chaîne d'approvisionnement (premier niveau), avec l'introduction de médicaments contrefaits dans la chaîne légale et la vente illégale de ces produits ainsi que dans le circuit hospitalier (deuxième niveau) avec les erreurs médicales, le faible niveau de contrôle des stocks et des procédures médicales;
- (iii) pour palier aux enjeux mentionnés ci-haut, les acteurs clés de la chaîne d'approvisionnement ainsi que les gestionnaires des institutions hospitalières se tournent vers de nouvelles plateformes technologiques basées en partie ou totalement sur la technologie RFID ou des codes-barres (à une dimension ou plus spécialisés tels que *GS1 Databar-stacked*, *Pharmacode*, *Data Matrix* ou *Aztec*)

pour mieux gérer les médicaments tout au long de la chaîne d'approvisionnement et dans les hôpitaux;

- (iv) le foisonnement de projets pilotes sur ces nouvelles plateformes technologiques, l'incertitude croissante sur les mérites et les avantages relatifs de la technologie RFID et l'omniprésence des codes-barres dans la chaîne d'approvisionnement pharmaceutique et dans les hôpitaux semblent indiquer que nous sommes actuellement dans ce que Tushman et Anderson (1989) ont appelé l'ère de fermentation (*era of ferment*).

Le chapitre suivant tente de poser les fondements théoriques de cette thèse.

CHAPITRE 2 FONDEMENTS THÉORIQUES

D'après la problématique visée dans cette thèse (chapitre 1), les systèmes d'identification et de suivi des médicaments basés sur les codes-barres ou la technologie RFID peuvent apporter plusieurs bénéfices pour la gestion de médicaments. Cependant, leur adoption et diffusion sont lentes. Il est donc nécessaire de cerner les facteurs technologiques et autres facteurs tels les facteurs organisationnels, les coûts d'implantation et de maintien, et les facteurs reliés à l'environnement qui influencent le choix des acteurs du secteur de la santé (section 2.1). De plus, les codes-barres et la technologie RFID représentent des technologies rivales dont les mérites relatifs ne sont pas clairement établis, ce qui retarde leur adoption et diffusion dans ce secteur. Les sections 2.2 et 2.3 examinent par conséquent les fondements théoriques qui permettent de mieux comprendre l'évolution des technologies, la compétition entre deux régimes technologiques et l'émergence d'un design dominant.

2.1 Gestion d'innovations technologiques dans le secteur de la santé

Le secteur de la santé se trouve dans une phase d'innovation permanente pour diverses raisons telles que la complexité organisationnelle de ses institutions (Lamotte, 2000; Glouberman, 2001a; 2001b), les pressions pour améliorer la qualité du service (Crane, 2000; Kohn et al., 2000; Leape, 2005), les pressions créées par la compétition (Porter et Olmsted, 2006) et les exigences financières et sociales (Crane, 2000; Mongan et al., 2008). Aux États-Unis, ce secteur est décrit selon certains observateurs comme « *a cottage industry that has yet to adapt to the new technologies of the 21st century* » et devrait s'engager dans l'adoption d'innovations technologiques qui permettent de mieux contrôler les coûts et de fournir un service de qualité (iHealthBeat, 2005, paragr. 1). Un constat similaire existe pour le Québec et le Canada (Paré et Sicotte, 2004; Menon et Stanfinski, 2009), tout particulièrement pour l'adoption des technologies de l'information (Trudel et Paré, 2004).

Les changements anticipés résultant de l'adoption et de la diffusion de ces innovations sont profonds tant aux niveaux individuel et organisationnel ou qu'au niveau structurel. Il est donc nécessaire d'examiner les fondements théoriques des innovations technologiques dans le contexte spécifique du secteur de la santé.

2.1.1 Les théories sur les innovations technologiques dans le secteur de la santé

Le concept d'innovation technologique est polyvalent et multidisciplinaire. Il intègre différentes théories et de nombreux concepts qui se centrent sur la raison d'être de l'innovation, les facilitateurs, les obstacles à l'innovation et les méthodes mises en place pour motiver l'innovation (OCDE, 2005). Le concept d'innovation technologique comprend trois dimensions : (i) l'une orientée vers l'équipement et le hardware, « *machine technology* » (par exemple, les cassettes pour la distribution de médicaments), (ii)

l'autre orientée vers les procédures, « *procedural technology* » (par exemple, les machines à emballer qui permettent la distribution uni-dose de médicaments) et (iii), la dernière orientée vers les connaissances, « *knowledge technology* » (par exemple, les savoirs nécessaires pour la production de nouveaux médicaments) (OCDE, 2005). L'innovation technologique représente le moteur du renouvellement pour la structure des industries et des marchés (Tornatzky et Fleisher, 1990). Elle implique le développement et l'introduction de nouveaux outils, systèmes et appareils dérivés de nouvelles connaissances au moyen desquels les individus peuvent interagir avec leur environnement (Dodgson et al., 2008). L'adoption d'une innovation technologique a un impact direct sur les processus clés d'une organisation. Dans le secteur de la santé, son adoption se centre sur le développement et l'intégration de nouveaux équipements, procédures et/ou connaissances qui influent sur les processus des soins de la santé.

Les études sur l'innovation technologique se concentrent sur deux phases principales: l'adoption et la diffusion de l'innovation. L'adoption de la technologie représente la phase du processus d'innovation dans laquelle la technologie est introduite pour la première fois dans le marché ou dans une organisation. La phase suivante où la technologie peut être acceptée, rejetée ou connaître une acceptation limitée par le marché ou par une organisation est connue comme le processus de diffusion. Le processus d'adoption est donc déclenché par un événement spécifique dans le cycle de vie de l'innovation technologique. Par contre, la diffusion est un processus longitudinal qui prend place durant tout le cycle de vie de la technologie à partir du moment où elle a été introduite (Rogers, 1995).

Pour mieux comprendre les innovations technologiques dans le secteur de la santé, il est nécessaire de reconnaître que la technologie et les organisations ou institutions qui les adoptent évoluent étroitement (Dodgman, 2008). En effet, selon Dodgman, les innovations technologiques sont toujours accompagnées par des changements dans l'organisation, en particulier des modifications dans les processus, la gestion et/ou les modèles d'affaires.

Plusieurs auteurs ont proposé différents cadres conceptuels afin de décrire l'impact de l'innovation technologique dans le milieu de la santé. Certains considèrent ce secteur comme une boîte noire capable de « produire » des services de soins, l'innovation technologique étant motivée par les changements des prix relatifs aux facteurs de production (Djellal et al., 2004). Pour d'autres auteurs, l'innovation dans le secteur de la santé est marquée par des innovations matérielles, non-matérielles et biomédicales qui permettent de diagnostiquer et de contrôler la pathologie des patients (Thomas, 1975; Gallouj, 2008). D'autres travaux insistent sur le rôle primordial de l'information dans ce secteur (Trudel et Paré, 2004) et se concentrent sur le développement, l'adoption et la diffusion des nouvelles technologies de l'information, ces technologies étant capables d'améliorer à la fois la fonction gestion/administration et la fonction clinique/médicale (Jamal et al., 2009). Finalement, quelques auteurs analysent le secteur de la

santé comme un prestataire de services complexes et un nœud de réseaux (Richards et al., 2003; Pita et Laric, 2004). Dans cette dernière perspective, le patient, perçu comme le client final du service, doit être satisfait par un réseau de services qui est affecté par de nombreuses innovations: des innovations technologiques, des innovations dans les services, des innovations organisationnelles ou managériales et des innovations sociales (relations internes et externes) et culturelles. Nous retiendrons cette perspective.

2.1.2 Les caractéristiques de l'innovation technologique dans le secteur de la santé

En fonction des classifications des innovations et de leurs attributs, toute innovation a des conséquences directes sur la structure de l'organisation et son environnement. Celles-ci peuvent être à la fois destructrices et créatrices de valeur pour les organisations qui l'adoptent (Schumpeter, 1999). Le Tableau 2-1 propose une classification pour les innovations dans le secteur de la santé :

Tableau 2-1: Les caractéristiques des innovations technologiques

Caractéristiques	Description
Innovation produit et innovation processus	L'innovation-produit représente la mise en marché d'un nouveau produit ou d'un produit amélioré en fonction du précédent (p.ex. l'introduction de nouveaux médicaments). Par contre l'innovation-processus correspond à l'émergence et aux changements des produits par de nouvelles techniques ou par l'optimisation des techniques déjà existantes et mises en place pour la production d'un produit ou d'un service (p.ex. la distribution uni-dose de médicaments) (Utterback, 1994; ODCE, 2005). L'innovation-produit répond aux besoins du consommateur tandis que l'innovation processus est liée aux exigences d'efficience d'une organisation. Même si ces innovations sont distinctes, elles s'influencent mutuellement. Une innovation-produit va influencer des changements dans les processus d'une organisation. Donc, elle produira une innovation-processus (Utterback, 1994). De plus, leur intégration dans une organisation a un impact direct sur la structure de l'organisation et sa stratégie. Par exemple, dans la pharmacie hospitalière, l'intégration des technologies d'information pour le contrôle des prescriptions et des dossiers des patients et l'adoption des machines automatisées pour la gestion de médicaments ont permis que la pharmacie centre ses activités sur le patient plutôt que sur le produit. En outre, la structure de la pharmacie a été aussi modifiée par l'intégration de ces innovations parce que leur adoption a permis de distribuer les médicaments de façon uni-dose. Le résultat fut un meilleur contrôle de médicaments et une amélioration de la qualité du service.
Innovation radicale ou incrémentale	Cette classification réfère à l'ampleur de l'innovation technologique ou le degré de changement de la technologie existante. Une innovation radicale, ou dite aussi de rupture, concerne une découverte qui va changer la nature des produits et des services. Elle se traduit dans une organisation comme un moteur de changement significatif de sa stratégie et de sa structure (Cooper, 1998). Elle lui permet d'exploiter de nouveaux marchés, de changer les règles du jeu de l'industrie, de rendre désuets les services ou produits et de redéfinir le réseau d'affaire (Tushman et Anderson, 1986; Kaplan, 1999). Les innovations radicales déclenchent des cycles économiques et technologiques permettant aux organisations de développer de nouvelles compétences technologiques et des avantages compétitifs pour assurer leur survie (Tushman et Anderson, 1986; Henderson et Clark, 1990). Par exemple, l'intégration des systèmes d'information dans la pharmacie hospitalière tels que le PIS (<i>Pharmaceutical Information system</i>) ou le CPEO (<i>Computered Precription Order Entry</i>) a permis la numérisation des informations liées à l'administration

Tableau 2-1: Les caractéristiques des innovations technologiques (suite)

Caractéristiques	Description
Innovation radicale ou incrémentale	de médicaments (prescriptions, dossiers des patients et surveillance des patients). Cette innovation a déclenché la définition de nouveaux processus, rôles et procédures de fonctionnement de la pharmacie. Cela a eu pour comme résultat une diminution des erreurs de médication, un meilleur contrôle de médicaments, une meilleure communication et, par conséquent, l'amélioration de la qualité du service. Une innovation incrémentale (progressive ou continue) correspond aux changements mineurs d'un produit, service ou processus déjà existant (Cooper, 1998). Ces petits changements combinés ensemble améliorent l'efficacité de la technologie initiale. Une innovation incrémentale peut être complémentaire à une innovation radicale par l'ajout des changements mineurs sur l'innovation de rupture. Elle représente un moyen pour conserver ou renforcer les compétences existantes et devenir ainsi un avantage compétitif. En effet, elle permet d'augmenter, par des améliorations continues, la productivité de l'organisation (Habhad, 2006). Par exemple, l'intégration du dossier électronique du patient aux systèmes d'information de la pharmacie hospitalière a permis aux pharmaciens de pouvoir vérifier les caractéristiques du patient et les doses à administrer à ce dernier afin de déterminer les effets secondaires possibles. Ceci donne comme résultat une diminution des erreurs de médication.
Innovation niche, régulière, architecturale ou révolutionnaire	Abernathy et Clark (1985) étudient les innovations en fonction de leur capacité d'affecter les compétences et les réseaux de l'organisation. Ces auteurs utiliser la carte de « transilience » (<i>transilience map</i>) pour décrire les caractéristiques de l'avantage compétitif acquis par l'adoption d'une innovation. En fonction de cette carte, une innovation architecturale est produite par une rupture technologique et la destruction des relations commerciales. Elle déclenche des modifications sur la structure de l'industrie, sur les produits et les processus. Le cas le plus cité est l'Internet. Celui-ci a profondément transformé l'industrie des soins. Il a favorisé le développement de nouveaux modèles d'affaires et a eu un impact sur l'expérience du consommateur (Dodgson, et al., 2008). Plus précisément, l'adoption de l'Internet dans la commercialisation de médicaments a permis la vente de ces produits par la voie électronique (e-pharmacy). Cela a eu pour résultat l'ouverture de nouveaux canaux de distribution, un meilleur accès aux médicaments, mais aussi des opportunités pour la vente de médicaments contrefaits. Une innovation révolutionnaire se caractérise par une rupture technologique combinée à une conservation ou à un renforcement des relations existantes. Elle introduit des changements dans la structure de l'industrie et dans les solutions technologiques. Par exemple, l'échange de données informatisées par internet (EDI) a permis de renforcer les liens de communication entre les partenaires d'affaire. Les plateformes de communication entre la pharmacie hospitalière et les grands distributeurs de médicaments (<i>McKesson et Cardinal Health</i>) permettent à la pharmacie hospitalière d'améliorer sa fonction d'acquisition de médicaments et aux distributeurs, de fidéliser leurs clients en accélérant le processus de paiement. Une innovation de niche est introduite par des modifications mineures sur les technologies existantes pour créer de nouvelles occasions d'affaires. Les machines distributrices intelligentes de médicaments (<i>Smart Medecine Cabine</i>, développées par <i>Avance</i>) permettent aux patients autonomes d'obtenir leurs doses même en absence de l'infirmière (O'Connor, 2008). Cette innovation a eu comme effet l'ouverture d'un nouveau segment de marché pour les machines automatisées de médicaments, soit des institutions des soins de longue durée. Finalement, une innovation régulière ou incrémentale est déclenchée par l'accumulation des modifications mineures sur les technologies et par le renforcement des compétences-clés liées à un marché ou à un client existant. Par exemple, la standardisation des codes

Tableau 2-1: Les caractéristiques des innovations technologiques (suite et fin)

Caractéristiques	Description
	barres permettant d'identifier chaque famille de médicaments a contribué à optimiser les les activités logistiques des fournisseurs, des distributeurs et des détaillants de l'industrie pharmaceutique. En conséquence, cette standardisation a renforcé leurs relations.
Innovation ouverte ou fermée	Chesbrough (2003) suggère que les organisations doivent avoir accès aux sources externes pour supporter leur processus de développement et d'adoption d'innovations. Il introduit le concept de l'innovation ouverte ou partagée en se basant sur le fait que les organisations évoluent dans un environnement économique mondialisé et segmenté et que le développement des innovations exige des compétences-clés chaque jour plus diversifiées (Chesbrough, 2003). Pour cet auteur, cette innovation est marquée par l'ouverture de la firme aux collaborations et aux partenariats inter-organisationnels afin de pouvoir matérialiser l'idée ou le changement conçu. Par exemple, l'une des innovations dites ouvertes est le développement des plateformes technologiques pour la pharmacie hospitalière basées sur la technologie RFID. La collaboration inter-organisationnelle entre les centres hospitaliers, les fournisseurs technologiques, les consultants et les associations a favorisé la mise en place de projets pilotes pour valider l'efficacité de cette technologie (Schneller et al., 2006). La dynamique mise en place par les innovations ouvertes déclenche des changements sur les stratégies des firmes tels que : (i) un ajustement de la fonction de R&D qui est traditionnellement fermée, (ii) une ouverture des modèles d'affaires vers la collaboration et la co-crédation et (iii), une redéfinition des frontières organisationnelles (Chesbrough, 2003).
Innovation interactive	Rogers (2003) a déterminé qu'une innovation est dite interactive quand son utilité augmente au fur et à mesure que l'innovation est adoptée par un plus grand nombre d'organisations ou d'individus. L'adoption de ce type d'innovation est le résultat de l'interaction entre les producteurs et les usagers. Certains auteurs parlent de l'innovation interactive comme un <i>réseau de participants</i> dans lequel l'adoption de l'innovation est modelée par la masse critique, les effets de réseau et la compatibilité avec les standards (Dimmick et al., 2007). Une innovation interactive a un effet de rétroaction entre les premiers et les nouveaux adopteurs car l'augmentation de la masse critique qui opte pour l'innovation permet d'accroître leur connaissance, de diminuer les risques associés à l'adoption et de favoriser l'apprentissage par l'usage (Rosenberg, 1982). Dans le contexte de la chaîne d'approvisionnement de l'industrie pharmaceutique, l'adoption de la technologie RFID pour éviter la contrefaçon de médicaments et optimiser les processus de logistique aura un impact plus élevé si cette technologie est adoptée par les acteurs situés le plus loin possible en amont de la chaîne d'approvisionnement (Boeck et Fosso Wamba, 2008).

2.1.3 L'impact de l'adoption des innovations technologiques dans le secteur de la santé

Le système de la santé des pays industrialisés tels que les États-Unis ou le Canada doit affronter plusieurs enjeux financiers et économiques. Porter et Olmsted (2006) propose, entre autres solutions, l'introduction de nouvelles technologies qui permettront de diminuer le nombre d'erreurs, diminuer la charge de travail du personnel et d'augmenter la qualité du service.

Plusieurs acteurs de l'industrie des soins de la santé ont adopté cette philosophie pour améliorer les services des soins. Le gouvernement, par exemple, a défini des programmes pour assurer la modernisation

des standards technologiques du système de la santé. Au Québec, le MSSS a développé un projet d'infrastructure technologique pour automatiser le processus de distribution de médicaments (Bussières et Level, 2010).  tant donné que la connaissance des centres hospitaliers sur les technologies est limitée (Goes et Park, 2000), ces derniers se regroupent pour acquérir la compréhension nécessaire à propos de l'innovation et pour l'implanter en respectant les restrictions économiques (Barringer et Harrison, 2000). Malgré le support pour l'intégration des innovations technologiques et l'intérêt montré par tous les acteurs de l'industrie des soins de la santé, leur adoption est très lente (Goes et Park, 2000; Boonstra et Broekhuis, 2010). Effectivement, même si les nouvelles technologies apportent plusieurs bénéfices, leur intégration représente un coût qui est parfois élevé (Bondeheimer et Fernandez, 2005; Orszag et Emanuel, 2010).

2.1.3.1 Les bénéfices des innovations technologiques dans le secteur de la santé

L'adoption des innovations a apporté plusieurs avantages pour n'importe quelle industrie. Effectivement, l'adoption d'innovations technologiques dans l'industrie des soins de la santé permet d'améliorer la qualité du service de la même façon qu'elles le font pour les autres industries. L'institut de médecine IOM a constitué une table de discussion pour développer des stratégies d'amélioration de la qualité (Leape, 2005). Pour cet institut, la qualité du système de la santé est mesurée par trois variables centrées sur le patient : surutilisation, sous-utilisation et mauvaise utilisation. Ces trois variables sont décrites dans le Tableau 2-2.

Tableau 2-2: Les variables de la qualité du système de la santé

Variables	Description
Surutilisation	Le patient a reçu des services sans valeur ajoutée. Par exemple, le patient a séjourné dans la salle d'urgence trop longtemps en attendant qu'on lui assigne un lit.
Sous-utilisation	Le patient n'a pas reçu tous les services requis dans son traitement. Par exemple, la décision clinique sur le diagnostic et l'action à entreprendre n'ont pas été basées sur tous les résultats des tests cliniques qui ont été demandés.
Mauvaise utilisation	Il se produit des erreurs lors du traitement du patient. Ces erreurs peuvent éventuellement produire des événements indésirables. Par exemple, le patient a subi des tests cliniques dont il n'avait pas besoin ou qu'il avait déjà subis. Ou encore, le patient n'a pas bien été identifié lors de l'administration d'un médicament et, conséquemment, a subi des effets secondaires.

L'adoption de nouvelles technologies a un impact positif sur ces trois variables de la qualité. Leur intégration permet d'avoir un contrôle plus serré sur les services que le patient a déjà reçus, sur ceux qu'il reçoit et sur ceux qu'il va recevoir. Ainsi, les variables de sur- et sous-utilisation pourront être contrôlées. Ensuite, leur adoption a un impact direct sur la diminution des erreurs (Leape, 2005). Plusieurs auteurs

soulignent que les technologies peuvent diminuer de 50% l'occurrence des erreurs (Hureau et Queneau, 2004).

Par ailleurs, l'adoption de nouvelles technologies entraîne aussi une restructuration des processus. Leur intégration est accompagnée de l'analyse des processus afin de mettre en évidence ceux qui ont une bonne efficacité, ceux qui doivent être changés pour améliorer la productivité et ceux qui vont être affectés par l'introduction de la technologie (Weicher et al., 1995). Cette réingénierie de processus a comme objectif d'améliorer la façon de faire pour fournir une valeur ajoutée aux patients. L'institut de médecine a constaté dans son rapport intitulé *Crossing the Quality Chasm : A New Health System for the 21st Century* qu'une redéfinition fondamentale, radicale et complète du système de la santé est le catalyseur pour améliorer les services et assurer la survie des institutions de la santé. Cette restructuration des processus peuvent avoir un impact direct sur la diminution des erreurs médicales (Leape, 2005; Hureau et Queneau, 2004; Crane, 2000) et les activités sans valeur ajoutée peuvent être aussi éliminées (Davenport et Short, 1990). Pour plusieurs auteurs, le seul moyen pour améliorer la qualité des services des soins de la santé est une réingénierie des processus supportée par l'intégration de nouvelles technologies (MSSSS, 2005; Crane, 2004).

Les technologies peuvent aussi apporter indirectement plusieurs bénéfices pour l'industrie des soins de la santé. Premièrement, l'amélioration de la qualité a un impact direct sur les coûts du service (Porter et Olsted, 2004; Petersen et al., 2006). L'intégration de nouvelles technologies permet une meilleure utilisation des ressources financières, professionnelles et matérielles. La non-occurrence des erreurs médicales a un impact positif sur les budgets des centres hospitaliers (Porter et Olmsted, 2006; Wu, 2006). Ensuite, l'intégration et l'utilisation d'une technologie permettent d'acquérir des avantages compétitifs (Iacovou et al., 1995). Par ailleurs, l'intégration des technologies entraîne une automatisation des processus cliniques. Ainsi, l'industrie peut mieux affronter la pénurie des ressources humaines pour donner les soins car cela permet aux ressources humaines disponibles de s'occuper plutôt des activités à valeur ajoutée. Malgré que ces bénéfices puissent être critiques pour la prise de décision quant à l'adoption d'une technologie, ils ne sont parfois pas pris en compte à l'exception de la diminution des coûts.

2.1.3.2 Les coûts des innovations technologiques dans le secteur de la santé

Malgré que l'implantation des technologies a un rôle positif dans la qualité des soins de la santé, leur intégration représentent un coût financier et organisationnel important. Certaines organisations préfèrent ne pas investir dans une technologie car l'adoption entraîne plus de coûts que de bénéfices.

Le coût financier est le frein le plus significatif dans l'adoption des technologies par l'industrie des soins de la santé (Schmitt and Wofford, 2002). L'institut de médecine insiste sur le fait que les technologies ont augmenté le coût des services. Bondenheimer (2005) démontre que les innovations technologiques et les mesures de contrôle des dépenses trop faibles sont les raisons de la croissance des coûts des soins de la santé. L'adoption d'une technologie entraîne différents coûts liés à l'acquisition et l'implantation de l'infrastructure technologique que ce soit au niveau des équipements (*hardware*) et au niveau des logiciels (*software*). La réingénierie de processus représente aussi un coût important pour l'industrie. La plupart des solutions technologiques ne sont pas du type « *plug and play* » (Campbell, 2006) et demandent une restructuration des processus et une standardisation avec les technologies ou les systèmes déjà existants (Abraham et Reddy, 2009; Deutsch et al., 2010). Par exemple, la pharmacie hospitalière doit s'assurer que le dossier électronique du patient peut communiquer directement avec le système d'information de la pharmacie PIS.

L'institut de médecine (1985) considère également que les bénéfices des technologies peuvent être limités à cause d'une utilisation inadéquate. Une mauvaise utilisation des technologies peut générer des erreurs et ainsi avoir un impact négatif sur la qualité des services (Ford et al., 2008; Jen et Chao, 2008; Verhoeven et al., 2009; Sittig et al., 2010). Pour assurer une meilleure utilisation, l'industrie devrait investir dans la formation du personnel chargé de l'utilisation de la technologie et s'assurer que les nouveaux processus soient bien compris et bien réalisés par tous les professionnels.

Un autre coût que l'industrie doit affronter est la résistance au changement. Les innovations technologiques produisent des changements dans la structure de l'organisation et dans les processus. Par conséquent, les rôles et responsabilités des individus sont affectés par l'adoption des technologies. Par exemple, l'arrivée des machines automatisées ou semi-automatisées dans la pharmacie hospitalière a entraîné une modification dans les rôles du personnel pharmacien. Suite à leur implantation, les pharmaciens ont pu se charger seulement de la validation des prescriptions et de la recherche pharmacologique pendant que les techniciens ont pris en charge la préparation des doses et leur distribution aux unités de soins. Ces modifications peuvent générer de la résistance au changement. La pharmacie doit donc investir financièrement et dans des pratiques managériales pour favoriser l'acceptation des technologies.

Finalement, l'introduction des innovations technologiques entraîne une dépendance excessive de l'organisation à certaines technologies (Campbell et al., 2006; Ash et al., 2009). Une dépendance technologique se produit quand les utilisateurs basent toutes leurs tâches sur une innovation technologique et ne remettent pas en question son fonctionnement (Ash et al., 2009). Par exemple, la mise en place du dossier électronique peut générer du chaos chez les professionnels de la santé. Si le système tombe en

panne, les médecins n'arrivent pas alors à travailler correctement sans accès au dossier électronique. Ou encore, une confiance excessive à l'exactitude des informations du patient peut produire des erreurs (Campbell et al., 2006).

2.1.3.3 L'évaluation des impacts des innovations technologiques dans le secteur de la santé

Les bénéfices et les coûts entraînés par une technologie ne sont pas facilement identifiables. Leur impact peut varier en fonction de l'innovation technologique à implanter, des caractéristiques de l'organisation qui en fera l'adoption et de l'environnement. Dans cette section, nous analyserons les moyens d'évaluation entrepris par l'industrie de santé pour mesurer les mérites des innovations.

Les projets pilotes permettent de développer l'innovation technologique, de vérifier son potentiel dans le contexte réel ou quasi-réel et de vérifier son impact sur l'organisation ou l'ensemble des organisations qui participent au développement du projet. Par exemple, le Centre Hospitalier affilié universitaire du Québec a mis en œuvre un projet pilote pour identifier les bénéfices d'un système de contrôle de médicaments à l'hôpital de l'Enfant de Jésus à Québec (Couture et al., 2011). La mise en place des projets pilotes permet, effectivement, d'évaluer les avantages mais aussi les impacts négatifs d'une technologie pour l'organisation qui contribue financièrement en ressources au projet (Ford et al., 2008; Sittig et al., 2010). L'hôpital Ste. Justine à Montréal a développé un projet pilote pour évaluer la faisabilité de l'utilisation de codes-barres pour la réception et la préparation de médicaments (Brisseau et al., 2011). Cet hôpital a vérifié la capacité de la technologie à identifier les médicaments. Cependant, l'expérience a aussi révélé les problèmes de lecture avec les codes-barres commerciaux.

Pour le secteur de la santé, il semble qu'il existe plusieurs théories qui peuvent expliquer la disposition d'une organisation pour adopter une innovation. Dans la littérature, il y a un foisonnement d'études qui utilisent différents modèles. Les auteurs qui s'intéressent à la diffusion de l'innovation dans l'industrie des soins de la santé se centrent sur le fit entre la technologie, l'organisation et l'environnement. Pour eux, une technologie pour être adoptée doit répondre aux besoins de l'organisation, montrer son potentiel et correspondre aux enjeux de l'environnement (Hoerbst et al., 2008; Lettieri et al., 2008; Sood et al., 2008; Jen et al., 2008; Campion et al., 2010; Chen et al., 2010). Pour d'autres auteurs, le ratio coût-bénéfice joue un rôle primordial dans la décision d'adopter la technologie (Tounsi et Qureshi, 2008; Rajasekaran et al., 2008; Mackert et Whitten, 2009). Plusieurs indicateurs peuvent être utilisés, par exemple le retour sur l'investissement ROI (Arlotto et Oakes, 2003), l'analyse coûts-bénéfices (ACB) et la mesure de la valeur actuelle nette (VAN) (Menachemi et Brooks, 2005). Bendavid et al., (2010) ont développé un projet pour évaluer le potentiel de la technologie RFID dans l'approvisionnement des fournitures hospitalières dans un hôpital à Montréal. À l'aide du calcul du ROI, ils ont déterminé qu'il s'agit d'une solution rentable ayant des bénéfices pour les activités logistiques de l'approvisionnement des fournitures.

Le financement de la technologie joue un rôle important dans la décision d'adopter une technologie. Djellal et al., (2004) présentent deux modèles pour financer les développements technologiques dans le secteur de la santé. Le premier est le régime de tarification rétrospective. Ce régime évalue les bénéfices monétaires d'une technologie à chaque journée et les confronte au prix total à payer pour l'adoption. Dû aux enjeux liés à l'inflation, cet outil de décision favorise parfois les technologies non-efficientes. L'autre régime est la tarification prospective. Celui-ci compare le coût d'adoption d'une technologie au budget total de l'organisation. Ce régime a tendance à inhiber l'adoption des technologies car les dépenses d'adoption vont avoir un impact négatif sur les revenus de l'organisation (Djelall et al., 2004).

Malgré qu'une technologie ait un *fit* ou un alignement parfait avec l'organisation et que l'organisation ait les ressources nécessaires pour assurer son adoption, il est important de considérer les enjeux de la bureaucratie professionnelle des institutions de la santé et, plus spécifiquement des centres hospitaliers. Glouberman et Mintzberg (2001a) ont montré que les centres hospitaliers coordonnent les services à fournir en ayant recours à la standardisation des qualifications. Malheureusement, ce type de configuration ne permet pas de résoudre les problèmes de coordination qui surviennent dans l'organisation. Pour ces auteurs, l'industrie de la santé à l'interne est constitué par quatre groupes de professionnels ayant des objectifs différents et qui n'ont pas tendance à collaborer : les professionnels chargés de la guérison (médecins), ceux chargés des soins (infirmiers), ceux chargés du contrôle et ceux représentant la communauté. Ce manque de collaboration a un impact négatif sur l'adoption des technologies.

2.1.4 Les facteurs d'adoption des technologies de l'information dans le secteur de la santé

Les organisations du secteur de la santé font face à plusieurs facteurs qui influencent le choix d'adoption d'une technologie. Plusieurs auteurs se basent sur différentes théories pour comprendre les facteurs de l'adoption des innovations technologiques telles que la théorie de l'acceptation de la technologie (Davis et al., 1992; Venkatesh et al., 2003), la théorie diffusionniste (Rogers, 1995, 2003) et la théorie institutionnaliste (Chwelos et al., 2001; Boeck et Fosso Wamba, 2008; Boeck et al., 2008). Peu de travaux de recherche portent sur l'adoption des technologies de l'information dans le secteur de la santé malgré leur rôle soit primordial dans ce secteur (Kolodner et al., 2008). La recherche sur les technologies de l'information dans ce secteur est considérée comme 'sousreprésentée' (Fishman et al., 2011, p.419) et ce constat est encore plus flagrant des technologies telles que les codes-barres et la technologie RFID.

2.1.4.1 Théorie de l'acceptation de la technologie

Rogers and Shoemaker (1971) examinent la vitesse relative selon laquelle une innovation est adoptée par les différents acteurs d'un système social. En effet, l'adoption d'une innovation est parfois difficile même

si ses avantages sont clairement connus et Rogers insiste sur le fait qu'une innovation peut parfois prendre beaucoup de temps pour être adoptée et diffusée dans un système social.

Le processus d'adoption et de diffusion peut comprendre l'intention d'adopter, l'acceptation de l'innovation, l'intention de l'utiliser, le type d'utilisation ou le comportement après l'utilisation (Venkatesh et al., 2003). À partir de ces variables, plusieurs modèles théoriques ont été développés et validés empiriquement pour anticiper l'acceptation d'une innovation et déterminer les caractéristiques pour les rendre plus acceptables pour les utilisateurs. Fishbein and Ajzen (1975) propose la théorie sociale cognitive TRA (Theory of reasoned action) pour montrer qu'une innovation est acceptée en fonction du comportement des individus et des facteurs du système social. Davis et al., (1989) reprennent cette théorie pour définir le modèle d'acceptation d'une technologie (TAM: Technology Acceptance Model). Plus tard, Venkatesh et al., (2003) réutilisent le modèle TAM pour mettre en place une théorie unifiée de l'acceptation et de l'utilisation de la technologie UTAUT (Unified theory of acceptance and use of technology). Ces modèles définissent l'utilité perçue et la facilité d'utilisation ainsi que les caractéristiques du système (les pressions et les conditions) comme facteurs décisionnels pour l'adoption d'une technologie (Venkatesh et al., 2003). Selon une revue des études empiriques précédentes, le modèle TAM permet d'expliquer un pourcentage substantiel (entre 40% à 75%) de l'intention des médecins et autres professionnels d'utiliser diverses technologies telles que la télémédecine, les systèmes de stockage et partage d'images, les PACS, RFID, CPOE ou PAD (Tableau 2-3).

Tableau 2-3: Quelques études utilisant le modèle TAM dans le secteur de la santé.

Technologie étudiée	Population étudiée et entité	Intention d'utilisation	Auteurs
Télémédecine	Médecins d'un hôpital de soins spécialisés a Hong Kong	40-44%	Chau et Hu, 2001 / 2002 / Hu et Chau, 1999
RFID pour améliorer la qualité et la sécurité de processus	Médecins et infirmières de 55 unités d'urgences et 26 différents systèmes de cinq hôpitaux au Taiwan	62-56%	Chen et al., 2007
PACS, systèmes de stockage et partage d'images	Radiologues et personnel technique dans un hôpital en Belgique	48%	Duyck et al., 2008
CPOE, prescription électronique	Médecins dans un réseau régional de centres hospitaliers (13 cliniques, un hôpital et un laboratoire) au Québec	55%	Paré et al., 2006
Technologies d'information	Ergothérapeutes en Australie	63%	Schaper et Pervan, 2007
PDA, assistants électroniques personnels	Médecins de sept hôpitaux spécialisés en médecine familiale aux États Unis.	74%	Yi et al., 2006

Source : Holden et Karsh, 2010

Les études empiriques précédentes dans le secteur de la santé font appel à divers modèles conceptuels, dont le modèle TAM et ses variantes TAM2 et UTAUT ainsi que les modèles TRA et TPB (Tableau 2-4), pour prédire les intentions d'adopter une technologie, les attitudes vis à vis de la technologie ou l'utilisation d'une technologie (variables dépendantes). Différentes variables telles que l'approbation subjective ou les croyances comportementales et normatives se retrouvent aussi dans ces études (Tableau 2-4). De leur revue de la littérature, Holden et Karsh (2010) concluent que ces modèles conceptuels pourraient bénéficier de l'ajout d'autres variables ou de modifications afin d'en améliorer la précision dans le contexte spécifique du secteur de la santé.

Tableau 2-4: Les variables du modèle TAM pour le secteur de la santé

Variables	Définition	Modèle de référence³
Comportement	L'action spécifique ou générale à prédire.	TRA/TPB
Utilisation (USE)	Le comportement spécifique des personnes qui seront en contact avec une technologie de l'information donnée.	TAM, TAM2, UTAUT
Intention comportementale (BI)	Motivation individuelle ou la volonté de faire des efforts pour entreprendre le comportement souhaité.	TAM, TAM2, UTAUT, TRA/TPB
Attitude (ATT)	Jugement réalisé par les individus par rapport une technologie (par exemple, bon / mauvais, nuisible / bénéfique, agréable / désagréable).	TAM, TRA/TPB
Facilité perçue d'utilisation (PEOU)	La perception d'un individu quant à la difficulté ou simplicité d'utiliser une technologie.	TAM, TAM2
Utilité perçue (PU)	La perception d'un individu quant à l'amélioration de la performance lors de l'utilisation d'une technologie de l'information.	TAM, TAM2
Approbation subjective (SN)	La perception d'un individu quant à l'approbation ou désapprobation d'un comportement donnée par un acteur clé.	TAM2, TRA/TPB
Contrôle perçu du comportement (PBC)	La perception d'un individu quant à la difficulté ou la simplicité pour entreprendre un comportement donné (auto-efficacité), aux facteurs qui facilitent ou entravent ce comportement (facteurs habilitant) ou au niveau de contrôle nécessaire pour entreprendre ce comportement (contrôle).	TPB
Effort souhaité	La perception d'un individu quant à l'effort souhaité relative à l'utilisation d'une technologie.	UTAUT
Performance souhaitée	La satisfaction d'un individu quant à l'amélioration de la performance lors de l'utilisation d'une technologie de l'information.	UTAUT

Tableau 2-4: Les variables du modèle TAM pour le secteur de la santé (suite et fin)

Variables	Définition	Modèle de référence ³
Influence sociale	L'influence des groupes de pouvoir quant à l'approbation ou désapprobation d'un comportement donné.	UTAUT
Image, intérêt, qualité résultante, observation de résultats	Les caractéristiques réelles ou perçues d'une technologie qui peuvent influencer l'utilité perçue.	UTAUT
Croyances comportementales, normatives et de contrôle	Les perceptions des individus quant aux résultats d'entreprendre un comportement donné, aux personnes qui encouragent ou découragent ce comportement et aux facteurs spécifiques ou circonstances qui rendent plus facile ou plus difficile ce comportement.	TRA/TPB

³ TAM = Technology Acceptance Model. TAM2 = Technology Acceptance Model 2. UTAUT = Universal Theory of Acceptance and Use of Technology. TRA = Theory of Reasoned Action. TPB = Theory of Planned Behaviour.

Source: Holden et Karsh, 2010

2.1.4.2 Théorie diffusionniste

Selon la théorie diffusionniste (ou de diffusion de l'innovation), l'adoption d'une innovation technologique dépend principalement de trois groupes de variables : (i) les caractéristiques de l'innovation, (ii) les caractéristiques de l'organisation et, (iii) les caractéristiques de l'environnement externe (voir la Figure 2-1). Plusieurs auteurs montrent que les attributs de l'environnement externe sont les catalyseurs principaux pour comprendre la diffusion des systèmes d'information inter-organisationnels (SIIO). Étant donné que l'adoption de la technologie RFID et des codes-barres a tendance à modifier les processus inter-organisationnels de l'industrie pharmaceutique, nous décrivons plus en détails les caractéristiques de l'environnement dans la prochaine section.

Les caractéristiques ou attributs de l'innovation

D'après la théorie diffusionniste, les attributs de l'innovation encouragent ou inhibent l'adoption des innovations (Chwelos et al., 2001; Rogers, 1995). Rogers (1983; 1995) identifie cinq attributs qui peuvent faciliter l'adoption d'une innovation : avantage relatif, compatibilité, complexité, possibilité d'essai et visibilité. Plusieurs auteurs ont démontré la pertinence de la théorie diffusionniste (qui concerne tout type d'innovation) dans le cas particulier des technologies de l'information (voir par exemple, Moore et Benbasat, 1991). De plus, certains attributs tels que la compatibilité, la possibilité d'essai et la visibilité représentent des déterminants significatifs d'acceptation de ces technologies (Agarwal et Prasad, 1997). Dans le contexte spécifique du secteur de la santé, la compatibilité et la possibilité d'essai ressortent également pour l'adoption des dossiers informatisés des patients par infirmières (Hebert et Benbasat, 1994).

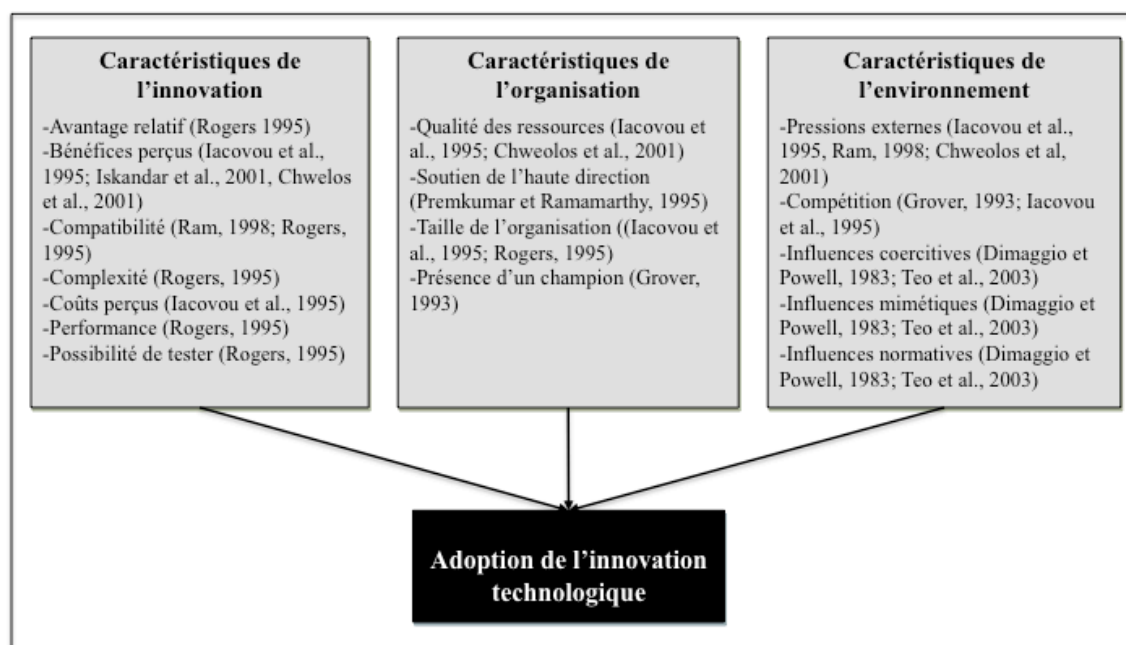


Figure 2-1: Modèle d'adoption des innovations technologiques

Nous avons tenté de cerner les cinq attributs de Rogers pour la technologie RFID et les codes-barres et d'en analyser la pertinence selon la littérature (Tableau 2-5).

Tableau 2-5: Les attributs des codes-barres et de la technologie RFID facilitant leur adoption

Attributs	Description
Avantage relatif	L'adoption de la technologie RFID peut offrir plusieurs avantages en comparaison aux technologies comparables ou utilisées dans la chaîne d'approvisionnement pharmaceutique et le secteur hospitalière telles que les codes-barres (Tajima, 2007; Schuster et al., 2007; Hingley et al., 2006; Potdar et al., 2006). Les principaux avantages sont la collecte automatique et en temps réels des informations avec une grande granularité des données (la palette, la caisse, l'unité) (Tajima, 2007), le contrôle des conditions physiques de l'environnement si les puces de RFID sont équipées des senseurs (Potdar et al., 2006), l'optimisation et la coordination des processus inter et intra-organisationnelles (Lefebvre et al., 2005), l'amélioration de l'efficacité des processus logistiques (Schuster et al., 2007) et, par conséquent, une meilleure gestion de la chaîne d'approvisionnement (Heese, 2007).
Compatibilité	L'adoption de la technologie RFID est fortement limitée par les problèmes de compatibilité. Les organisations doivent assurer une coordination avec l'infrastructure existante : hardware, software et les outils de gestion (Speakman et al., 2006). Pour réussir l'adoption de cette technologie dans l'industrie pharmaceutique, il faut considérer la compatibilité de la technologie parmi tous les acteurs participant à la chaîne d'approvisionnement. Dans le secteur hospitalier, la technologie RFID doit être compatible avec les autres équipements médicaux et même avec les processus cliniques. Dans le cas des codes-barres, cette technologie, utilisée depuis plusieurs années dans d'autres industries ainsi que dans le secteur de la santé, est conforme avec les processus de soins de santé (Schneller, 2006; Dumitru, 2009).

Tableau 2-5: Les attributs des codes-barres et de la technologie RFID facilitant leur adoption (suite et fin)

Attributs	Description
Complexité	L'implantation de la technologie RFID dans les processus actuels de l'organisation est plus complexe en comparaison avec les technologies rivales (Schuster et al., 2007; Tajima et al., 2007). Plusieurs projets pilotes pour la traçabilité des médicaments en Europe et aux États Unis envisagent plutôt l'utilisation des codes-barres en attendant que la technologie RFID soit plus mature et moins coûteuse, donc, que son intégration soit moins complexe (Axway, 2007). Au contraire, les codes-barres sont moins compliqués à être implantés étant donné qu'il s'agit d'une technologie mature et fortement acceptée (Lin et al., 2010; Nasir et al., 2011).
Possibilité d'essai	Différentes applications basées sur la technologie RFID ont été évaluées dans différentes industries. Les résultats de ces projets ont démontré les avantages et les obstacles à leur adoption. Dans l'industrie pharmaceutique, il y a un fort intérêt pour tester le potentiel de cette technologie quant à l'identification et au suivi de médicaments pendant leur distribution. Selon IDTechEx, les projets pilotes pour tester la capacité de la technologie RFID ont utilisé plus de 20 millions de médicaments et de 10 millions de palettes (Barlas, 2008). Dans le cas des codes-barres, il y a plusieurs cas qui sont en fonctionnement actuellement qui montre l'efficacité de cette technologie (Sharma et al, 2011).
Visibilité	La visibilité des bénéfices d'une technologie joue un rôle important dans son adoption. Les codes-barres semblent être plus visibles que la technologie RFID étant donné qu'ils sont utilisés depuis plusieurs années. Cependant, les projets pilotes utilisant le système RFID ont un rôle important en ce qui concerne la visibilité de cette technologie.

Certains partisans de la théorie diffusionniste ont tendance à ajouter d'autres attributs à ceux proposés initialement par Rogers dont les coûts perçus, la performance et l'effet de réseau. Par exemple, le secteur de la santé considère que la technologie RFID a un coût élevé et a donc tendance à préférer les codes-barres qui est une technologie mature et moins coûteuse (EFPIA, 2008; Bobée, 2009; Jagers, 2010).

Les caractéristiques organisationnelles

Certaines recherches se centrent sur le comportement d'adoption des individus. Or, ces derniers ont un faible impact sur la décision d'adoption d'une organisation (Brown et al., 2002) et il faudrait analyser le processus d'adoption des innovations au niveau des organisations. La perception d'une organisation sur l'utilité d'une innovation diffère de celle d'un individu. Pour les individus, l'utilité est mesurée par la satisfaction et l'accomplissement de leurs propres objectifs. Par contre, pour les organisations, l'utilité est caractérisée par une amélioration de leur performance. Le potentiel d'une technologie peut être mesuré en fonction du niveau de « *fit* » ou alignement de la technologie, des besoins de l'organisation et de ses capacités pour utiliser l'innovation. Plusieurs auteurs se sont intéressés à ce dernier point et ont évalué différentes caractéristiques organisationnelles qui agissent comme déterminants de l'adoption et de la diffusion d'une innovation technologique telles que la taille de l'organisation, les ressources dont elle dispose, le soutien et l'engagement de la direction ou la présence d'un champion. De plus, ces

déterminants permettent d'évaluer le niveau de préparation de l'organisation pour adopter une technologie en fonction des ressources financières et/ou techniques, (Iacovou et al., 1995; Chwelos et al., 2001).

Dans le cas du secteur de la santé, les caractéristiques organisationnelles ont un poids important dans l'adoption des innovations technologiques. Mintzberg (1989) constate que les caractéristiques organisationnelles des centres hospitaliers nuisent à l'adoption des nouvelles technologies dû à leur bureaucratie professionnelle et leur institutionnalisme. Dans ces organisations, la prise de décision est réalisée par les spécialistes de différents savoirs professionnels. Chaque service médical définit leurs propres stratégies en fonction de leur objectif primaire sans prendre en compte les impacts administratifs de leurs décisions. En effet, ces spécialistes vont freiner l'adoption de nouvelles technologies étant donné qu'elles ont un impact direct sur leurs fonctions.

En tenant compte du constat de Mintzberg, plusieurs chercheurs ont identifié les caractéristiques organisationnelles qui jouent un rôle significatif dans l'adoption des technologies de l'information, telles que l'organisation du travail, les processus de prise de décision, les modes de communication, la planification du changement, le soutien, les incitatifs, la collaboration entre unités et les affiliations (Massaro, 1993; Ash, 1997; Kaplan, 1997; Lorenzi et al., 1997; Aarts, Peel et Wright, 1998; Hikmet et al., 2008; Kralewski et al., 2008; Carpenter et al., 2011).

Le Tableau 2-6 justifie, en s'appuyant sur la littérature, certaines caractéristiques organisationnelles qui agissent comme des déterminants d'adoption des codes-barres et de la technologie RFID.

Tableau 2-6: Caractéristiques organisationnelles facilitant l'adoption des codes-barres et la technologie RFID

Attributs	Description
Taille de l'organisation	Cette caractéristique a un impact sur l'adoption des technologies (Iacovou et al., 1995; Rogers, 1995). Une grande organisation a la capacité financière et la capacité technologique pour comprendre les caractéristiques et les enjeux liés à une innovation donnée. Il a été montré que la disponibilité des informations sur la technologie, notamment sur ses avantages et ses inconvénients, a influencé fortement la diffusion des systèmes d'information inter-organisationnels (Chwelos et al., 2001 ; Iskandar et al., 2001). Dans le secteur de la santé, les premiers essais d'adoption de la technologie RFID dans la chaîne d'approvisionnement et la logistique interne des hôpitaux ont été commandités par les firmes faisant partie du Fortune 500 : les plus grands distributeurs, les plus grands laboratoires, les plus grands détaillants médicaux et les plus innovants hôpitaux.
Qualité des ressources	Les ressources d'une organisation peuvent déterminer le niveau de préparation pour adopter une technologie. Iacovou et al., (1995) notent que la préparation d'une organisation pour adopter une technologie dépend de la présence des ressources appropriées pour la compréhension et l'intégration de l'innovation. Par exemple, les grandes firmes ont de grands départements de TI qui jouent un rôle important pour la connaissance de la technologie et la mise en œuvre du processus d'adoption (Teo et al., 2003).

Tableau 2-6: Caractéristiques organisationnelles facilitant l'adoption des codes-barres et la technologie RFID (suite et fin)

Attributs	Description
Soutien et l'engagement de la haute direction	Ce facteur joue un rôle important dans l'adoption de nouvelles technologies. Si la haute direction est intéressée à adopter une innovation, elle va fournir les ressources financières et physiques pour leur intégration. En présence d'un conflit lors de l'intégration, la haute direction peut jouer le rôle de modérateur (Damanpour et Wischnevsk, 2006).
Présence d'un champion	Il joue le rôle d'agent de changement dans l'organisation. Il est chargé de persuader et de réduire la résistance de l'organisation pour adopter une innovation (Rogers, 2003). Dans le cas d'un centre hospitalier, le champion peut être une unité de soins ou bien un service hospitalier (Lee et Shim, 2007).

Les caractéristiques de l'environnement externe

L'environnement dans lequel l'organisation œuvre serait aussi significatif au niveau de l'adoption et de la diffusion des innovations technologiques puisque le comportement innovateur d'une organisation est le reflet des changements de l'environnement externe (Damanpour, 2006; Teo et al., 2003; Brass et al., 2004).

Dans le contexte des technologies de l'information, les variables de l'environnement externe ont un poids prépondérant. Par exemple, Chwelos et al., (2001) soulignent que les pressions externes ont un plus grand impact sur l'adoption quand il s'agit d'une innovation inter-organisationnelle telle que l'EDI. De plus, ils montrent que les bénéfices perçus de la technologie et la préparation de l'organisation ont plutôt un impact sur le type d'intégration d'une innovation (Chwelos et al., 2001). Iacovou et al., (1995) et Chwelos et al., (2001) ont aussi examiné les variables de l'environnement externe qui motivent l'adoption des systèmes EDI et ont retenu deux sources de pression: les pressions des concurrents et celles des partenaires. Ces deux variables ont un impact d'autant plus décisif sur le processus d'adoption quand il s'agit d'une innovation interactive et ouverte. L'utilité et le bon fonctionnement d'une innovation interactive dépendent de la masse critique d'adopteurs (Rogers, 2003 ; Venkatesh et al., 2003) et de l'interaction entre les différents utilisateurs de la technologie. Les applications de la technologie RFID dans le secteur de la santé sont également tributaires des interactions entre les acteurs du secteur qui l'ont adoptée (Boeck et Fosso, 2008).

2.1.4.3 Théorie institutionnaliste : diffusion en réseau des innovations technologiques

Le développement d'une innovation est déclenché par l'interaction de nombreux acteurs. Barringer et Harrison (2000) ont analysé les différents facteurs qui influent l'interaction entre les firmes : (i) les coûts de transactions, (ii) la dépendance des ressources, (iii) le choix stratégique, (iv) le support pour atteindre des objectifs et (v), l'apprentissage mutuel. Dans le contexte d'innovation, les organisations s'allient pour pouvoir obtenir des ressources complémentaires. Ainsi, ils sont capables de développer des ressources

inimitables et non substituables (Brass, 2004; Gulatti et al., 2001; Barringer et Harrison, 2000; Barney, 1991).

Plusieurs auteurs ont analysé les différentes variables qui affectent la diffusion de l'innovation en réseau : la structure des dyades (Gulati et al., 2001), le niveau de centralité de l'organisation (Borgatti et Foster, 2003), l'exposition dans le réseau, les caractéristiques des liens comme la force et la proximité spatiale (Granovetter, 1973), les caractéristiques du réseau telles que la densité ou la centralisation (Borgatti et Foster, 2003) et les facteurs contextuels comme la masse critique d'adopteurs et les influences externes (Arthur, 1987; DiMaggio et Powell, 1983). Ces éléments ont donné naissance à la théorie institutionnelle.

Cette théorie permet d'expliquer le processus d'adoption des systèmes d'information inter-organisationnels ou SIIO (Boeck et al., 2009; Boeck et Fosso, 2008; Teo et al., 2003; Iskandar et al., 2001; Chwelos et al., 2001). Même si de nombreux auteurs insistent sur le fait que les organisations adoptent des technologies de type SIIO pour améliorer leur efficacité, les partisans de cette théorie suggèrent que les organisations les adoptent plutôt en fonction des influences de l'environnement (Teo et al., 2003). L'adoption des innovations dites inter-organisationnelles déclenche l'optimisation des processus et l'amélioration de l'efficacité. Mais, d'abord, elle permet à l'organisation de devenir légitime dans son environnement (Brass, 2004; DiMaggio et Powell, 1983). Une organisation est légitime quand l'environnement la qualifie d'acceptable et crédible. Boeck et al., (2009) analysent la relation entre les fournisseurs et les acheteurs dans l'industrie métallurgique pour décrire l'adoption des outils d'e-commerce. Ils montrent que les fournisseurs ont tendance à adopter les plateformes d'e-commerce définies par les grandes firmes métallurgiques afin d'être acceptés dans le marché et, ainsi, assurer leur survie.

Les partisans de cette théorie analysent les pressions externes de l'environnement de l'organisation qui ont un impact direct sur son comportement et qui ont tendance à motiver le regroupement des organisations. Ces pressions sont connues comme l'isomorphisme institutionnel (DiMaggio et Powell, 1983). Lorsque les organisations font face à ce type de pressions, elles sont susceptibles d'adopter des processus, structures ou des stratégies que d'autres ont déjà implantés. Les organisations, sous ces pressions, cherchent les avantages compétitifs acquis par les premiers adopteurs (Teo et al., 2003; DiMaggio et Powell, 1983). Elles ont tendance à devenir homogènes avec des organisations ayant une structure équivalente pour des raisons d'optimisation des processus et d'amélioration de l'efficacité mais, aussi, pour assurer leur survie (Teo et al., 2003).

DiMaggio et Powell (1983) identifient trois types de pressions extérieures à l'organisation qui influent les organisations à intégrer des processus, des stratégies ou des structures (technologiques ou managériales) que d'autres ont déjà adoptés: les pressions mimétiques, coercitives et normatives. Dans le contexte d'une

innovation, moins les adopteurs comprennent une technologie, plus ils auront tendance à être influencés par ces trois forces (Teo, et al., 2003).

Les pressions mimétiques

Les pressions mimétiques sont celles qui poussent une organisation à imiter ou copier le comportement d'autres organisations perçues comme similaires (Burt, 1987), opérant dans la même industrie (Borgatti et Foster, 2003), connectées étroitement par des liens tels que des ressources et des informations (Brass et al., 2004; Borgatti et Foster, 2003; Grenovetter, 1973), qui ont un prestige dans l'industrie (DiMaggio et Powell, 1983) ou perçues comme ayant du succès (Teo et al., 2003). Borgatti et Foster (2003) utilisent les concepts de convergence et de contagion pour expliquer les forces mimétiques. Pour eux, la convergence se présente quand deux firmes ayant une structure équivalente prennent le même type de décisions et commencent à se ressembler (Burt, 1997). La contagion se produit quand deux firmes ayant des liens étroits et des échanges de communication décident d'imiter leur comportement. Dans le domaine de la diffusion des technologies, la convergence et la contagion peuvent expliquer l'adoption des technologies. Si l'une des organisations adopte une innovation, elle exercera des pressions mimétiques sur les autres ayant une structure équivalente ou des liens avec elle. Une organisation est confrontée à une haute pression mimétique quand un nombre croissant d'organisations dans son environnement adoptent la même innovation. Si l'organisation juge qu'une innovation apporte plusieurs avantages concurrentiels, elle imitera le même comportement. En outre, l'incertitude et l'ambiguïté des innovations peuvent aussi motiver la présence des pressions mimétiques sur les organisations (DiMaggio et Powell, 1983). En imitant le comportement ou adoptant la même innovation, les organisations ont non seulement l'espoir d'obtenir leur légitimité dans l'industrie mais aussi de réduire au minimum les efforts de recherche, les coûts d'expérimentation et, ainsi, d'éviter les risques liés à l'adoption (Brass, 2004 ; Gulatti et al., 2001).

Les pressions normatives

La deuxième pression institutionnelle est la pression normative. Les partisans de la théorie institutionnelle suggèrent que les organisations, face à une pression normative, adoptent des innovations quand ils apprennent les normes et les valeurs relatives à ces pratiques par l'intermédiaire d'une variété de sources telles que les institutions éducatives, les partenaires commerciaux, les médias et les organisations professionnelles (DiMaggio et Powell, 1983). Dans la diffusion des technologies, les firmes qui ont des liens étroits vont échanger des informations sur les technologies à adopter, leurs caractéristiques et les stratégies pour leur intégration (Burt, 1997). De cette façon-ci, les firmes auront l'information nécessaire pour justifier et entreprendre l'adoption de l'innovation. Ainsi, les organisations adoptent une technologie parce qu'elles perçoivent que l'adoption est la meilleure action à entreprendre (Teo et al., 2003).

Les pressions coercitives

Le dernier type de pression décrit par DiMaggio et Powell (1983) est la pression coercitive. Elle est définie comme étant les forces officielles ou non qui sont exercées par les organisations ayant un rôle de pouvoir ou de supériorité. La position dominante d'une organisation n'est pas le résultat de la taille de la firme. Elle découle plutôt de la dépendance des ressources entre deux ou plusieurs organisations (Brass, 2004. Gulati et al., 2000). Dans une relation de partenariat, une organisation peut exercer des pressions coercitives pour mettre en place ses exigences ou ses attentes. Ces entités comprennent les clients, les fournisseurs et les organismes officiels tels que les gouvernements, les associations professionnelles et autres organismes de réglementation (DiMaggio et Powell, 1983). Les organisations adoptent une innovation sous la pression coercitive parce qu'elles seront qualifiées par leurs pairs d'illégitimes si elles ne suivent pas le même comportement. Dans certains cas, l'adoption d'une technologie peut être plus avantageuse seulement pour un acteur dans le réseau. C'est par l'intermédiaire des forces coercitives que cette organisation ayant plus de bénéfices oblige les autres à l'adopter.

Notons une certaine ambivalence au niveau de l'impact des pressions coercitives. D'une part, ce type de pressions agit positivement sur l'adoption des systèmes inter-organisationnels (Teo et al., 2003; Khalifa et Davison, 2006; Madlberger, 2009) puisque l'organisation en position dominante force ses partenaires à adopter un système qui lui confère des avantages personnels (mais qui ne donne pas nécessairement des avantages collectifs). D'autre part, l'absence de pressions coercitives encourage aussi l'adoption des systèmes inter-organisationnels puisque les relations et échanges inter-organisationnels sont plus harmonieux et puisque le consensus entre partenaires est plus facile à obtenir (Son et Benbasat, 2007; Rahim et al., 2011).

La plupart des innovations technologiques dans l'industrie des soins de la santé exigent la participation de plusieurs acteurs de l'industrie et leur support pour pouvoir définir des standards. Cependant, plusieurs problèmes de coordination sont observés. Pour Globerman et Mintzberg (2001a), il existe quatre différents groupes qui ont un impact direct sur les décisions de l'industrie : les centres hospitaliers, les organisations offrant d'autres services de soins, le contrôle public et le gouvernement ainsi que les organisations supportant financièrement l'industrie. Une technologie risque de ne pas être adoptée s'il n'existe pas une coordination entre les stratégies de ces quatre groupes. Dans ce contexte organisationnel, les pressions de l'environnement de l'industrie jouent un rôle primordial. Pour assurer une coordination, le groupe avec un rôle prédominant peut exercer des pressions coercitives ou normatives sur les organisations de l'industrie en faveur de l'adoption d'une technologie. Dans le milieu de la santé, le groupe qui a plus de pouvoir est le gouvernement et les organisations finançant l'industrie de la santé. Ce sont eux qui la plupart de temps prennent la décision d'adopter une innovation technologique. Au Québec, le MISSS, par exemple, est

l'organisation responsable de définir la stratégie technologique pour tous les centres hospitaliers de cette province (Martin et al., 2011). Pour qu'une technologie soit adoptée au niveau de secteur de la santé, il est donc nécessaire d'avoir le support des organisations avec une position dominante, qu'elles comprennent le potentiel de la technologie en assurant le fit entre les caractéristiques de l'innovation, l'organisation et l'environnement et, finalement, qu'elles exercent des pressions sur tous les membres de l'industrie.

2.2 L'évolution des technologies

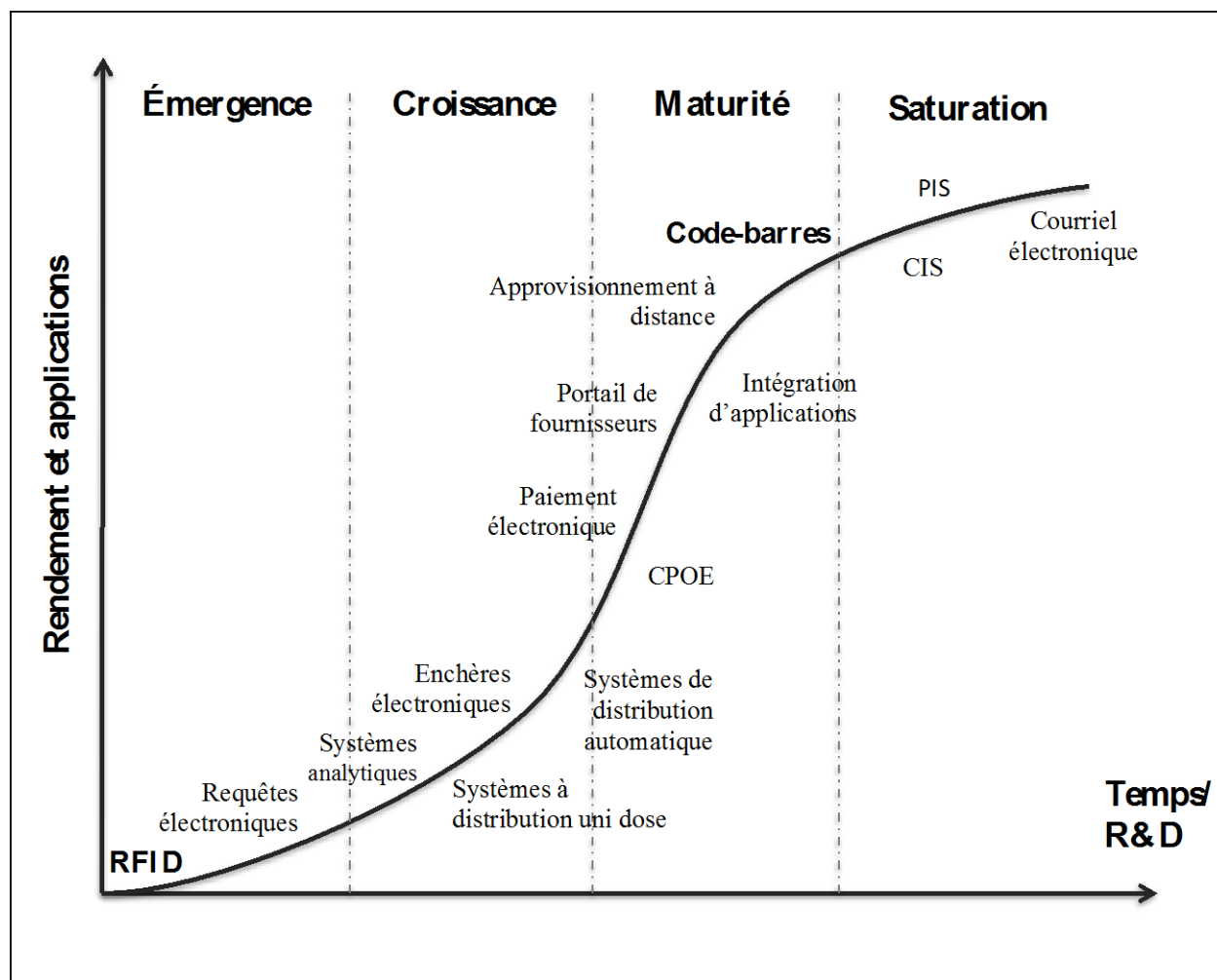
Les fondements théoriques sur l'évolution des technologies permettent de comprendre pourquoi deux régimes technologiques (dans notre cas, les codes-barres et la technologie RFID) entrent en compétition et pourquoi deux technologies rivales éprouvent des difficultés à devenir le standard technologique dans une industrie (ici, le secteur de la santé).

2.2.1 Le cycle de vie de technologies

Le cycle de vie d'une technologie est marqué par l'entrée des innovations dans une industrie donnée. Il permet de décrire le développement des innovations comme une évolution technologique qui déclenche des cycles clairement définis et séquentiels (Ford et Ryan, 1981): phase d'émergence, suivi ensuite par une phase de diffusion et de développement et, finalement, par une phase de maturité (OCDE, 2005; Dodgson, 2008). Une technologie mature sera remplacée par une nouvelle technologie qui aura son propre cycle de vie. Dans le secteur de la santé, les innovations technologiques médicales (innovations produits) ont des cycles de vie courts (Djellal et Gallouj, 2007). Par exemple, Weisbrod (1990) a réalisé une étude sur les 200 médicaments les plus utilisés au cours des 20 dernières années. Il a constaté que seulement une cinquantaine de ces 200 médicaments sont encore prescrits par les médecins. Par contre, le cycle de vie des nouvelles technologies d'information pour l'industrie des soins telles que, entre autres, le dossier électronique des patients et les ordonnances électroniques ont des cycles de vie plus longs (OCDE, 2005).

Il existe deux modèles principaux pour décrire l'évolution des technologies (Nieto et al., 1998). Le premier, le modèle connu comme la « courbe en S » (Foster, 1986), identifie les actions mises en place pour développer une innovation technologique. Ce modèle a tendance à définir la relation empirique entre les investissements faits et les résultats obtenus à partir de l'innovation. Il permet de guider une firme dans la définition de stratégies afin d'assurer le succès d'une innovation. Le deuxième modèle, le modèle du cycle de vie de la technologie, définit les différentes phases dans le développement d'une innovation en fonction de mesures qualitatives. Il se centre sur la description temporaire des technologies sans prendre en compte les variables monétaires. Selon Soete et Turner (1984), les deux modèles basent leur définition en fonction du rendement obtenu à partir de l'innovation. Donc, l'évolution des technologies peut être

alors décrite en fonction d'un cycle de vie en forme de S comparant la performance de l'innovation en fonction du temps ou des investissements réalisés (Erns, 1997).



PIS – Système d'Information de la Pharmacie

CIS – Système d'Information Clinique

CPEO – Prescription informatisées d'ordres médicaux

Figure 2-2: Le cycle de vie des innovations technologiques dans la pharmacie hospitalière (Mettler et Rohner, 2009)

Mettler et Rohner (2009) ont classifié les technologies de l'information que la pharmacie hospitalière peut adopter en fonction de leur cycle de vie (voir Figure 2-2). Les technologies qui ont un impact important sur la diminution des erreurs de médication, l'amélioration de la qualité des services et la diminution de la pénurie de personnel se trouvent dans la phase de croissance ou disruptive (le prescripteur électronique, le lecteur de codes-barres, le cabinet décentralisé, le robot, la télé pharmacie). Mais, leur intégration représente un coût élevé pour les centres hospitaliers car il faut modifier les processus existants et développer de nouvelles compétences. Par contre, les innovations technologiques ayant un impact sur les

processus cliniques et administratifs de la pharmacie telle que les code-barres se trouvent dans la phase disruptive tandis que la technologie RFID se situe de la phase d'émergence.

Le passage d'un régime technologique à un autre (d'une vieille technologie à une nouvelle) est chaotique (Foster, 1986). En effet, ce changement déclenche la définition de nouvelles relations entre la science, la technologie et le marché. Étant donné que la technologie est un élément clé de la compétitivité des entreprises, le changement de régime technologique a aussi un profond impact sur l'organisation des industries. Pour telle raison, l'analyse du cycle de vie de la technologie est fortement liée au dynamisme des industries.

2.2.2 La dynamique introduite par le cycle de vie des technologies

Le cycle de vie des technologies entraîne « *un processus dynamique dont le moteur réside dans l'action même d'adopter* » (Cowan et Foray 1995, p. 17). D'une part, les technologies sont modelées par les caractéristiques de l'industrie. D'autre part, les innovations ont un impact direct sur l'organisation au niveau des processus, de la stratégie, de l'administration et de la culture (OCDE, 2005; Dodgman, 2008). Selon la théorie de l'organisation industrielle, une innovation technologique permet d'établir le positionnement des firmes dans une industrie (OCDE, 2005). Une organisation réagira en innovant pour éviter de perdre une part de marché ou bien pour atteindre une position stratégique sur le marché. Pour la théorie évolutionniste, l'innovation est conçue comme le résultat d'un processus dynamique entre les différents acteurs d'un réseau d'affaires (Teece et al., 1997). Pour les partisans de la théorie économiste, l'innovation représente une expérience commerciale qui introduit des changements dans la structure des industries et des marchés (Schumpeter, 1934). Pour Schumpeter, l'innovation est un processus dynamique de destruction et de création dans lequel de nouvelles technologies remplacent les anciennes. Dans le secteur hospitalier, Djellal et Gallouj (2008) insistent sur le fait que les nouvelles technologies ne remplacent pas les anciennes mais qu'il existe plutôt un phénomène de complémentarité. Par exemple, les nouvelles technologies de diagnostic telles que les tests de tomodensitométrie n'ont pas remplacé les tests par rayons-X. Par contre, les médecins optent pour utiliser les résultats des deux tests afin de renforcer leur prise de décision en ce qui concerne le diagnostic.

La pharmacie hospitalière est un exemple parfait pour expliquer l'impact du cycle de vie de technologies dans le milieu des soins. La structure de la pharmacie a connu une évolution marquée au cours des deux dernières décennies. Elle est passée d'une structure centrée sur le produit à une structure centrée sur le patient (Hepler et Strand, 1990; Parent et al., 2001). L'intégration des technologies a permis l'adoption de cette nouvelle culture de travail. Étant donné que les informations sur les produits pharmaceutiques ont été intégrées dans les systèmes d'information de la pharmacie (*Pharmaceutical information system PIS*) et

que les médicaments ont été stockés et contrôlés par des équipements automatiques (p.e. *Robot-Rx* de McKesson, *ATC Profile* de *Automated Technologies* et *PACMED* de Medical Packaging Inc), les pharmaciens ont eu l'opportunité de se centrer sur les caractéristiques des patients et ainsi de pouvoir prévenir les erreurs médicales (MSSS, 2007). De la même façon, les procédures de distribution des médicaments ont été affectées par l'intégration de nouvelles technologies. D'une distribution en vrac (la distribution des médicaments est faite pour plusieurs jours sans valider la concordance entre les médicaments et les patients), la pharmacie a évolué vers le système de distribution uni-dose décentralisée (les médicaments sont entreposés directement à l'unité de soins dans un cabinet automatisé et sécurisé) (Parent et al., 2001).

2.2.3 L'évolution des technologies marquée par les discontinuités technologiques

Anderson et Tushman (1990) ont conceptualisé le changement technologique comme un processus évolutif de variation, de sélection technologique et de rétention marqué par des discontinuités technologiques. Il s'agit d'un cycle dans lequel des ruptures technologiques et la définition d'un design dominant sont les points de transition entre les ères de fermentation (*era of ferment*) et les ères de modifications incrémentales (Anderson et Tushman, 1990; Hargadon et Douglas, 2001; Garud et Karnoe, 2010; Navis et Glynn, 2010: 441). Tandis que Anderson and Tushman (1990) ont illustré cette trajectoire technologique en quatre phases : rupture technologique, ère de fermentation, définition du design dominant et ère de modifications incrémentales (voir Figure 2-3), Suarez (2004) l'a conceptualisé en fonction de cinq phases : développement (R&D), faisabilité, création du nouveau marché, bataille pour la dominance et post-dominance. Pour ce dernier chercheur, chaque phase est caractérisée par le cycle de vie de la technologie et les possibles dynamiques qui rendent une solution plus dominante ou pertinente.

D'après le modèle de Tushman and Rosenkopf (1992), l'évolution technologique est constituée par des variations de processus socioculturels, la sélection d'un standard pour l'industrie et le perfectionnement de la solution technologique choisie. Cette variation est le produit de ruptures et/ou du progrès technologique qui conduisent l'industrie à une phase d'incertitude et de compétition technologique pour atteindre le design dominant pour l'industrie. La technologie passe à une autre phase quand l'industrie choisit entre toutes les solutions un design dominant aux niveaux social, politique, organisationnel et, parfois, technique (la performance ou supériorité technique n'étant pas obligatoire) entre toutes les solutions. Ce design représente donc la maturité technologique et l'acceptation de la solution technologique par les différents joueurs de l'industrie. Ce standard évolue tout au long de la phase de changement incrémental jusqu'à l'apparition d'une nouvelle rupture et/ou d'un nouveau progrès technologique (Teece, 2000, Anderson et Tushman, 1990).

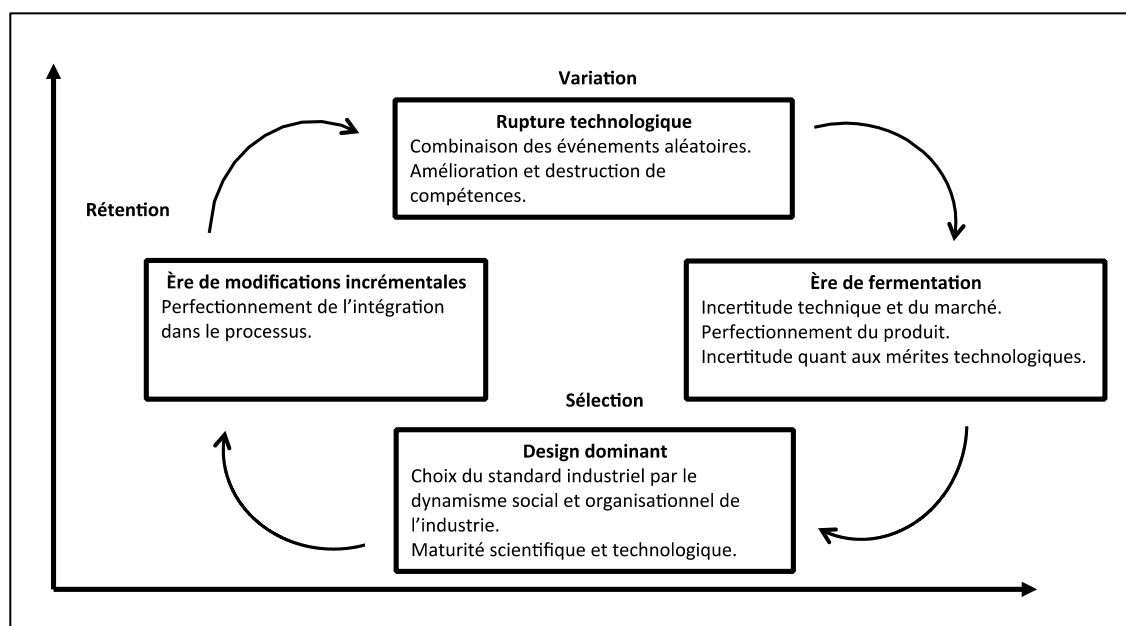


Figure 2-3: La trajectoire des technologies (Tushman and Rosenkopf, 1992)

Ce modèle de trajectoires technologiques peut être employé pour analyser le cycle de différents produits et processus, soit d'un seul composant d'un produit, soit d'un sous-système d'une technologie complexe ou bien de l'ensemble d'un système ou processus complexes. Tushman and Rosenkopf (1992) et Rosenkopf et Tushman (1995) ont défini un cadre pour classer les produits en fonction de leur complexité : produits non-assemblés (des éléments non séparables), produits simples assemblés (différents sous-systèmes qui sont assemblés pour définir un produit) et systèmes assemblés (un seul sous-système lié avec d'autres interfaces ou systèmes technologiques). Les produits sont des ensembles d'éléments interdépendants avec une fonctionnalité de base. Ces ensembles sont reliés entre eux par des connexions physiques et des interfaces (Henderson et Clark, 1990), alors que les systèmes assemblés sont constitués de systèmes fermés et ouverts. Étant donné que l'évolution technologique peut se présenter sur un ou tous les éléments d'un système, l'interdépendance entre les différents éléments du système et du sous-système rend plus complexe les processus d'adoption d'un design dominant.

Les trajectoires technologiques et, surtout, la définition du design dominant dépendent fortement du dynamisme des acteurs de l'industrie (producteurs, usagers, fournisseurs, associations, gouvernements). Chaque acteur construit sa propre vision de la technologie ou bien son propre cadre technologique. Ces acteurs développent aussi des cadres de référence pour différencier la nouvelle technologie de celles déjà adoptées. Ce cadre leur permet de comprendre comment la technologie peut être utilisée et de définir des paramètres d'évaluation (Acha, 2004). Les cadres technologiques peuvent varier d'un joueur à l'autre et leur définition dépend du contexte de chaque joueur incluant ses expériences passées ou l'influence des

associations dont il fait partie (Kaplan et Henderson, 2005). Kaplan et Tripsas (2008) ont proposé un modèle cognitif pour expliquer l'influence des différents cadres de référence technologique sur l'évolution des technologies. Dans l'ère de fermentation, les variations sont les résultats de la non-conciliation de différents cadres de référence. Chaque joueur a sa propre appréciation de la technologie et des besoins à accomplir. Une conciliation entre ces différents cadres est établie afin d'atteindre un cadre collectif. Ainsi, l'industrie atteint un design dominant. Les changements incrémentaux sur ce design proviennent de la liaison entre le cadre de référence collectif de l'industrie et la structure de chaque organisation. La Figure 2-4 montre le modèle d'influences des cadres technologiques sur la trajectoire technologique.

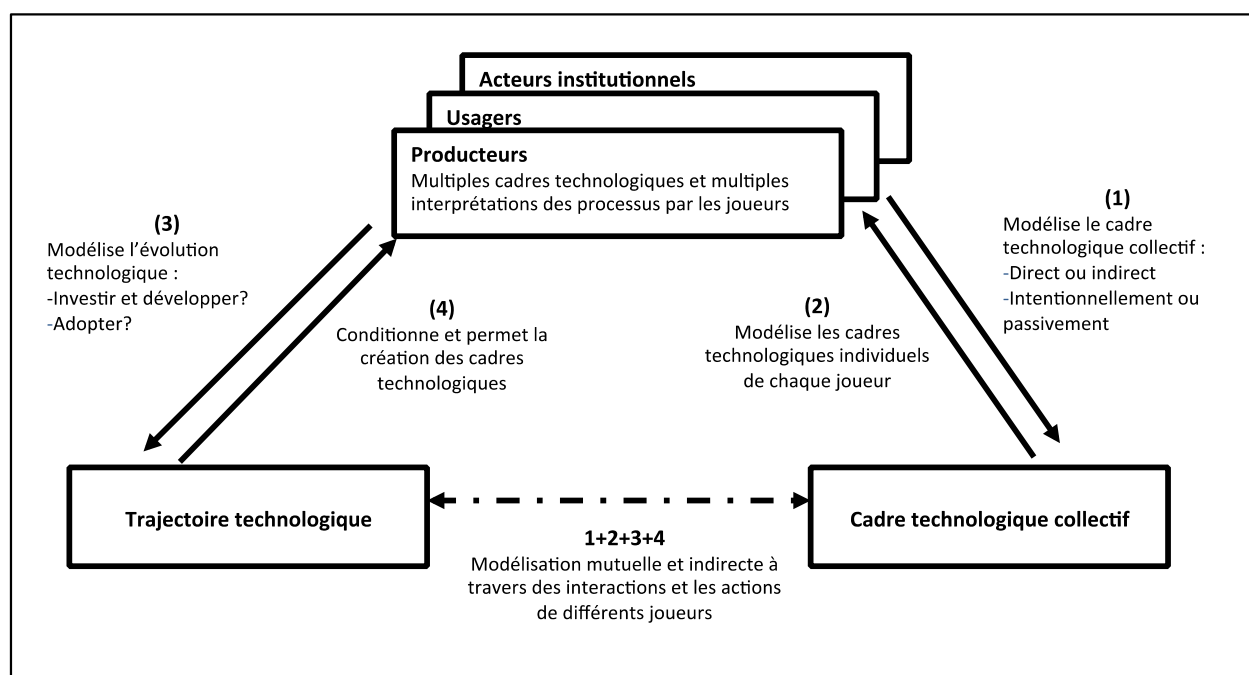


Figure 2-4: Le modèle cognitif de la trajectoire des technologies (Kaplan et Tripsas, 2008)

Ce modèle cognitif tient compte de différents niveaux décisionnels entre les acteurs de l'industrie (usagers, producteurs, distributeurs, hôpitaux, associations) qui interagissent entre eux afin de définir un cadre collectif (1). La définition d'un consensus peut être longue et conflictuelle car elle va dépendre des backgrounds de chaque acteur et du degré d'incertitude de la technologie. Le cadre collectif est construit et diffusé pendant l'ère de fermentation pour être ensuite consolidé à la naissance du design dominant. Pendant l'ère des modifications incrémentales, le cadre collectif est structuré en fonction du progrès technologique et, finalement, il est éliminé dès l'apparition d'une rupture technologique. Les cadres technologiques individuels ont une influence sur la trajectoire technologique. En fonction de ces cadres, les acteurs vont influencer l'investissement et le développement de la technologie (3). Le progrès de la compréhension de la technologie va dépendre des actions entreprises par les différents acteurs de l'industrie. Réciproquement, la maturité de la technologie va permettre de diminuer le degré d'incertitude

des différents groupes décisionnels de l'industrie (4). L'interaction réciproque entre les cadres individuels et le cadre collectif ainsi qu'avec la trajectoire technologique permet de résoudre le paradigme des cadres technologiques compétitifs et des solutions technologiques compétitives (1+2+3+4). En effet, la trajectoire technologique finit par avoir une influence sur le cadre collectif.

2.3 La compétition entre les technologies pour le design dominant

L'analyse de la problématique spécifique de ce travail de recherche suggère la présence d'une ère de fermentation pour le système d'identification des médicaments. Plus spécifiquement, il existe une compétition entre deux régimes technologiques (les codes-barres versus la technologie RFID). Cette compétition est marquée par la définition du design dominant, le contexte de l'industrie et les actions entreprises par les différents acteurs.

2.3.1 Le design dominant ou standard technologique

L'émergence d'un design dominant est un point culminant dans le cycle de l'évolution d'une technologie (Utterback et Abernath, 1975, Abernathy et Utterback, 1978, Abernathy et Clark, 1985, Anderson and Tushman, 1990). Elle indique la solution résultante de la bataille pour la dominance du marché. Le concept de design dominant est complexe car il entraîne l'analyse des actions au niveau macro (environnement) et au niveau micro (les firmes ou les organisations). Cette complexité a généré une fragmentation dans l'étude de ce phénomène. Dans la littérature du management de la technologie, les chercheurs ont analysé ce concept sous différentes formes, telles que les « standards » (Farrell et Saloner, 1985 ; Cusumano et al., 1992; Besen et Farrell, 1994), les « designs dominants » (Tushman et Anderson, 1986; Suarez, 2004; Srinivasan et al., 2006) , les « plateformes » (Gandal, 1994; Kim et Kogut, 1996; Rochet et Tirole, 2003; Economides et Katsamakas, 2006; Teece, 2007), les « batailles pour la dominance » (Suarez, 2004), les « compétitions technologiques » (Lerner, 1997) ou la « compétition de systèmes » (Katz et Shapiro, 1994; Hagedoorn et al., 2001). Utterback et Abernathy (1975) utilisent le concept de design dominant pour caractériser les technologies qui obtiennent une dominance du marché. Gallagher (2007) distingue le concept du design dominant de celui du standard. Pour lui, un standard définit les facteurs de l'environnement dans lequel la nouvelle technologie va être adoptée tandis que le design dominant établit la structure de l'innovation. Murmann et Frenken (2006) et Suarez (2004) ont essayé d'intégrer ces différentes définitions. Ils ont insisté sur le fait qu'un standard ou design dominant est le résultat d'un consensus de différents acteurs afin de développer des solutions technologiques selon les règles convenues (Farrell et Saloner, 1992; Nickerson et Muehlen, 2006). Dans ce travail de recherche, nous utilisons cette dernière définition.

Un standard technologique peut être conceptualisé différemment en fonction du point de vue des

concepteurs et des utilisateurs. Pour les créateurs, il reflète la synthèse des concepts approuvés sur le design logique ou la structure de paramètres fonctionnels pour développer une classe de produits (Anderson et Tushman, 1990; Clark, 1985; Murmann et Frenken, 2006; Tushman et Anderson, 1986). Du point de vue des utilisateurs, un standard technologique représente la matérialisation des besoins des consommateurs dans une seule solution technique (Cusumano et al., 1992; Axelrod et al., 1995). En résumé, un standard technologique ou design dominant est le résultat du choix collectif entre les besoins des utilisateurs, les possibilités techniques et le coût de développement des concepteurs et les contraintes politiques, sociales et économiques du marché (Hargadon et Douglas, 2001; Garud et al., 2002).

2.3.2 Les modèles sur la compétition de technologies

Deux théories principales permettent de pour mieux comprendre la compétition des technologies en fonction de la complexité de l'innovation. La première, la théorie des facteurs technologiques et du marché de la compétition, utilise les observations faites sur la définition de standards de produits simples non-assemblés (par exemple, les transistors) (Abernathy et Utterback, 1975; 1978; Anderson et Tushman, 1990, Utterback et Suárez, 1993). La deuxième, la théorie de l'impact des actions collectives, décrit la dynamique de la compétition en fonction de l'analyse des systèmes complexes (par exemple, les ordinateurs, les systèmes de traçabilité des médicaments) (Arthur, 1989, 1996; West, 2003; Suárez, 2004; Waguespack et Fleming, 2009).

2.3.2.1 Théorie des facteurs technologiques et du marché de la compétition

Cette théorie a tendance à décrire la compétition des technologies comme un processus cyclique des innovations technologiques dont l'objectif est la recherche d'un équilibre technologique, c'est-à-dire le design dominant (Anderson et Tushman, 1990; Utterback et Suárez, 1993; Suarez, 2004). Elle analyse les facteurs du marché qui ont un impact, lors d'une compétition technologique, sur l'émergence de ce design. Les externalités du marché ou les effets du réseau sont les facteurs identifiés (Farrell et Saloner, 1985, 1986, Katz et Shapiro, 1994; Saloner et Shepard, 1995). Ces facteurs rendent une innovation technologique plus attrayante en fonction de l'augmentation du nombre d'utilisateurs qui l'adoptent et de la quantité des applications ou produits reliés à cette technologie (Farrell et Saloner, 1985; Katz et Shapiro, 1985, 1992; Suarez, 2004; Economides et Katsamakas, 2006;). Étant donné que les externalités du réseau dépendent de la demande (les utilisateurs), la compétition entre les technologies entraînent des stratégies non-conventionnelles telles que le développement des technologies à architecture ouverte (Garud et Kumaraswamy, 1993), des licences d'utilisation gratuites (Armstrong, 2006), ou des alliances avec les compétiteurs (Katz et Shapiro, 1994), entre autres. La littérature sur les externalités du réseau donne aussi des indices à propos de la prédominance du réseau sur les caractéristiques des technologies

(Arthur, 1989; Katz et Shapiro, 1992). Ceci est le cas du standard QWERTY pour le marché des claviers où l'innovation technologique moins performante a été choisie comme le design dominant.

2.3.2.2 Théories des actions collectives sur la compétition des technologies

Un système technologique complexe est parfois constitué d'une technologie de base et de plusieurs composantes technologiques développées de façon séparée par différentes industries manufacturières (Cusumano et Gawer, 2002; Murmann et Frenken, 2006). Comme la structure et l'intégration de chacune des composantes entraînent la participation de plusieurs développeurs, la définition du design dominant dépend profondément des actions collectives entreprises par les organisations du marché. (Wade, 1996; Hargrave et Van De Ven, 2006). Ainsi, l'organisation développant le système technologique complexe doit gérer deux niveaux de compétition. D'une part, elle doit contrôler les actions des organisations qui développent la même technologie de base (Cusumano et Gawer, 2002). D'autre part, elle doit coordonner les actions des développeurs de composantes auxiliaires (Cusumano et Gawer, 2002).

Des économistes ont développé la théorie du marché à deux faces (« *two-sided markets* ») afin de décrire les interactions du marché dans ce contexte (Gallaughier et Wang, 2002; Parker et Van Alstyne, 2005; Economides et Katsamakas, 2006; Eisenmann et al., 2006). Selon cette théorie, la technologie de base sert comme un moyen d'intermédiation pour unifier deux groupes distincts mais complémentaires: (i) les vendeurs ("sellers") qui produisent les composantes auxiliaires pour le système complexe et, (ii) les acheteurs ("buyers") qui souhaitent la synergie entre les composantes auxiliaires et la technologie constituante de base (Gallaughier et Wang, 2002; Parker et Van Alstyne, 2005; Economides et Katsamakas, 2006; Eisenmann et al., 2006). La compétition dans un marché à deux faces est complexe car l'interaction entre tous ces acteurs sert comme un mécanisme de renforcement. Par exemple, l'utilité des acheteurs qui identifient les médicaments à l'aide des lecteurs de RFID s'augmente en fonction du nombre de médicaments identifiés avec des puces de RFID. Ainsi, l'organisation tenant le contrôle d'une technologie de base a tendance à développer des coalitions entre tous les acteurs du marché afin de rendre plus attrayante l'adoption de son innovation (Hargrave et Van de Ven, 2006).

Une autre théorie qui permet de comprendre la compétition de technologies dans un contexte collectif est celle développée par Teece (2007) sous le nom d'écosystème technologique (« *technological ecosystem* »). Selon cet auteur, il existe un écosystème composé de firmes développant des technologies de base et de firmes produisant différentes composantes auxiliaires (Cusumano et Gawer, 2002; Teece, 2007). La prise de décision des firmes développant la solution technologique est complexe. Celle qui veut définir le standard technologique doit prendre en compte plusieurs paramètres : (i) les avantages des licences libres versus les licences propriétaires, (ii) la possibilité d'alliances ou d'investissement pour développer des composantes auxiliaires et (iii), les encouragements monétaires pour motiver l'innovation

chez les firmes développant des composantes auxiliaires. Teece (2007) insiste sur le fait que seules les firmes qui peuvent gérer leur contexte et prendre l'avance sur les compétiteurs pourront réussir.

Arthur (1989, 1996) présente un modèle pour unifier les deux théories décrites dans les derniers paragraphes. Selon Arthur, une technologie n'est pas choisie en fonction de son efficacité. Le choix est plutôt réalisé en fonction d'événements aléatoires. Cet auteur élabore un cadre pour expliquer, en outre, que chacune des technologies en compétition possède une probabilité positive de sortir vainqueur. En conséquence, le marché peut parfois être conquis par une technologie dite « inférieure » (Arthur, 1996; Garud et al., 1997). Arthur décrit donc le processus de compétition en fonction de quatre caractéristiques qui sont listées dans le Tableau 2-7.

Tableau 2-7: Les caractéristiques des innovations technologiques

Phase	Description
Non-prédictibilité	Le choix technologique ne peut pas être prédit en fonction des connaissances sur les deux technologies au début de la compétition.
Inflexibilité	Au cours de la compétition, la tendance du choix technologique pour une des technologies ne pourra pas être mise en cause (<i>lock-in</i>).
Inefficacité possible	Des « événements mineurs » peuvent conduire à choisir la technologie la moins efficace.
Dépendance basée sur les faits passés	La sélection d'une technologie va dépendre de tous les événements liés aux technologies en compétition (<i>path-dependence</i>).

En effet, Arthur (1989, 1996) constate que la diffusion de la technologie est un processus dynamique qui est renforcé par le simple fait d'adopter (*self-reinforcing*). Les rendements peuvent croître par l'usage (Arthur, 1988), par les externalités de réseau (Saloner et Shepard, 1995; Srinivasan et al., 2006; Suarez, 2004), par les rendements croissants d'information (Arthur, 1989), par l'entrée de firmes avec de nouvelles technologies (Anderson et Tushman, 1990; Zahra et Bogner, 2000) et par les interrelations technologiques (Suarez, 2004; Teece, 2007). Ces rendements croissants d'adoption peuvent être aussi motivés par les caractéristiques du contexte (Garud et al., 2002; Maguire et al., 2004). Par exemple, les technologies mobiles, tels que les cellulaires, les réseaux LAN, entre autres, ont connu une forte croissance à cause de plusieurs facteurs économiques : compétition entre les acteurs, réduction des prix et services pré-payés (Beaubrun et Pierre, 2001). En outre, les caractéristiques d'une ancienne technologie peuvent influencer la définition du design dominant. Une organisation va définir les paramètres d'évaluation d'une nouvelle innovation en fonction des éléments techniques, économiques et organisationnels de celle qui a déjà été adoptée. Ces normes de sélection sont amplifiées quand la nouvelle technologie cherche à remplacer l'ancienne.

Lors de la compétition des technologies, les organisations expérimentent un niveau d'incertitude plus

important que pendant l'ère de changements incrémentales. De la même façon, les changements technologiques sont plus rapides (Christensen et al., 1998). Dans cette ère, les organisations en compétition technologique doivent surveiller minutieusement l'environnement et agir rapidement. Elles doivent anticiper le choix des adopteurs futurs afin de privilégier la technologie qui aura la plus grande masse critique (Kats et Saphiro, 1986). Une fois la technologie choisie par un adopteur, celui-ci aura tendance à persuader les autres organisations pour qu'elles fassent le même choix (Schilling, 2002).

2.3.3 Les éléments retardateurs du design dominant

La compétition des technologies est très volatile et peut entraîner une seule innovation technologique gagnante. Cette dernière aura tendance à faire sortir du marché toutes les autres solutions qui n'ont pas réussi à être choisies comme le design dominant. Cependant, une « vieille » technologie peut être difficile à remplacer par une nouvelle (Henderson, 1995).

De ce fait, plusieurs chercheurs concluent que la durée de la période nécessaire afin que l'industrie définisse un design dominant peut varier significativement. Tushman et Rosenkopf (1992) suggère que la durée de l'ère de fermentation dépend de la complexité du contexte, c'est-à-dire de l'incertitude technologique et de son évolution dans le marché. Étant donné que l'entrée d'une nouvelle technologie entraîne de nouvelles connaissances et de nouveaux savoirs faire, cette période de définition peut prendre plus de temps. Cette période permet aux organisations de l'industrie d'acquérir les connaissances nécessaires pour connaître les avantages de la nouvelle technologie par rapport à l'ancienne (Tushman et Rosenkopf, 1992). La complexité est liée aussi aux facteurs du marché : (i) la perception de l'innovation dans l'industrie, (ii) la quantité des interphases entre l'innovation ciblée et les autres solutions en compétition, (iii) la quantité des composants ou des niveaux de produits qui forment l'innovation technologique et de leur liens entre eux, (iv) la quantité des organisations qui ont un rôle décisif sur la définition du design dominant. Plus l'innovation est complexe, plus les facteurs non-technologiques ont influence sur le standard.

2.3.4 La coexistence des régimes technologiques

L'industrie et le marché ont intérêt à accélérer l'émergence du design dominant car il représente l'élément déclencheur pour atteindre l'efficacité technologique⁴ (Schilling, 2000; Jones, 2003). Tandis que certains chercheurs ont conceptualisé qu'il ne peut exister qu'un seul gagnant (« *winner takes all* ») lors de ce

⁴ Ici, efficacité technologie fait référence à l'augmentation de la productivité d'un système à partir d'une même solution technologique. Dans le cas de cette thèse, l'efficacité technologie signifie que les médicaments sont identifiés avec l'un des porteurs d'information disponibles dans le marché au long de leur chaîne d'approvisionnement et sans erreurs de lecture.

processus de sélection (Schilling, 1998), plusieurs autres ont reconnu que la complexité des systèmes technologiques et du contexte ont rendu plus problématique la dynamique de concurrence entre les solutions possibles (Garud et al, 2002; Teece, 2007).

Dans la littérature, il existe plusieurs exemples où la compétition entre deux régimes technologiques n'aboutit pas selon le cycle proposé par Anderson et Tushman (Anil et Ahlstrom, 2003). En d'autres mots, l'interaction de deux régimes n'entraîne pas la définition d'un seul standard technologique. Dans plusieurs cas, une coexistence entre les deux régimes a plutôt été observée. Ceci est bien le cas de la compétition entre PC (DOS/Wintel) et Macintosh. Pour Nair et Ahlstrom (2003), cette coexistence est une phase transitoire pendant laquelle la destruction créative entre les deux régimes technologiques est retardée. Selon ces auteurs, la coexistence aboutit toujours à la définition d'un seul gagnant. Anderson et Tushman (1990) estiment que cette compétition peut durer entre 7 à 20 ans. Cependant, dans certaines industries, de plus longues durées ont été observées. Hovan et ses co-auteurs (2004) se questionnent sur l'impact de la coexistence sur la définition du design dominant. Ils ont observé dans la définition de protocoles d'Internet que cette coexistence peut retarder ou bien accélérer la définition du standard technologique. Schmidt et ses co-auteurs (2010) analysent la coexistence entre une ancienne et une nouvelle technologie. Ils concluent que cette coexistence permet de développer les compétences du marché pour adopter la nouvelle technologie. Le Tableau 2-8 illustre les travaux scientifiques réalisés à propos de la coexistence de deux technologies.

Tableau 2-8: Les travaux sur la coexistence de deux technologies

Auteur	Technologies en compétition	Année
Nair et Ahlstrom	La coexistence entre DOS/Wintel PC et Macintosh, entre la dialyse et la transplantation du foie, et entre la production de l'acier par chaleur et celle par l'électricité.	2003
Hovav et ses co-auteurs	La coexistence des standards d'internet avec le cas spécifique du IPv6.	2004
Michael et ses co-auteurs	La coexistence des technologies d'identification et de registre de données automatique AIDC : cartes magnétiques, codes-barres et la technologie RFID.	2006
Mom	La coexistence entre la mécanisation de moyens terrestres et l'utilisation du cheval comme moyen de transport.	2009
Schmidt et ses co-auteurs	La coexistence des codes-barres et la technologie RFID dans le secteur automobile.	2010
Nathason et Wimmer	La convergence des codes-barres et la technologie RFID pour développer des solutions technologiques plus performantes.	2010
De Vries et ses co-auteurs	La coexistence entre différents designs de carte de mémoire.	2011

Malgré ces quelques travaux sur la coexistence des technologies lors de l'ère de fermentation (Tableau 2.8), ce phénomène reste encore inexploré. En effet, l'interaction entre « deux technologies en compétition a reçu très peu d'attention » (Ansari et Garud, 2009).

Ce deuxième chapitre a présenté les fondements théoriques de la gestion des innovations technologiques dans le secteur de la santé et a mis une emphase particulière sur les théories qui sous-tendent l'évolution des technologies. De cette revue critique de la littérature, nous retenons qu'il faut faire appel à plusieurs modèles théoriques afin de mieux comprendre l'adoption et la diffusion des codes-barres et de la technologie RFID afin d'améliorer la gestion des médicaments. Différentes approches théoriques semblent en effet particulièrement appropriées pour l'étude de technologies rivales (codes-barres versus la technologie RFID) qui accomplissent les mêmes tâches (identification et suivi des médicaments) et qui sont en compétition afin de devenir le design dominant (Gimpel et al., 2009) dans un contexte sectoriel et organisationnel complexe avec plusieurs types d'acteurs comme celui du secteur de la santé (Bwalya, 2010).

L'analyse de la problématique générale (chapitre 1) et la revue de littérature (chapitre 2) suggèrent que le secteur de la santé se situe dans une ère de fermentation en ce qui concerne les systèmes d'identification et de suivi des médicaments et expérimente une phase d'incertitude et de compétition technologique. Plus spécifiquement, il existe une compétition entre deux régimes technologiques des porteurs de données nécessaires pour ces systèmes (les codes-barres versus la technologie RFID). Cette compétition est marquée par la définition du design dominant, le contexte de l'industrie et les actions entreprises par les différents acteurs. L'innovation est un processus dynamique de destruction et de création dans lequel de nouvelles technologies remplacent les anciennes, une technologie mature (les codes-barres) étant déplacée par une nouvelle (la technologie RFID). Cependant, le passage d'un régime technologique à un autre est chaotique. En effet, la complexité du système technologique et du contexte peut retarder la définition du design dominant. Dans certains cas, une coexistence entre les deux technologies peut être observée. Cependant, ce phénomène de coexistence reste très peu exploré dans la littérature.

Le prochain chapitre présentera la problématique spécifique, le cadre conceptuel et la stratégie méthodologique sur lesquels s'appuie la présente thèse.

CHAPITRE 3 PROBLÉMATIQUE SPÉCIFIQUE, STRATÉGIE MÉTHODOLOGIQUE ET STRUCTURE DE LA THÈSE

A partir des enjeux identifiés quant à la gestion des médicaments (chapitre 1, section 1.1), de la description du système d'identification des médicaments (chapitre 1, section 1.3) et des lacunes identifiées dans la littérature (chapitre 2, section 2.3), il est donc proposé dans cette thèse de pousser plus loin la recherche au sujet de l'évolution technologique des codes-barres et de la technologie RFID afin d'identifier les médicaments. Ce chapitre présente la problématique spécifique, les propositions de recherche et les objectifs visés (section 3.1) pour ensuite proposer un cadre conceptuel (section 3.2) et discuter de la stratégie méthodologique privilégiée (section 3.3). Finalement, la structure de la thèse et la présentation des trois articles de thèse sont exposées dans la dernière partie de ce chapitre.

3.1 Problématique spécifique, propositions de recherche et objectifs

Le foisonnement de projets pilotes avec de nouvelles plateformes technologiques pour les systèmes d'identification et de suivi des médicaments basés sur les codes-barres ou la technologie RFID, l'incertitude croissante quant aux mérites et avantages relatifs de la technologie RFID (la *nouvelle* technologie) et l'omniprésence des codes-barres (l'*ancienne* technologie) dans la chaîne d'approvisionnement pharmaceutique et dans les hôpitaux semblent indiquer que nous sommes actuellement dans ce que Tushman et Anderson ont appelé l'ère de fermentation (*era of ferment*). La problématique spécifique de cette thèse se base sur cette première proposition.

Proposition 1 : La technologie RFID en tant que porteur de données pour les systèmes d'identification et de suivi des médicaments représente une technologie rivale aux codes-barres et est située dans l'ère de fermentation ou « interrègne » par rapport les codes-barres.

Henderson (1995) souligne qu'une « vieille » technologie peut être particulièrement résiliente et ne peut pas être remplacée facilement par de nouvelles technologies. Malgré que le travail de cet auteur ait offert des pistes d'étude pour analyser la transition entre les générations de technologies (c'est-à-dire entre une ancienne et une nouvelle technologie) "l'interrègne entre deux générations successives a étonnement reçu peu attention" (Ansari, 2009, p.382). Il nous semble donc particulièrement intéressant sur le plan théorique et conceptuel de mieux comprendre les dynamiques de l'« interrègne » entre l'ancienne technologie et la nouvelle, ce qui ne semble avoir été que très peu étudié dans la littérature. Nous espérons ultimement apporter un certain éclairage sur la manière dont le progrès technologique évolue, tout en reconnaissant qu'une telle quête est fort ambitieuse.

La problématique spécifique de recherche s'inscrit ainsi dans la volonté de contribuer aux connaissances actuelles à propos de la rivalité entre deux technologies. Le but est d'obtenir une compréhension accrue de l'interaction entre les codes-barres et la technologie RFID et de répondre aux questions suivantes qui ne sont que très partiellement répondues dans la littérature : RFID est-elle une technologie rivale à la technologie des codes-barres (technologie bien établie et éprouvée dans plusieurs secteurs industriels, y compris celui de la santé) ou une technologie complémentaire? Quels sont les mérites relatifs de ces deux technologies (la technologie RFID vs codes-barres)? Quelles sont les possibles solutions technologiques à adopter par les acteurs clés de la chaîne d'approvisionnement pharmaceutique et par les centres hospitaliers? Quels sont les mérites relatifs de ces configurations? Quel sera le design dominant pour identifier les médicaments qui émergera de l'ère de fermentation? Finalement, nous essaierons d'élargir le débat en offrant des éléments de réponses à une question de recherche dont la portée est plus générale : comment le progrès technologique entre deux générations des technologies évolue? Ces questions sous-tendent le premier objectif de recherche et les sous-objectifs qui en résultent.

Objectif 1 : Analyser les stratégies technologiques et les dynamiques observées pendant l'ère de fermentation ou « interrègne » entre les codes-barres et la technologie RFID en tant que porteurs de données pour les systèmes d'identification et de suivi des médicaments.

Objectif 1.1 : Examiner et analyser les plateformes technologiques mises en œuvre ou envisagées pour améliorer la gestion des médicaments tout au long de la chaîne d'approvisionnement pharmaceutique et dans les hôpitaux;

Objectif 1.2 : Établir les mérites relatifs des deux technologies qui s'affrontent (les codes-barres et la technologie RFID);

Objectif 1.3 : Tenter de déterminer quel sera le design dominant qui permettrait d'améliorer la gestion des médicaments tout au long de la chaîne d'approvisionnement pharmaceutique et dans les hôpitaux;

Objectif 1.4 : Mieux comprendre l'évolution du progrès technologique entre deux générations des technologies en général.

L'adoption et la diffusion des systèmes d'identification et de suivi des médicaments basés sur les codes-barres ou la technologie RFID sont particulièrement lentes. Ceci est d'ailleurs le cas également pour les technologies de l'information dans le secteur de la santé, et ce, dans de nombreux pays (OCDE, 2010). Cette lenteur pour introduire des systèmes d'identification et de suivi des médicaments peut être expliquée par la rivalité entre les codes-barres et la technologie RFID mais également par la présence de plusieurs facteurs. Ceci représente la deuxième proposition de recherche.

Proposition 2 : L'ère de fermentation ou « interrègne » entre les codes-barres et la technologie RFID en tant que porteurs de données pour les systèmes d'identification et de suivi des médicaments est prolongée ou raccourcie à cause de plusieurs facteurs, soit les facteurs technologiques, les facteurs organisationnels, les facteurs inter-organisationnels et les facteurs liés à l'environnement externe.

Cette deuxième proposition de recherche mène au deuxième objectif de recherche suivant, qui à son tour comporte des sous-objectifs :

Objectif 2 : Évaluer l'importance relative des divers facteurs (technologiques, organisationnels, inter-organisationnels et ceux liés à l'environnement externe) qui prolongent ou raccourcissent l'ère de fermentation ou « interrègne » entre les codes-barres et la technologie RFID en tant que porteurs de données pour les systèmes d'identification et de suivi des médicaments.

Objectif 2.1 : Identifier et évaluer les principaux facteurs qui favorisent la fin de l'ère de fermentation et l'émergence du design dominant pour identifier les médicaments;

Objectif 2.2 : Identifier et évaluer les principaux facteurs qui prolongent l'ère de fermentation et qui entravent l'émergence du design dominant pour identifier les médicaments.

Puisque l'identification des médicaments et leur suivi au niveau de la chaîne d'approvisionnement pharmaceutique et du circuit hospitalier représente l'une des solutions les plus prometteuses pour améliorer la qualité des soins de santé et la sécurité du patient, il serait primordial d'en analyser leurs impacts. Notons que la perception même de ces impacts joue un rôle décisif pour l'introduction de ces systèmes et pour le choix du porteur de données. D'après Davis et co-auteurs (1989; 1996; 2000), la perception quant à l'utilité (bénéfices perçus) et à la facilité d'utilisation demeure un élément crucial pour les individus et les organisations lorsqu'ils décident d'utiliser une innovation technologique telle que le système d'identification et de suivi des médicaments. Selon la théorie TAM, si les utilisateurs perçoivent une technologie comme permettant d'augmenter la performance, ils auront tendance à bénéficier son utilisation (Seddon, 1997). De la même façon, les utilisateurs devront privilégier son utilisation s'ils la perçoivent comme la solution la plus facile à utiliser (Tan et Teo, 2009). L'identification de ces impacts réels ou perçus s'avère cruciale lorsque les organisations font face à une incertitude technologique typique d'une ère de fermentation, (Tushman and Rosenkopf, 1992). Ceci représente la troisième proposition de recherche.

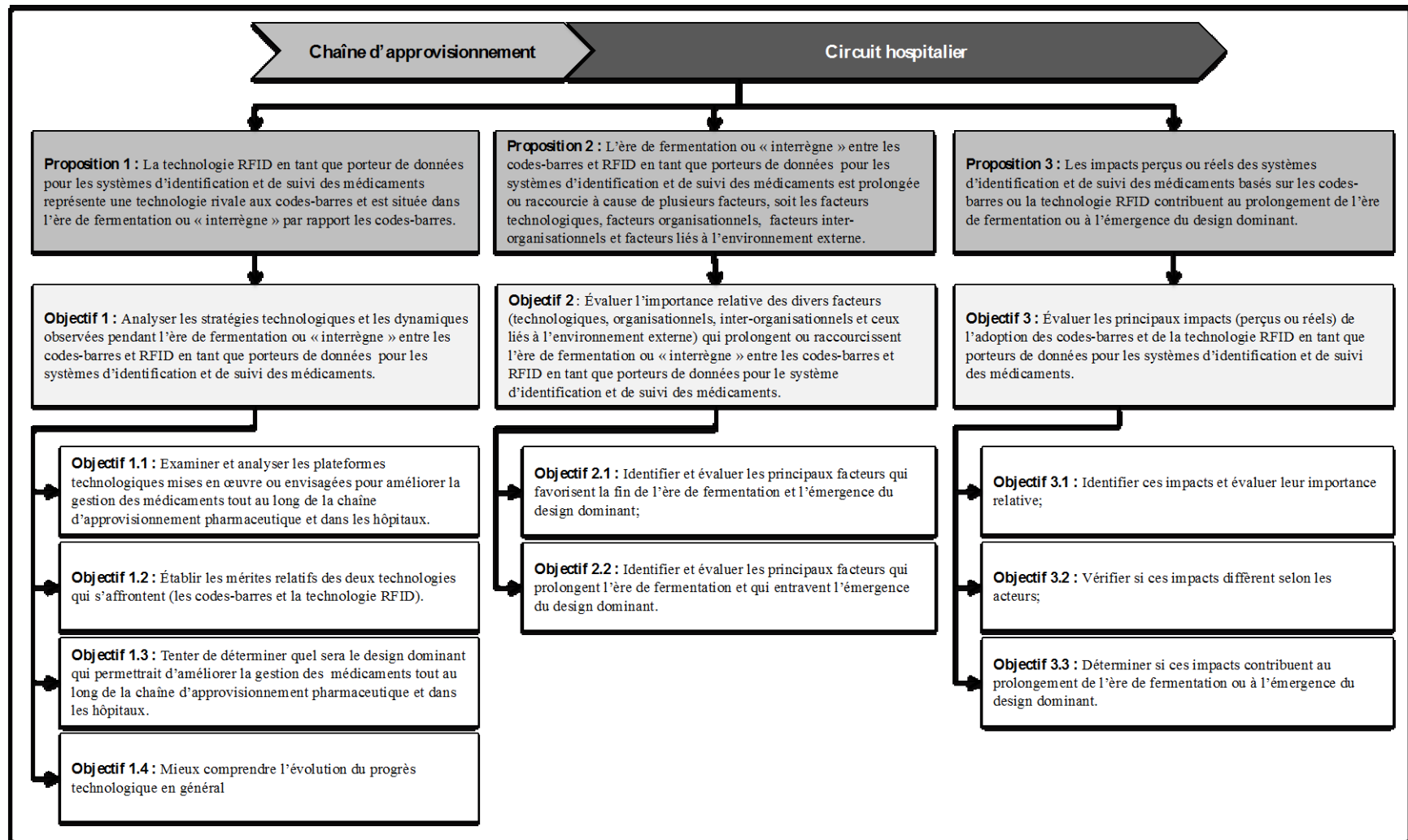


Figure 3-1: Propositions de recherche, objectifs et sous-objectifs.

Proposition 3 : Les impacts perçus ou réels des systèmes d'identification et de suivi des médicaments basés sur les codes-barres ou la technologie RFID contribuent au prolongement de l'ère de fermentation ou à l'émergence du design dominant.

De cette troisième proposition de recherche découlent l'objectif et les sous-objectifs de recherche suivants :

Objectif 3 : Évaluer les principaux impacts (perçus ou réels) de l'adoption des codes-barres et de la technologie RFID en tant que porteurs de données pour les systèmes d'identification et de suivi des médicaments.

Objectif 3.1 : Identifier ces impacts et évaluer leur importance relative;;

Objectif 3.2 : Vérifier si ces impacts diffèrent selon les acteurs;

Objectif 3.3 : Déterminer si ces impacts contribuent au prolongement de l'ère de fermentation ou à l'émergence du design.

Les trois propositions ainsi que les objectifs et sous-objectifs correspondants sont examinés dans le cadre de cette thèse à deux niveaux (voir Figure 3-1), d'une part au niveau de la chaîne d'approvisionnement, et, d'autre part, au niveau du circuit hospitalier (incluant les processus logistiques de la pharmacie hospitalière et les processus de l'administration des médicaments dans l'hôpital).

3.2 Cadre conceptuel proposé

Le cadre conceptuel que nous proposons (Figure 3-2) représente le modèle théorique de la présente thèse. Il est fondé sur les trois propositions de recherche (propositions 1, 2 et 3) et ses fondations proviennent des travaux de recherche portant sur l'évolution technologique (Anderson et Tushman, 1990), la compétition des technologies (Arthur, 1989; Garud, 2002) et les facteurs d'adoption des innovations technologiques (Davis, 1989; Rogers 1995 et 2003; Iacovou, 1995; Tushman et Rosenkopt, 1992). Le cadre conceptuel de la présente thèse est illustré dans la Figure 3-2. Le cadre conceptuel tel qu'illustré dans la Figure 3-2 reste général et doit être ajusté en fonction du contexte de cette thèse, ce qui est examiné dans les paragraphes qui suivent.

3.2.1 La rupture technologique

Le changement d'un régime technologique à un autre est marqué par l'apparition d'une rupture technologique (Anderson et Tushman, 1990; Kaplan et Tripsas, 2008; Latzer, 2009). Dans le contexte spécifique de cette recherche, la rupture provient de l'exigence d'identifier les médicaments avec des informations additionnelles (telles que la date d'expédition, l'identifiant du fabricant, le numéro du lot,

l'identifiant de la dose, le nom du patient et d'autres informations), et ce, au niveau le plus détaillé (soit l'unité du médicament ou la dose de médication). En effet, les médicaments pour fins de commercialisation ont toujours été identifiés avec un code-barres à une seule dimension qui est capable de présenter le code du médicament seulement (Global Trade Information, GTIN) mais qui n'a pas la capacité de contenir toutes les informations requises (Dumitru, 2009). Cette limite a entraîné l'apparition d'innovations technologiques telles que des codes-barres avec plus de capacité d'information (soit Data Matrix ou Aztec Code) et la technologie RFID.

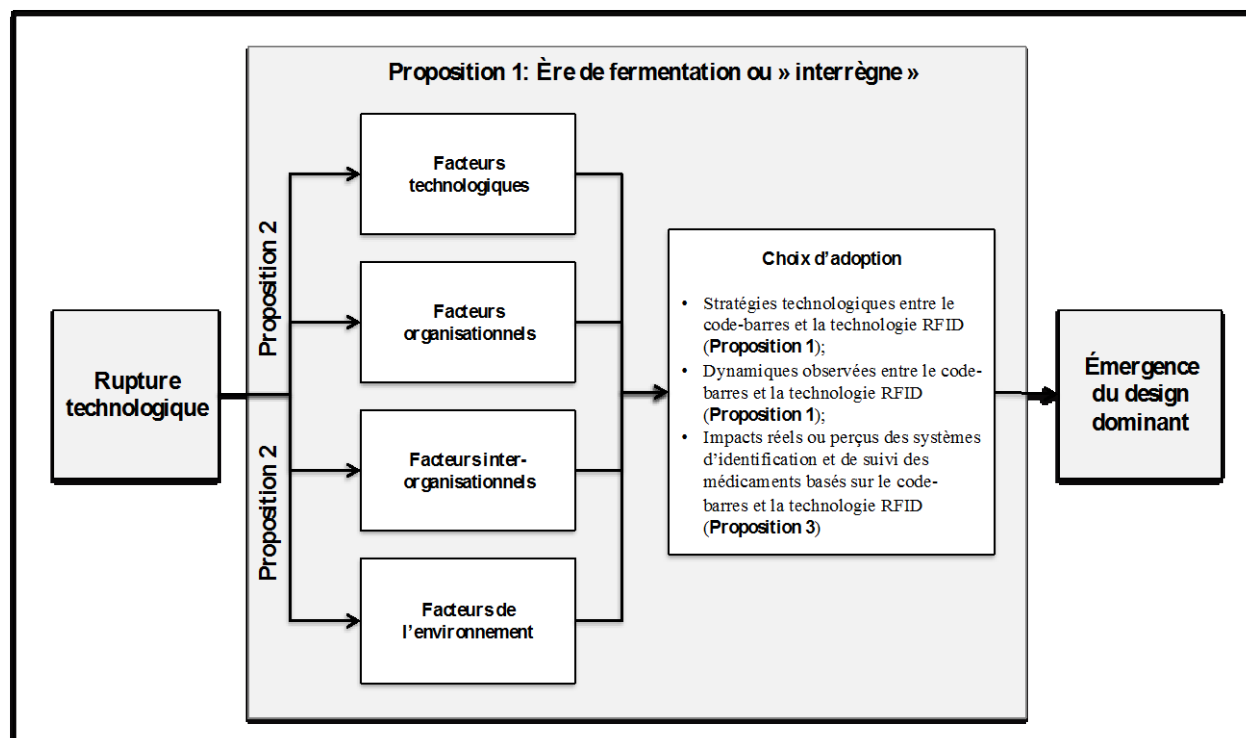


Figure 3-2: Cadre conceptuel général

3.2.2 L'ère de fermentation

Avant l'émergence d'un design dominant et l'apparition d'un nouveau standard technologique, il existe une ère de fermentation caractérisée par l'incertitude technologique, le perfectionnement de différentes innovations technologiques et la compétition entre des technologies rivales (Anderson et Tushman, 1990; Jenkins, 2010; Magnusson, et Berggren, 2011). L'industrie pharmaceutique et les centres hospitaliers sont en train de développer différentes solutions technologiques basées partiellement ou totalement sur les codes-barres et la technologie RFID. Ces systèmes sont évalués et perfectionnés afin qu'ils puissent s'adapter aux processus de la chaîne d'approvisionnement et du circuit hospitalier. À partir de notre proposition de recherche (P1), nous avons aussi déduit que le secteur expérimente une incertitude à propos des mérites de chacune des solutions. Nous pouvons aussi observer une dynamique de « compétition » entre

les codes-barres et la technologie RFID. Elle est marquée par les différentes actions entreprises par les concepteurs de solutions technologiques et par les organisations exerçant des pressions sur le secteur (EPFIA, FDA, gouvernement américain, entre autres). L'émergence du design dominant dépend principalement de quatre types de facteurs : technologiques, organisationnels, inter-organisationnels et de l'environnement.

La revue de la littérature effectuée dans les deux premiers chapitres permet de discerner un certain nombre de facteurs qui influencent l'émergence d'un design dominant. Ces facteurs ainsi que leur justification théorique se retrouvent dans le Tableau 3-1.

Tableau 3-1: Facteurs influençant l'émergence d'un design dominant

Facteur	Sous-facteur	Justification théorique
Technologiques	Avantage relatif	Rogers, 1995
	Bénéfices perçus	Iacovou et al., 1995 ; Iskandar et al., 2001, Chwelos et al., 2001
	Compatibilité	Ram, 1998 ; Rogers, 1995
	Complexité	Rogers, 1995; Cusumano et Gawer, 2002; Murmann et Frenken, 2006
	Coûts perçus	Iacovou et al., 1995
	Visibilité	Rogers, 1995; McCathie et Michel, 2005
Organisationnels	Bureaucratie professionnelle	Mintzberg, 1989; Matheson, 2009; Begun et al., 2011)
	Qualité des ressources	Iacovou et al., 1995 ; Chwelos et al., 2001 ; Theo et al., 2003
	Spécialisation de tâches	Mintzberg, 1989; Matheson, 2009; Bolin et Harenstam, 2008
	Faible formalisation bureaucratique	Mintzberg, 1989; Matheson, 2009; Numerato, 2011
	Idéologie du professionnalisme	Mintzberg, 1989; Matheson, 2009; Numerato, 2011
Inter-organisationnels	Présence d'acteurs influents	Iacovou et al., 1995 ; Ram, 1998 ; Chwelos et al., 2001
	Pressions mimétiques	Dimaggio et Powell, 1983; Teo et al., 2003
	Pressions normatives	Dimaggio et Powell, 1983; Teo et al., 2003
	Pressions mimétiques	Dimaggio et Powell, 1983; Teo et al., 2003
Environnement	Politique et légal	Glouberman et Mintzberg, 2001; Christiansen, 2007; Goda et al., 2008
	Économique	Goda et al., 2008; Connolly et al., 2010
	Social	Glouberman et Mintzberg, 2001; Holden, 2010

3.2.3 L'émergence du design dominant

L'émergence du standard technologique marque l'équilibre dans le marché (Anderson and Tushman, 1990; Kaplan et Tripsas, 2008; Latzer, 2009). Une fois le design dominant choisi, l'industrie s'oriente vers cette solution technologique et investit pour la perfectionner et l'intégrer dans d'autres applications (ère des modifications incrémentales). Le secteur de santé est intéressé à la définition d'un design dominant pour identifier les médicaments car il pourra aligner les efforts de différents acteurs vers une seule solution (RAND Corp, 2005). Il pourra aussi assurer la diffusion de cette solution pour tout le secteur (Timmermans et Berg, 2003; Dolfsma et Leydesdorff, 2009) et il entrainera également une diminution des coûts liés à son adoption (Chao et al., 2007). Cependant, dans l'histoire de l'évolution technologique, il y a plusieurs cas où la définition d'un seul design dominant n'est pas atteinte. Prenons l'exemple de Microsoft et Apple pour les ordinateurs portatifs, d'Intel et AMD pour les microprocesseurs et de Google et Yahoo pour les moteurs de recherche sur l'internet. Dans ces cas, la coexistence des deux technologies rivales a été observée.

3.3 Stratégie méthodologique privilégiée

Une fois les propositions de recherche, les objectifs de recherche et le cadre conceptuel établis, nous pouvons envisager une stratégie méthodologique qui est discutée dans les sections qui suivent.

3.3.1 La nature de la recherche

Cette thèse doctorale représente une recherche à la fois descriptive et exploratoire.

Une recherche descriptive est conçue pour obtenir des informations sur un phénomène ou pour décrire une ou plusieurs caractéristiques de la population étudiée. Typiquement, elle ne teste pas d'hypothèses mais se base sur des propositions. C'est en particulier le cas de la plupart des travaux qui cherchent à comprendre l'évolution de la technologie (Easterby-Smith, 1991 ; Voss, 1999) et le progrès technologique (Abernathy et Utterback, 1978; Anderson et Tushman, 1990; Henserdson et Clark, 1990; Cusumano et al., 1992; Utterback et Suarez, 1993; Rosenbloom et Christensen, 1994; Sanderson et Uzumeri, 1995; Frenken et al., 1999; Hagerdoom et al., 2001, entre autres).

La recherche exploratoire cherche à mieux connaître une problématique complexe et peu connue de la communauté scientifique, ce qui semble être le cas pour l'ère de fermentation et l'inter règne entre deux régimes technologiques (Lefebvre et al., 2011). La recherche exploratoire vise également à fournir des résultats utiles (Voss, 1999; Easterby-Smith, 1991). Ce type de recherche semble donc particulièrement appropriée pour comprendre les processus de gestion des médicaments pour les deux niveaux d'analyse (la chaîne d'approvisionnement et le circuit hospitalier), pour identifier les enjeux liés et les bénéfices

d'intégrer de nouvelles technologies et pour trouver des éléments de réponse aux questions qui sous-tendent les trois propositions de recherche.

3.3.2 Le terrain de recherche

La stratégie méthodologique dépend non seulement de la nature de la recherche mais aussi du terrain dans lequel la recherche se déroulera. Les caractéristiques du terrain de recherche peuvent être résumées ainsi :

- i. La chaîne d'approvisionnement pharmaceutique et les hôpitaux sont complexes dû à la présence de différents types de professionnels et de matériels, à la variété des pathologies des patients, à une collaboration et coopération réduites entre les professionnels, à une réglementation serrée, aux normes et standards stricts ainsi qu'aux risques inhérents aux soins de santé.
- ii. L'étude de la chaîne de valeur des médicaments, qui permet de mieux comprendre les activités liées à la gestion des médicaments, présente 14 activités telles que discutées dans le premier chapitre (voir Figure 1-1). Ces activités peuvent être regroupées en trois groupes, soit les processus de la chaîne d'approvisionnement, les processus logistiques de la pharmacie hospitalière et les processus de médication (voir groupe d'activités à la Figure 3-3). Toutes ces activités doivent être analysées afin d'atteindre les objectifs de recherche. Malgré une gestion des médicaments qualifiée par plusieurs observateurs d'inadéquade, la littérature scientifique ne s'est très peu préoccupée de ces activités et des stratégies technologiques qui pourraient être déployées pour améliorer la situation actuelle.
- iii. De multiples acteurs (entre autres. les laboratoires, les distributeurs, les centres hospitaliers) exécutent eux-mêmes certains aspects de la gestion des médicaments tandis que d'autres acteurs (par exemple les groupes de pression ou les organisations gouvernementales) influencent les processus ou les stratégies qui devraient être mises en place. Tous ces acteurs doivent être considérés dans la stratégie de recherche.
- iv. Si les caractéristiques des codes-barres sont bien connues puisqu'il s'agit d'une technologie mature (Brooks, 2006; Bobée, 2009) et reconnue par plusieurs industries (Deisingh, 2003; Tajima 2007), les mérites de la technologie RFID ne sont pas encore bien définis (White et al., 2008; Murfy 2009).
- v. Malgré la grande variété des acteurs clés dans le secteur de la santé, la masse critique des adopteurs des technologies RFID et/ou des codes-barres en tant que porteurs de données pour les systèmes d'identification et de suivi des médicaments est encore actuellement réduite. Par conséquence, la taille de la population sous étude est limitée (Näslund, 2002).

À partir de ces caractéristiques, nous pouvons déduire que le terrain de recherche est complexe. Or, se limiter à une seule approche méthodologique, aussi rigoureuse soit-elle, ne semble pas approprié pour étudier des phénomènes hautement complexes (Gill, 2010) et la combinaison de plusieurs approches est alors préférable (Ensenhardt, 1989). Nous avons donc réalisé une étude détaillée du terrain (*field research*) basée sur une approche mixte combinant les données quantitatives et qualitatives et misant sur plusieurs méthodes de collecte de données.

3.3.3 L'approche mixte

L'approche dite « mixte » est capable de combler les limites des recherches quantitatives avec les atouts des recherches qualitatives. Elle est adéquate pour analyser des phénomènes abstraits, complexes ou peu connus ainsi que pour intégrer des théories déjà existantes (Gill, 2011). Notons que la recherche basée sur les observations et celle basée sur les études de cas permettent de collecter des données quantitatives et qualitatives (voir Figure 3-3).

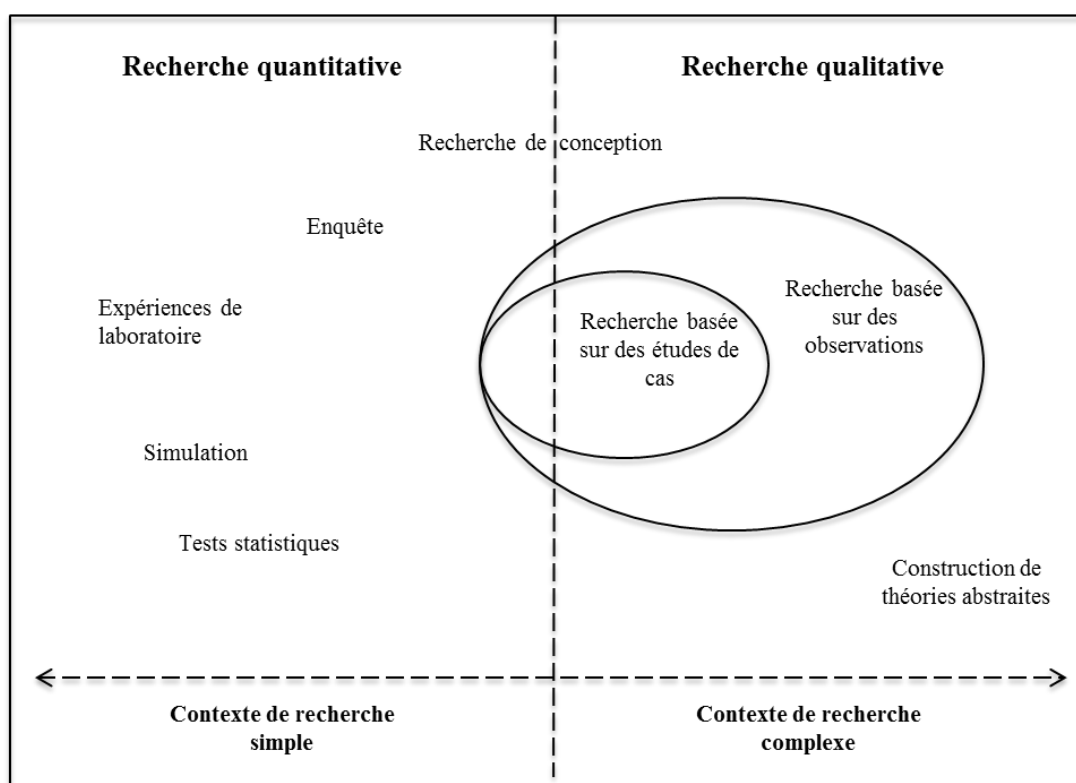


Figure 3-3: Classification de méthodes de recherche (adapté de Gill, 2011)

Yin (1989) souligne que l'étude de cas est la méthode la plus appropriée quand le chercheur a un contrôle limité sur l'environnement et lorsqu'il s'agit d'analyser un processus qui est intégré dans un contexte réel. Les questionnements relatifs à l'environnement du problème à étudier ne peuvent alors être répondus ni par une enquête, ni par une expérience.

L'approche qualitative peut être définie ainsi: *“any kind of research that produces findings not arrived at by means of statistical procedures or other means of quantification”* (Straus et Corbin, 1990, p. 17). Les données qualitatives ont tendance à être plus complètes et plus nuancées que les données quantitatives. De plus, Kaplan et Maxwell (1994) insistent sur le fait que les recherches qualitatives permettent de comprendre les phénomènes du point de vue des individus et de leur contexte. Enfin, les chercheurs peuvent identifier et décrire les dimensions, les variations et l'impact du phénomène étudié (Gagnon, 2005; Reeves, 1992). Cette approche est souhaitable pour analyser le contexte et la dynamique entre l'innovation technologique et les organisations (Myers et Klein, 2011). L'approche qualitative apparaît particulièrement appropriée pour analyser le potentiel des codes-barres et de technologies RFID en tant que porteurs de données pour les systèmes d'identification et de suivi des médicaments et pour mieux comprendre les perspectives des professionnels et des gestionnaires du secteur de la santé sur ces systèmes. Cependant, nous porterons une attention spécifique aux problèmes de validité et de fiabilité parfois associés à l'approche qualitative.

L'approche quantitative, aussi connue comme démarche holistique inductive, se base sur le paradigme selon lequel les phénomènes de l'environnement étudié sont expliqués par une seule réalité (Gagnon, 2005) et peuvent être modélisés par des variables observables et mesurables (Naslund, 2002). Le chercheur doit formuler une question de recherche et définir un cadre conceptuel en incluant des hypothèses. Ensuite, il doit développer des outils de mesure et de collecte de données (par exemple, questionnaire pour une enquête), déterminer un échantillon, réaliser la collecte des données et, finalement, procéder aux analyses statistiques pour confirmer ses hypothèses (Naslund, 2002). L'approche quantitative peut être qualifiée de peu flexible (Yin, 2003). En effet, les variables n'évaluent que les hypothèses définies a priori et ne prennent pas en considération les variations intrinsèques du contexte dans lequel la recherche est conduite. Par contre, l'approche quantitative permet des tests statistiques qui peuvent tester la robustesse des données et offre une validité externe plus élevée.

Malgré qu'une approche mixte basée sur des études de cas soit fréquente dans la littérature sur l'évolution des technologies et l'adoption et diffusion dans le secteur de la santé (Tounsi et Qureshi, 2008; Rajasekaran et al. 2008; Mackert et Whitten, 2009; Campion et al., 2010; Hilbe et al., 2010; Johansson et al., 2010; Ross et al., 2010; Sijs et al., 2010; Hayrinen, 2010), elle comporte deux limites principales: (i) les conclusions obtenues ont un faible niveau de généralisation et de validation externe (Yin, 2003; Gill, 2011) et (ii) sa mise en œuvre exige des investissements importants en temps, en termes monétaires et au niveau des ressources humaines impliquées (Tung et al., 2008; Ford et al., 2008; Holden, 2010).

3.3.4 Méthodes de collecte de données

Dans cette recherche, les données qualitatives proviennent essentiellement de l'analyse de documents, des observations, de la modélisation des processus, des entrevues semi-structurées et des discussions de groupe (*focus groups*) tandis que les données quantitatives proviennent essentiellement d'une enquête. Nous avons tenté d'augmenter la validité et la fiabilité des données par triangulation (Eisenhardt, 1989; Yin, 2003; Kaplan et Duchun, 1998; Mingers, 2001) en combinant différentes sources d'évidence empirique:

- i. **Analyse des documents** : L'étude des informations publiques à propos du secteur de la santé a permis par exemple de cerner les problèmes liés à la gestion des médicaments ou d'identifier les différentes organisations impliquées dans le développement des solutions technologiques basées totalement ou partiellement sur les technologies RFID ou les codes-barres. L'analyse des documents internes a permis d'examiner par exemple les procédures d'approvisionnement des médicaments dans les centres hospitaliers ou d'obtenir informations statistiques concernant les événements indésirables ou la fréquence des erreurs de médication, l'approvisionnement des médicaments et le taux d'utilisation des inventaires.
- ii. **Observations** : Les observations constituent l'une des plus importantes méthodes pour la collecte de données qualitatives puisqu'elles permettent d'identifier les éléments principaux touchant la problématique à étudier (Lewin, 2004). Les observations ont notamment été utilisées dans le cadre de cette thèse pour obtenir des informations à propos des pratiques actuelles de gestion des médicaments, des technologies adoptées et leur type d'utilisation. Le point fort des observations est le fait qu'elles fournissent des données sur les comportements des professionnels impliqués dans la gestion des médicaments (Ford et al., 2008). Les observations ont été réalisées dans des centres hospitaliers et, plus précisément, dans la pharmacie hospitalière, les quais de réception des marchandises, l'entrepôt de la pharmacie, la pharmacie centrale, les pharmacies périphériques et les unités de soins (par exemple, l'unité d'urgence). Les données obtenues à partir de cette méthode représentent un support pour la compréhension et l'interprétation des données obtenues par les entrevues et autres méthodes de collecte et pour la modélisation des processus actuels.
- iii. **Modélisation des processus** : Il s'agit de modéliser les processus actuels de la gestion des médicaments tout au long de leur chaîne de valeur. Langley (1999) ainsi que Huberman et Miles (2002) suggèrent l'utilisation de cette méthode pour les études de nature exploratoire. En effet, quand l'analyse ne dépend pas d'une théorie spécifique, la modélisation des processus permet d'identifier des liens entre la théorie et les observations faites. Dans certains cas, elle peut même entraîner la définition de nouvelles théories (Langley, 1999). Dans le cas de cette recherche, la modélisation nous a permis d'établir des liens entre la situation réelle (processus actuels obtenus

des observations et validés par des entrevues et des groupes de discussion) et la situation désirée (solutions technologiques possibles et processus modifiés). Cette modélisation nous a fourni plusieurs données telles que l'identification des niveaux d'emballage des médicaments, les besoins en information, les sources d'inefficiences et les processus susceptibles d'occasionner des erreurs. À partir ces résultats, nous avons pu identifier l'impact de l'intégration des différentes configurations technologiques pour l'identification et le suivi des médicaments.

- iv. **Entrevues face à face semi-structurées** : Il s'agit d'une méthode selon laquelle le chercheur développe des questions et reçoit directement des réponses de la part des individus participant à l'entrevue (Tounsi et Qureshi, 2008). Les entrevues qualitatives peuvent fournir une importante quantité d'informations de la part des différents professionnels travaillant dans la chaîne d'approvisionnement des médicaments ou au niveau du circuit hospitalier. Ces informations peuvent aussi provenir d'individus représentant des organisations qui développent ou encouragent l'utilisation de plateformes technologiques basées totalement ou partiellement sur les codes-barres ou la technologie RFID. Les données obtenues à partir cette méthode nous ont permis de mieux comprendre la perception de la problématique de la gestion des médicaments, d'analyser le comportement stratégique de différents acteurs, de valider la modélisation des processus (actuels ou prévus) et d'évaluer les mérites qu'ils accordent à chaque solution technologique.
- v. **Groupes de discussion** : Cette méthode tente d'obtenir le consensus d'un groupe spécifique et de cerner son attitude à propos de l'adoption d'un produit, d'un service ou d'un concept. Cet outil nous a aidé à analyser les attentes qu'ont les acteurs de la chaîne d'approvisionnement et du circuit hospitalier quant aux solutions technologiques à adopter, à obtenir des informations préliminaires quant à la stratégie technologique de chacun des acteurs qui pourront influencer la définition d'un design dominant pour identifier les médicaments et à valider la modélisation des processus.
- vi. **Enquête** : Pour des fins de triangulation et pour raffiner nos résultats de recherche, nous avons réalisé une enquête auprès des acteurs de la chaîne d'approvisionnement des médicaments, enquête doublée d'entrevues semi-dirigées. La stratégie du sondage est plus valide pour analyser les systèmes d'identification des médicaments pour les processus la chaîne d'approvisionnement. Effectivement, les stratégies technologiques pour identifier ces produits sont clairement définies et les acteurs impliqués sont facilement identifiables et assez nombreux. Un sondage nous a alors permis de comprendre la position technologique de chacun des acteurs et de recueillir des données pour les analyser de manière comparative. Il est en effet possible de mesurer les similitudes et les différences entre les divers groupes avec des méthodes statistiques bi variées et multi variées (Fowler, 2002). Ces méthodes permettent aussi de dégager les tendances et de tester la validité des

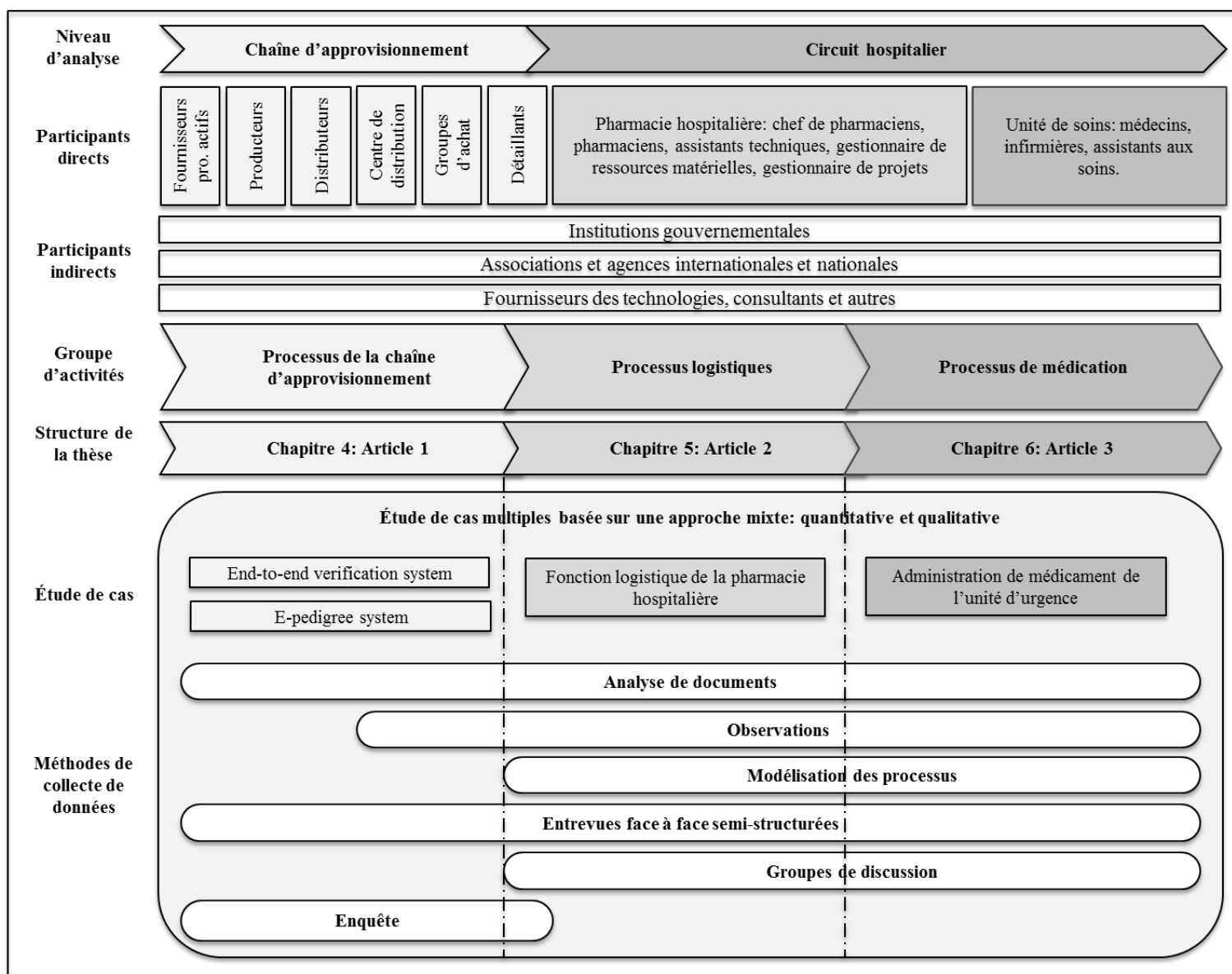


Figure 3-4: Stratégie de recherche privilégiée

propositions d'une recherche exploratoire (Babbie, 2001). L'enquête effectuée en ligne et de façon directe (entretiens face à face ou par téléphone) a été privilégiée, ce qui nous a permis d'obtenir des données quantitatives mais aussi qualitatives sous forme de commentaires de la part des différents professionnels représentant chaque échelon de la chaîne d'approvisionnement.

Remarquons ici que les six méthodes de collecte de données exposées ci-haut sont complémentaires, qu'elles sont souvent utilisées en tandem et qu'elles valident les données empiriques obtenues d'une autre méthode. Par exemple, les groupes de discussion ont été accompagnés par une forme d'observation dite participante (*participant observation*) (Marshall et Rossman, 1999). De plus, l'enquête considérée souvent comme une méthode de collecte de données quantitatives peut permettre d'obtenir des données qualitatives sous formes de commentaires, ce qui enrichit l'interprétation des résultats.

Pour assurer une validité plus élevée, la stratégie méthodologique a privilégié certaines des six méthodes de collecte de données selon les trois groupes d'activités de la chaîne de valeur des médicaments : (i) les processus de la chaîne d'approvisionnement, (ii) les processus de la fonction logistique de la pharmacie hospitalière et (iii) les processus de médication, ce qui est illustré à la Figure 3-4.

3.3.5 Organisations participantes et répondants

La stratégie de recherche exploratoire privilège l'étude de cas multiples car cela permet (i) d'accroître la validité interne de l'étude (Yin, 2003), (ii) de découvrir et de mieux comprendre un phénomène unique, les processus qui le composent et les acteurs qui en sont les parties prenantes (Eisenhardt, 1989) et (iii) d'élaborer ou de confirmer des théories nouvelles (Amaratanga et Baldry, 2001).

Les cas étudiés

Le Tableau 3-2 liste les cas étudiés en fonction des activités de la chaîne de valeur des médicaments.

Tableau 3-2: Description des cas étudiés dans ce projet de recherche

Activité PVC	Étude de cas	Description
Gestion de la chaîne d'approvisionnement	Système de vérification au point de dispensation (End-to-end verification system)	Ce cas est centré sur les initiatives de l'Union Européen. L' <i>European Federation of Pharmaceutical Institutions and Associations (EFPIA)</i> propose un système selon lequel les produits pharmaceutiques sont identifiés au point de dispensation (EFPIA, 2008). Les fabricants sont responsables de sérialiser les médicaments. Les détaillants sont quant à eux responsables de vérifier cette identification grâce à une base de données centrale. Cette approche permet de valider l'authenticité des médicaments et d'améliorer leur flux. Les autres acteurs de la chaîne d'approvisionnement (distributeurs, par exemple) sont impliqués dans ce système car ils peuvent vérifier les informations du système mais ne peuvent pas les modifier. Même si EFPIA

Tableau 3-2: Description des cas étudiés dans ce projet de recherche (suite et fin)

Activité PVC	Étude de cas	Description
Gestion de la chaîne d'approvisionnement	Système de vérification au point de dispensation (End-to-end verification system)	recommande l'utilisation des codes-barres dimensionnels, les acteurs européens évaluent aussi les mérites de la technologie RFID. Donc, cette étude de cas a analysé la position technologique des acteurs européens et nord-américains par rapport au système de vérification au point de dispensation
	Système E-pedigree	Ce cas se centre sur la vision de l'Amérique du nord pour l'identification des médicaments. <i>Foods and Drugs Administration</i> (FDA) propose d'identifier et de suivre les médicaments à chaque échelon de la chaîne d'approvisionnement pharmaceutique. Le but est de valider leur authenticité et d'améliorer le flux de distribution (Myerson, 2007). Tous les acteurs de la chaîne d'approvisionnement sont impliqués dans cette approche, dès la production jusqu'à la vente finale. Tous les acteurs doivent enregistrer et signaler les transactions financières et les mouvements physiques des médicaments (Schuster et al. 2007). FDA recommande l'utilisation de la technologie RFID, mais ne rejette pas pour autant l'utilisation des codes-barres. Donc, cette étude de cas a analysé la position technologique des acteurs européens et nord-américains par rapport au système E-pedigree .
Gestion de la fonction logistique de la pharmacie hospitalière	Processus logistiques de la pharmacie hospitalière	Les processus logistiques de la pharmacie hospitalière ont été analysés incluant de la réception des médicaments jusqu'à leur approvisionnement à la pharmacie ou aux équipements automatisés. Pour des raisons de triangulation, les processus logistiques de quatre hôpitaux au Québec ont été analysés. La plupart des hôpitaux n'utilisent ni les codes-barres ni la technologie RFID pour identifier les médicaments dans leur logistique. Un seul hôpital a implanté un système à double caisse basé sur les codes-barres et la technologie RFID pour contrôler l'inventaire des médicaments. D'autres organisations impliquées indirectement (institutions gouvernementales, de la santé, fournisseurs de technologies) ont participé dans cette étude.
Gestion de l'administration des médicaments	Administration des médicaments dans une unité d'urgences	Ce cas inclus l'étude des processus liés à l'administration des médicaments à l'unité d'urgence d'un hôpital au Québec. Dans cette unité, des événements indésirables peuvent se produire facilement étant donnée la nature de ce service qui connaît une forte fréquentation et une grande variété de patients (33,000 annuellement souffrant des symptômes variés). Le temps et la qualité des processus, incluant ceux nécessaires pour l'administration des médicaments, sont critiques. Les résultats obtenus à partir de cette étude de cas ont été triangulés avec des informations collectées dans d'autres centres hospitaliers, institutions gouvernementales, associations de santé et fournisseurs de technologies.

Les participants

La stratégie de recherche proposée a privilégié la participation de plusieurs acteurs de la chaîne de valeur des médicaments. Nous avons inclus deux types d'acteurs : ceux directement impliqués et ceux

indirectement impliqués dans la gestion des médicaments. Les acteurs directs ont un poids décisionnel sur les stratégies à mettre en œuvre pour la gestion des médicaments. Les acteurs indirects influencent, parfois fortement, les stratégies à mettre en marche dans la gestion des médicaments. Le Tableau 3-3 présente les organisations qui ont participé à la recherche.

Dans le cas de l'enquête, la méthode d'échantillonnage retenue correspond un échantillon de jugement ou ce que l'on appelle convenience sampling. Nous avons en effet choisi les acteurs potentiels selon nos connaissances collectives du secteur pharmaceutique. Pour les inviter à y participer, nous avons vérifié s'ils respectaient trois différentes critères: (i) provenir de deux régions, soit l'Union Européenne ou soit de l'Amérique du Nord, (ii) être représentatifs des différents niveaux de la chaîne d'approvisionnement et, (iii) avoir une expérience solide et un intérêt prouvé dans le domaine de la traçabilité et de la contrefaçon. Par la suite, nous avons appliqué la méthode d'échantillonnage dite de « boule de neige » (snow bowl sampling). Nous avons demandé aux participants de nous donner les coordonnées de personnes qu'ils connaissaient et qui répondaient aux trois critères décrits précédemment. Cette méthode d'échantillonnage semble particulièrement appropriée pour analyser des sujets sensibles tels que la contrefaçon.

Dans le cas des études de cas faisant référence au circuit hospitalier, nous avons aussi appliqué la méthode d'échantillonnage par jugement. Nous avons choisi les centres hospitaliers en fonction de leur connaissance sur les problématiques touchées dans cette thèse, les développements organisationnels et technologiques mis en place en ce qui concerne la gestion des médicaments et leurs connaissances quant aux stratégies technologies explorées dans cette thèse.

Tableau 3-3: Description des participants

Type de participant	Organisation	Description
Directe	Fournisseurs produits actifs	Leur objectif est de fournir les produits chimiques ou naturels nécessaires à la production des médicaments.
	Fabricants ou laboratoires des médicaments	Leur rôle est de produire les médicaments. Dans l'industrie, il existe deux types de fabricants : ceux qui produisent des médicaments avec un brevet de commerce et ceux qui produisent des médicaments génériques. Un nombre restreint de laboratoires produit les deux types des médicaments. <i>Pfizer</i> est un exemple d'acteur direct inclus dans ce travail de recherche.
	Grossistes et distributeurs	Après leur fabrication, les médicaments sont distribués aux grossistes primaires pour leur stockage, leur emballage et leur réexpédition aux grossistes secondaires ou aux distributeurs. Un grossiste gère habituellement 34,000 différents médicaments par jour dans leur stock (SupplyScape, 2005). Les distributeurs se chargent de mener les médicaments aux consommateurs. Les grossistes et les distributeurs représentent 66% de la chaîne d'approvisionnement des médicaments (Schuster et al. 2007). <i>McKesson</i> est un exemple d'acteur direct inclus dans ce travail de recherche.
	Groupes d'achats	Leur participation dans la chaîne d'approvisionnement est récente. Leur objectif est de négocier avec les distributeurs ou les fabricants les prix des

Tableau 3-3: Description des participants (suite et fin)

Type de participant	Organisation	Description
	Groupes d'achats	médicaments. Ils achètent des médicaments en grandes quantités afin de diminuer leur prix en garantissant une bonne marge de bénéfice pour les distributeurs. Les hôpitaux et les cliniques médicales s'approvisionnent en médicaments par l'intermédiaire des négociations réalisées par les groupes d'achat. <i>Approvisionnement-Montréal</i> est un exemple d'acteur direct.
	Détaillants	Ce sont les entités responsables de dispenser directement les médicaments au consommateur. De nos jours, un nouvel acteur vient de s'ajouter à la chaîne d'approvisionnement : la pharmacie en ligne, virtuelle ou électronique. La pharmacie <i>Jean Coutu</i> est un acteur direct inclus dans cette recherche.
	Pharmacie hospitalière	Cet acteur, sous la responsabilité des centres hospitaliers, est responsable de contrôler les médicaments afin d'assurer leur administration au patient. Plusieurs intervenants de la pharmacie hospitalière ont été inclus dans cette recherche : les chefs pharmaciens, les pharmaciens, les assistants techniques, les responsables de l'approvisionnement, le personnel technique et les gérants de projets en T.I.
	Unité de soins	Il s'agit du dernier échelon de la chaîne de valeur des médicaments. L'unité de soins est responsable d'administrer les médicaments au patient. Plusieurs intervenants ont été impliqués : les médecins, les chefs infirmiers, les infirmiers, les commis et les préposés aux bénéficiaires.
Indirecte	Institutions gouvernementales	Il s'agit des entités qui régulent, surveillent et, parfois, commanditent les stratégies établies par les acteurs de la chaîne de valeur des médicaments. Au Québec, cet acteur a beaucoup d'importance car il est responsable de définir la stratégie technologique à suivre par les centres hospitaliers. Le <i>Ministère de Santé et de Services Sociaux MSSS</i> est un exemple d'acteur indirect inclus dans cette recherche.
	Associations et agences internationales et nationales	Ce sont des acteurs qui représentent un groupe de participants au niveau régional, national ou international. Ils peuvent orienter les actions entreprises par le secteur de la santé. L' <i>EFPIA</i> et la <i>Fédération Internationale de Pharmaciens</i> sont des exemples d'acteurs indirects inclus dans cette recherche.
	Fournisseurs de technologies et consultants	Tandis que les fournisseurs sont des entités qui développent des technologies pour le milieu de la santé, les consultants peuvent conseiller le secteur sur les technologies à adopter. <i>McKesson</i> et <i>Conseil en Immobilisation et Management</i> sont des acteurs indirects inclus dans cette recherche.

Au total, 132 organisations et 178 individus ont participé à cette recherche (voir Tableau 3-4). Pour l'étude des stratégies technologiques pour la gestion de la chaîne d'approvisionnement, 113 différentes organisations ont répondu à l'enquête. Dans le cas des activités relatives à la gestion de la fonction logistique de la pharmacie hospitalière, 9 organisations et 38 individus y ont participé. Finalement, 10 organisations et 27 individus ont contribué à l'étude des processus et stratégies technologiques relatives à la gestion des processus de médication.

Tableau 3-4: Organisations participantes et répondants

Activités PVC	Organisations	Nombre	Individus	Nombre
Gestion de la chaîne d'approvisionnement	Fournisseurs produits actifs et fabricants ou laboratoires des médicaments	33	S.O.	33
	Grossistes, distributeurs et groupes d'achats	11	S.O.	11
	Détaillant ou détaillant par internet et pharmacie hospitalière	17	S.O.	17
	Institutions gouvernementales et agences internationales et nationales	19	S.O.	19
	Fournisseurs de technologies et consultants	21	S.O.	21
	Autres organisations	12	S.O.	12
Gestion de la fonction logistique de la pharmacie hospitalière	Pharmacies hospitalières	4	Chefs pharmaciens	5
			Pharmaciens	6
			Assistants techniques	4
			Médecins et infirmières	6
			Responsables de l'approvisionnement	3
			Gestionnaires de projets en T.I.	2
	Autres pharmacies hospitalières	2	Chefs pharmaciens	5
			Gestionnaires de projets en T.I.	3
			Directeur de la qualité et sécurité du patient	1
	Associations et agences internationales et nationales	1	Président d'association	1
	Fournisseurs de technologies et consultants	2	Conseillers en technologies médicales	2
Gestion de l'administration des médicaments	Pharmacie hospitalières	1	Chef de pharmaciens	2
			Pharmacien	4

Tableau 3-4: Organisations participantes et répondants (suite et fin)

Activités PVC	Organisations	Nombre	Individus	Nombre
			Assistant technique	3
			Médecin et infirmière	2
			Gestionnaire de projets en T.I.	1
	Autres pharmacies hospitalières	5	Chef de pharmaciens	5
			Pharmaciens	3
			Gestionnaires de projets en T.I.	2
	Institutions gouvernementales	1	Directeur de technologie	1
			Gestionnaire de projet en T.I.	1
	Associations et agences internationales et nationales	1	Président d'association	1
	Fournisseurs de technologies et consultants	2	Conseillers en technologies médicales	2

Un total de 10 gestionnaires de projets en T.I. et 4 conseillers en technologies médicales ont participé dans l'analyse des processus du circuit hospitalier. La plupart d'eux travaillent et ont une profonde connaissance de plusieurs projets relatifs à l'adoption des systèmes d'information dans les centres hospitaliers et, plus spécifiquement, l'adoption des technologies pour identifier et suivre les médicaments.

3.4 Structure de la thèse et présentation des articles

Les articles inclus dans la présente thèse sont les suivants.

Article 1. Élisabeth Lefebvre, **Alejandro Romero**, et Caroline Krissi (2012), Anti-counterfeiting technological initiatives in pharmaceutical supply chains: contrasting the European and North American perspectives, *Global Review of Business and Economic Research*, (article accepté pour publication).

Article 2. **Alejandro Romero**, Élisabeth Lefebvre et Louis A. Lefebvre, (2012), Improving the hospital pharmacy logistics function through the adoption of barcodes and RFID: Towards a hybrid solution, *International Journal of Healthcare Technology and Management*, (article soumis pour publication).

Groupe d'activités	Chaîne d'approvisionnement	Circuit hospitalier	
	Processus de la chaîne d'approvisionnement	Processus logistiques	Processus de médication
Chapitre de thèse	Chapitre 4 : Article 1. Anti-counterfeiting technological initiatives in pharmaceutical supply chains: contrasting the European and North-American perspectives	Chapitre 5 : Article 2. Improving the hospital pharmacy logistics function through the adoption of barcodes and RFID: Towards a hybrid solution	Chapitre 6 : Article 3. Breaking the barcode and RFID myth: Adoption paths for improving the medication process
Proposition 1	✓ La technologie RFID représente une technologie rivale aux codes-barres et est située dans l'ère de fermentation ou « interrègne » par rapport les codes-barres.		
Objectif 1 et sous-objectifs	✓ Examiner et analyser les plateformes technologiques mises en œuvre ou envisagées au niveau de la chaîne d'approvisionnement; ✓ Établir les mérites relatifs des deux technologies rivales au niveau de la chaîne d'approvisionnement; ✓ Mieux comprendre l'évolution du progrès technologique.	✓ Examiner et analyser les plateformes technologiques mises en œuvre ou envisagées au niveau des processus logistiques; ✓ Tenter de déterminer quel sera le design dominant au niveau des processus logistiques; ✓ Mieux comprendre l'évolution du progrès technologique.	✓ Examiner et analyser les plateformes technologiques mises en œuvre ou envisagées au niveau du processus de médication; ✓ Tenter de déterminer quel sera le design dominant au niveau du processus de médication; ✓ Mieux comprendre l'évolution du progrès technologique.
Proposition 2	✓ L'ère de fermentation est prolongée ou raccourcie à cause de plusieurs facteurs (technologiques, organisationnels, inter-organisationnels et liés à l'environnement externe).		
Objectif 2 et sous-objectifs	✓ N.A.	✓ Identifier et évaluer les principaux facteurs qui favorisent l'émergence du design dominant au niveau des processus logistiques; ✓ Identifier et évaluer les principaux facteurs qui entravent l'émergence du design dominant au niveau des processus logistiques.	✓ Identifier et évaluer les principaux facteurs qui favorisent l'émergence du design dominant au niveau du processus de médication; ✓ Identifier et évaluer les principaux facteurs qui entravent l'émergence du design dominant au niveau du processus de médication.
Proposition 3	✓ Les impacts perçus ou réels contribuent au prolongement de l'ère de fermentation ou à l'émergence du design dominant.		
Objectif 3	✓ Identifier Les impacts et évaluer leur importance relative; ✓ Vérifier si ces impacts diffèrent selon les acteurs; ✓ Déterminer si ces impacts contribuent au prolongement de l'ère de fermentation ou à l'émergence du design dominant.	✓ Identifier Les impacts et évaluer leur importance relative; ✓ Déterminer si ces impacts contribuent au prolongement de l'ère de fermentation ou à l'émergence du design dominant.	✓ Identifier Les impacts et évaluer leur importance relative; ✓ Déterminer si ces impacts contribuent au prolongement de l'ère de fermentation ou à l'émergence du design dominant.

Figure 3-5: Structure de la thèse

Article 3. Alejandro Romero, Élisabeth Lefebvre et Louis A. Lefebvre (2011), Breaking the barcode and RFID myth: Adoption paths for improving the medication process, *International Journal of Computers and Communications*, Vol. 4 No. 5, pp. 223-235 (article publié).

Un de ces articles a été publié, un autre est accepté pour publication tandis que le dernier a été soumis en janvier 2012 et est actuellement en révision (Tableau 3-5).

Tableau 3-5: Les trois articles de thèse

Chapitres de thèse	Articles	Statu	Action	Date
4	Article 1 : Processus de la chaîne d'approvisionnement	Accepté	Soumission	16 mars 2011
			Acceptation	23 janvier 2012
5	Article 2 : Processus logistiques	En révision	Soumission	15 janvier 2012
6	Article 3 : Processus de médication	Publié	Soumission	16 août 2011
			Acceptation	26 octobre 2011

Étant donné la complexité de la gestion des médicaments et l'ampleur de leur cycle de vie, nous avons structuré les résultats de recherche en trois articles qui correspondent aux trois groupes d'activités de la chaîne de valeur des médicaments : (i) les processus de la chaîne d'approvisionnement, (ii) les processus logistiques et (iii) les processus de médication. La Figure 3-5 positionne ces articles selon le niveau d'analyse, les activités de la chaîne de valeur des médicaments et indique les propositions et les objectifs de recherche spécifiques poursuivis par chaque article.

3.4.1 Premier article : Processus de la chaîne d'approvisionnement

Objectifs poursuivis

Ce premier article intitulé « Anti-counterfeiting technological initiatives in pharmaceutical supply chains: contrasting the European and North American perspectives » explore les stratégies technologiques pour éviter la contrefaçon de médicament telles que conçues en Europe et en Amérique du nord et évalue leur potentiel respectif pour améliorer l'intégrité de la chaîne d'approvisionnement pharmaceutique. Cet article permet de démontrer la validité de la première, la deuxième et de la troisième proposition de recherche (propositions 1 et 3) au niveau des chaînes d'approvisionnement pharmaceutiques et cherche à contribuer au premier et troisième objectifs de recherche, ce qui inclut les sous-objectifs de recherche 1.1, 1.2, 1.4, 3.1, 3.2 et 3.3.

Méthodes de collecte de données privilégiées

Le premier article (chapitre 4) présente les résultats obtenus des deux études de cas sur le système de vérification au point de dispensation et sur le système E-pedigree. Les sources d'évidence empirique

proviennent de l'analyse des documents pour examiner les caractéristiques des chaînes d'approvisionnement pharmaceutique et les stratégies technologiques des principaux acteurs de cette chaîne, et, de l'enquête pour des données quantitatives et qualitatives. Observations et entrevues face à face semi-structurées ont permis de trianguler et enrichir les résultats de cet article.

3.4.2 Deuxième article : Processus logistiques

Objectifs poursuivis

Comme son titre « *Improving the hospital pharmacy logistics function through the adoption of barcodes and RFID: Towards a hybrid solution* » l'indique, le deuxième article se focalise sur la fonction logistique de la pharmacie hospitalière. Cet article a comme but principal de valider la deuxième et la troisième proposition de recherche (proposition 2 et 3). En même temps, ce deuxième article tente de poursuivre tous les objectifs de recherche (objectifs 1, 2 et 3) et les sous-objectifs de recherche 1.2, 1.3, 1.4, 2.1, 2.2, 3.1 dans le contexte spécifique de la fonction logistique de la pharmacie hospitalière. Plus spécifiquement, cet article cherche à analyser les différents niveaux d'emballage des médicaments qui sont gérés lors des processus logistiques de la pharmacie hospitalière ainsi que les différents besoins d'information quant à l'identification des médicaments. Trois différentes configurations technologiques entre les codes-barres et la technologie RFID sont définies et analysées : (i) utilisation des codes-barres, (ii) utilisation du RFID et (iii) solution hybride entre les codes-barres et la technologie RFID. Le but est de savoir quelle configuration serait la plus adéquate pour la fonction logistique de la pharmacie hospitalière.

Méthodes de collecte de données privilégiées

Le deuxième article examine la fonction logistique de quatre hôpitaux et se base sur des données qualitatives et quantitatives provenant de l'analyse de documents internes et externes, d'observations, de la modélisation de processus, des entrevues face à face semi-structurées et des groupes de discussion.

3.4.3 Troisième article : Processus de médication

Objectifs poursuivis

Le troisième article porte comme titre « *Breaking the barcode and RFID myth: Adoption paths for improving the medication process* ». Cet article traite des processus de médication et cherche principalement à valider la deuxième et la troisième proposition de recherche (proposition 2 et 3) tout en poursuivant les objectifs de recherche (objectif 1, 2 et 3) et les sous-objectifs de recherche 1.2, 1.3, 1.4, 2.1, 2.2, 3.1. Plus spécifiquement, cet article cherche à trouver une réponse au questionnement suivant : la technologie RFID pourra-t-elle remplacer les codes-barres afin de diminuer les événements adverses de médication ? Une grande variété de solutions technologiques existe, ce qui caractérise donc l'ère de

fermentation au niveau du processus de médication. Nous proposons et analysons dans cet article quatre différents scénarios d'adoption de la technologie RFID et des codes-barres (implantation complète des codes-barres, implantation complète de la technologie RFID, migration ou hybridation). Le but est de savoir quel scénario serait le plus approprié pour l'administration des médicaments.

Méthodes de collecte de données privilégiées

L'évidence empirique provient de l'étude du cas sur l'administration des médicaments à l'unité d'urgence d'un centre hospitalier. La collecte de données qualitatives et quantitatives a été réalisée via l'analyse de documents, des observations, des modélisations de processus, des entrevues face à face semi-structurées et des groupes de discussion.

De ce troisième chapitre, nous retenons que la recherche dans le cadre de cette thèse est descriptive et exploratoire et qu'elle est basée sur trois propositions principales. Le cadre conceptuel se centre sur l'ère de fermentation générée par l'existence de deux technologies rivales mais l'analyse de cette ère ou de l'interrègne entre deux technologies rivales n'a été que fort peu examinée dans la littérature, et ce encore moins au niveau des technologies de codes-barres et de la technologie RFID en tant que porteurs de données pour les systèmes d'identification et de suivi de médicaments. La stratégie méthodologique correspond à une recherche de nature descriptive et exploratoire, combine les données qualitatives et quantitatives dans une approche dite mixte et s'appuie sur plusieurs méthodes de collecte de données. Les trois articles de thèse sont articulés autour des trois propositions et des objectifs de recherche qui sous-tendent le cadre conceptuel et de trois groupes d'activités de la chaîne de valeur des médicaments. Ces articles représentent les trois prochains chapitres.

CHAPITRE 4 ANTI-COUNTERFEITING TECHNOLOGICAL INITIATIVES IN PHARMACEUTICAL SUPPLY CHAINS: CONTRASTING THE EUROPEAN AND NORTH AMERICAN PERSPECTIVES⁵

Abstract

This paper focuses on the specific issue of counterfeit medicines which represent 10% of medicines commercialized around the world. More specifically, it analyses the technological anti-counterfeiting strategies as they are envisioned in Europe and North America and evaluates their respective potential in improving the integrity of the pharmaceutical supply chains. Empirical evidence from 113 organizations involved in these supply chains demonstrate that European respondents rate the End-to-end verification system and Data Matrix as significantly more effective than the E-pedigree system and RFID. In sharp contrast, the North American respondents remain rather ambivalent with the effectiveness of both the E-pedigree system and the End-to-end verification system and remain indecisive about the effectiveness of RFID as a potential data carrier. Furthermore, empirical results reveal that several relative merits of the RFID technology significantly discriminate the European position from the North American perspective. While Europeans view RFID as a long term, high potential technology whose relative dimensions of merits remain to be fully demonstrated, North Americans consider RFID as a promising technology for supply chain management and logistics benefits. The paper concludes that the dominant design needed for effective anti-counterfeiting technological strategies will not be selected solely based on economic and technological grounds but will rather emerge from the convergence of social, political, and institutional pressures.

Jel: I11, L65, O33, O51, O52.

Field: Counterfeit medicines, technological strategies, E-pedigree, End-to-end verification system, RFID, Data Matrix.

⁵ Élisabeth Lefebvre, Alejandro Romero and Caroline Krissi (2012), Anti-counterfeiting technological initiatives in pharmaceutical supply chains: contrasting the European and North American perspectives, *Global Review of Business and Economic Research*, (article accepté pour publication).

4.1 Introduction

Counterfeit and pirating are serious global problems. Based on international trade data, it is estimated that counterfeit and pirated products represented in 2007 approximately USD 250 billion worldwide (OECD, 2009). This Figure does not take into account the digital pirated products which were sold over the Internet nor does it include the counterfeit products that are produced, sold and consumed within the national boundaries. Several hundred billion should then be added to reach, as estimated by the *Internal Chamber of Commerce from the Counterfeiting Intelligence Bureau*, some USD 600 billion on annual basis (ICC, 2011).

This paper focuses on the specific issue of counterfeit medicines which represent 10% of medicines commercialized around the world and 75 billion US dollars in 2010 (WHO, 2010). If the magnitude of the problem is worrisome, the scope of the phenomenon constitutes also a key concern. Counterfeit medicines cover all types of medication from cancer and HIV treatment to painkillers, hormones or hair and weight loss treatment (WHO, 2006; OECD, 2008). Counterfeit medicines are sold all over the world, although they are more present in countries where market controls and the legal and regulatory framework (and consequently the enforcement measures) are ineffective and where individuals cannot afford the cost of legal medication (Moszynski, 2011). In developing countries, where essential medicines are difficult to obtain (Ofidile, 2009), 30 to 40% of medicines are counterfeited, and in some cases it can represent more than 50% (WHO, 2010). Health risks in Asia and Africa are particularly problematic since low levels of active ingredients found in the fake medicines lead to the emergence of drug-resistant strains for diseases such as malaria, tuberculosis or HIV. It is estimated that counterfeit medicines for only malaria and tuberculosis have caused the death of 700 000 persons annually (Harris, 2004). In developed countries, counterfeit medicines for treating cholesterol, osteoporosis or cancer are entering the legitimate supply chain and fake life-style drugs are sold on a rather large scale. For instance, it is estimated that some 2.5 million men in Europe have taken counterfeit *Sildenafil*, better known as *Viagra* (Gardener, 2010).

In order to control the overall problem of counterfeiting and pirating, international organizations such as the *World Trade Organization* (WTO) and the *World Intellectual Property Organization* (WIPO) are directly concerned. With respect to the specific case of counterfeit medicines, the *World Health Organization* (WHO) plays a key role in fighting the manufacture and distribution of these illegal products and was instrumental in creating in 2006 the *International Medical Products Anti-Counterfeiting Taskforce* (IMPACT) (WHO, 2006b). Regional organisations such as the *European Federation of Pharmaceutical Industries and Associations* (EFPIA) and national agencies such as the *Food and Drugs Administration* (FDA) in the USA have established different initiatives to combat more effectively counterfeit medicines. The initiatives undertaken by the above mentioned organizations mainly fall under

three fronts. On the communication front, efforts are made to increase the general public awareness of the counterfeit problems and to foster collaboration between stakeholders in pharmaceutical supply chains, both at the national and international levels. On the legal front, several issues with the current legislative and regulatory infrastructures are being addressed, in particular the need to strengthen the rather ineffective enforcement measures and to increase the rather light penal sanctions to counterfeiters. On the technological front, several technological initiatives could facilitate the authentication of genuine medicines and the detection counterfeit medicines.

Within the scope of this paper, we will concentrate on the technological perspective although we fully acknowledge the importance of the legal and communication perspectives. More specifically, it is proposed to analyze and assess the technological strategies as they are envisioned in Europe and North America, to evaluate their respective potential in improving the integrity of the pharmaceutical supply chains and to present empirical evidence from 113 organizations involved in these supply chains. The paper is structured as follows. The next section offers a definition of counterfeit medicines and examines the main characteristics of pharmaceutical supply chains while section 4.3 exposes the key drivers and impacts of counterfeit medicines. Technological strategies for strengthening the integrity of pharmaceutical supply chains are analyzed in section 4.4. The research design is exposed in section 4.5. The main results obtained from the 113 participating organizations are presented and discussed in section 4.6 while the last section offers some concluding remarks.

4.2 Counterfeit medicine and the pharmaceutical supply chains

According to *WHO*, a medicine (medication, medicament or medicinal drug) is a substance or a mix of substances used for diagnosing, treating or preventing a sickness, a disorder, a physical state or an abnormal symptom. A medicine can also restore, correct or modify organic functions in the human or animal bodies (*WHO*, 2005). In order to be commercialised, medicines must fulfil four requirements, namely identity, strength, safety, and purity (Potdar, Chang and Potdar and al, 2006): if any of these requirements is not respected, medicines are considered as defective and must be eliminated or returned to the manufacturers. This is the case of the counterfeit medicines, defined as “*a medicine deliberately and fraudulently mislabelled with respect to identity and/or source*” (*WHO*, 2005). Counterfeiting can occur for both branded and generic products, for non-prescription medicines to life-saving drugs, and, for medicines sold by virtual pharmacies on the Internet or medicines obtained from the hospitals’ pharmacies. “*Counterfeit medicines may include products with the correct ingredients or the wrong ingredients, without active ingredients, with insufficient active ingredients or with fake packaging*” (*WHO*, 2005, p1). Counterfeiting medicines are considered as deceptive because patients buy medicines

thinking that these products are original (Bosworth, 2009). Deceptive counterfeiting has a negative impact on both consumer and pharmaceutical firms.

Pharmaceutical supply chains (Figure 4-1) are complex and involve multiple echelons and players which are not totally integrated (OECD, 2008; Hammervoll and Toften, 2010). Medicines are produced by manufacturing entities (pharma manufacturers) using different chemical ingredients obtained from active pharmaceutical ingredients manufacturers. Medicines are then delivered to primary wholesalers for stocking and retransferring to secondary wholesalers and are, in certain cases, repackaged before being shipped to the retail distribution centers. From the retail distribution centers, medicines are distributed to final retailers, namely retail pharmacies, hospital pharmacies or Internet pharmacies. On the downstream side of the supply chain, pharmacies thus represent the point of contact with the consumer.

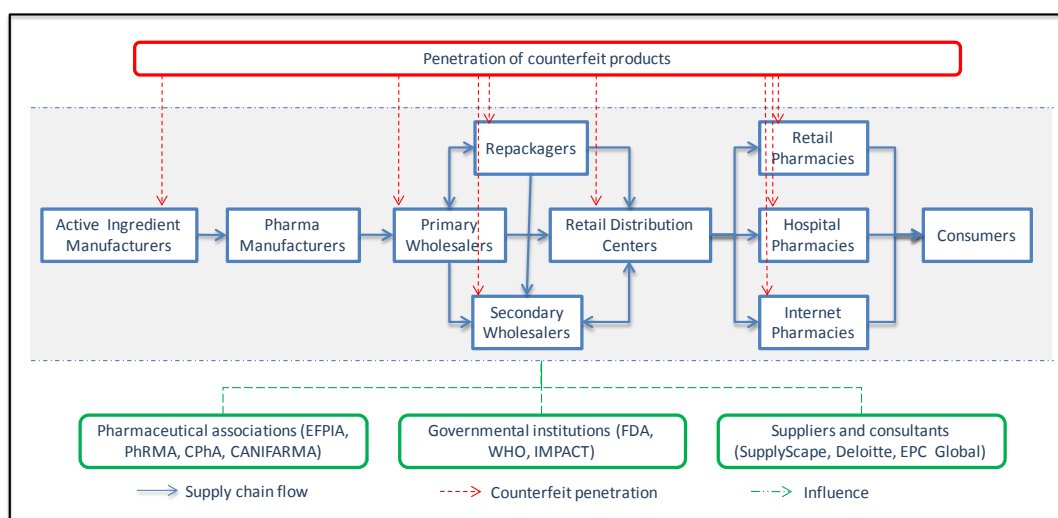


Figure 4-1: The pharmaceutical supply chain (adapted from EFPIA, 2005)

While the supply chain structure presented in Figure 4-1 is standard, new entrants disrupt the established order as a medicine can be distributed directly to the pharmacy without the presence of a secondary wholesaler or a retail centre. In recent years, a new player, the on-line or Internet pharmacy has appeared in the supply chain. The Internet pharmacy industry grows each year as a result of consumer interest in commodity and competitive prices (Gallagher and Colaizzi, 2000). In 2004, sales of medicines by on-line pharmacies represented approximately 20 billion dollars in the USA (Peterson, 2005).

Associations, governmental entities and technology suppliers and consultants also play an active and essential role (see bottom part of Figure 4-1). Activities within the pharmaceutical supply chains are heavily regulated by governmental institutions such as the *Food and Drugs Administration* in USA (FDA) or by different national and international health agencies. For example, *Good Manufacturing Practices* (GMP) are guidelines for quality assurance that ensures that “drugs are consistently produced

and controlled in such a way to meet the quality standards appropriate to their intended use, as required by the marketing authorization” (Health Canada, 2009, p. 7). Many industrialized countries have legislated their own GMP guidelines enforced by their respective national institutions, for instance by the FDA in the USA (Schuster, Allen and Brock, 2007) or with the *Medicines Act in the* United Kingdom while the WHO version of GMP is used in more than one hundred countries worldwide, especially in the developing countries. The European Union enforces stricter and more sophisticated GMP (EU-GMP) than the WHO version of these guidelines. Furthermore, active pharmaceutical ingredients are closely regulated since the 1999 *International Conference on Harmonization* (ICH) in the EU, Japan and the U.S. as well as other countries such as Australia and Canada.

4.3 Drivers and impacts of counterfeit medicines

Pharmaceutical supply chains are susceptible to be affected by security issues like terrorism and delinquency (Brooks and Button, 2006; Palaniswami and al., 2010; Srinivasan, 2010) and by organized crime for four main reasons:

- 1) Counterfeiting medicines is a high profit margin activity (Schuster, Allen and Brock, 2007) with low production costs (Rittenburg, 2007) and rather low risks of detection. Counterfeiters can easily imitate medicine labels and packages (Schuster, Allen and Brock, 2007) since advancements in software and hardware allow improving the quality of imitations. Consumers and even supply chain players cannot distinguish between the copy and the genuine package (Bobée, 2009).
- 2) Existing regulations against counterfeiters are not strict enough (OCDE, 2008) and counterfeiting activities and unauthorized distributions are not severely persecuted in some countries (Rittenburg, 2007).
- 3) Counterfeit medicines can easily enter in the pharmaceutical supply chains due to their inherent characteristics, namely their complexity, the abundance of players selling and distributing medicines, and the increasing variety of products. (Potdar, Chang and Potdar, 2006; Schuster, Allen and Brock, 2007; Axway, 2008). Each time medicines move from one player to the next, counterfeit products can be injected. Extensive trust, commitment and collaboration between the supply chain partners are required to effectively fight counterfeiting activities (Williams, Lueg and LeMay, 2008). The introduction of new players as secondary wholesalers, Internet pharmacies and repackagers deteriorate the supply chain transparency and integrity. For instance, at least 50% of medicines sold through Internet are counterfeited, mishandled or dated (WHO, 2006). By analysing more than one hundred pharmacies and thirty prescription-only medicines, the *European Alliance for Access to Safe Medicines* (EAASM) concludes that “62% of medicines

purchased online are fake or substandard (including medicines indicated to treat serious conditions such as cardiovascular and respiratory disease, neurological disorders, and mental health conditions) and 95.6% of online pharmacies researched are operating illegally” (EAASM, 2008, p. 1).

- 4) Supply chains, especially in the pharmaceutical industry, are not prepared to face up the counterfeiting phenomenon. Managers do not have the ability to assess the risk factors for the supply chain nor do they have the ability to restructure the supply chain after an adverse event (Cheung and Myers, 2008; Srinivasan, 2010).

Counterfeit medicines have deep financial and non-financial impacts. First, they deprive pharmaceutical companies from their returns on innovative activities and cut down revenues from sales and licensing (WHO, 2006; Schuster, Allen and Brock, 2007; OECD, 2008; Matalka, Visich and Suhong, 2009; Bosworth, 2009). Revenues are also lost for other supply chain members, from wholesalers to retailers. Tax revenues for governments diminish and additional expenses are required to counter these illicit activities. National economies are also negatively affected by counterfeit medicines as well-paid and knowledge intensive jobs are lost and exportations are decreasing. Second, they have negative impacts that are rather difficult to measure in financial terms, namely the adverse effects on innovation, which is essential for long-term economic sustainable growth, and the negative impacts on the reputation of pharmaceutical companies, the brand value and the trust of the general public (Bosworth, 2009). Third, and may be more importantly, they raise serious health risks and compromise patient safety (WHO, 2006; Schuster, Allen and Brock, 2007). The effects of counterfeit medicines range from a modest clinical improvement to severe health problems resulting in multiple deaths (OCDE, 2008; WHO, 2010). For instance, in early 2008, the death of 149 patients in the US was linked to an adulterated anti-coagulant called heparin (Basta, 2008). Although the FDA acted swiftly and despite multiple recalls, 18% of the hospitals in California had still as of May 2008 the adulterated heparin in their institutional pharmacies. A similar anti-coagulant was also found in Europe.

Counterfeit medicines may contain toxic or hazardous ingredients such as pesticides, antifreeze and rat poison (Jameson and al., 2009). For example, 39 children died in Nigeria in 2008 after taking counterfeit syrups (NAFDAC, 2008) and 51 children died in Bangladesh of kidney failure due to the administration of paracetamol syrup which was tempered with ethylene glycol usually used as antifreeze in automobiles (Gardener, 2010). Adulterated and substandard medicines represent a problematic and growing worldwide health threat. In fact, when these fake products contain insufficient active ingredients, they fail to treat life-threatening diseases and increase the likelihood of drug resistance to serious illnesses (Harris, 2004).

4.4 Technological strategies against counterfeit medicines

The overall technological approach to fight counterfeit medicines must respect three principles representing different levels of protection down to an item level (Bobée, 2009):

Level 1: Integrity of primary and secondary package must be respected through distribution. Tamper-evident packaging may include security seals, glue with perforated cartons or carton folding box with breakage evidence in order to ensure that only the final consumers will open the package for the first time.

Level 2: Pharmaceutical products must be authenticated by the combination of covert and overt features. Covert technologies such as immunoassay, chemical taggants or reactive inks allow authenticating products at manufacturer level. Supply chain stakeholders can verify the medicine authenticity inspecting overt technologies as holograms, watermarks, color shifting inks, guilloches, fibers or threads. Nowadays, 10 to 15% of packages have incorporated this type of technological features (Barlas, 2008). However, these security features entail moderate levels of protection and can be easily replicated; hence, pharmaceutical industry must invest in upgrades for these security features.

Level 3: Medicines must be identified at the unit level through the supply chains. The pharmaceutical industry must therefore define a universal standard to mass serialize products. This last principle has a high protection level because these technologies are more difficult to imitate. Two technological strategies can be envisioned at the present time, namely the *End-to-end verification system* and the *E-pedigree system* and are examined in the next section.

4.4.1 Broad technological strategies: End-to-end verification system vs. E-pedigree system

For the purpose of ensuring the integrity of pharmaceutical supply chains, EFPIA proposes an ***end-to-end verification system*** (EFPIA, 2008). Manufacturers are responsible for coding each product with a unique serialized number at unit level and record the product and its main characteristics (manufacturer product code, batch number, expiration date, and serialization number) in a central online database in order to control medicine distribution. The system therefore ensures that a legal manufacturer has produced the product and it has been introduced legally in the pharmaceutical supply chain. Medicines are then distributed through the supply chain as usual to final retailers. Before selling the merchandise to the final customers, product authenticity must be verified as follows: the pharmacies connect to the central online data basis, read the code and compares the read data with the information registered by the manufacturer. Pharmacies must validate that 1) “the product record exists and matches the data held on the product itself”, 2) “the product record has not been previously marked as dispensed”, and 3) “the product record

does not contain any warnings or advisory notices” (EFPIA, 2008, p. 7). If the validation is correct, pharmacies must register medicine dispensation in the online data basis. The *End-to-end verification system* enables any pharmacist to verify whether a pack with the same serial number has been dispensed before. Wholesalers, retailers and repackagers can also check the on-line database for security purposes; for example in case of a suspicious event. However, they do not have the permission of updating it (Bobée, 2009). Thanks to the unique serial number at item level, it enables to fight against fraud reimbursement, avoids dispensing errors, and facilitates the detection of expired product and recall processes. Moreover, it can help to detect fraudulent products within the supply chain by knowing whether or not a product with the same serial number has already been dispensed (Bobée, 2009). The upper part of Figure 4-2 presents an *end-to-end verification system*.

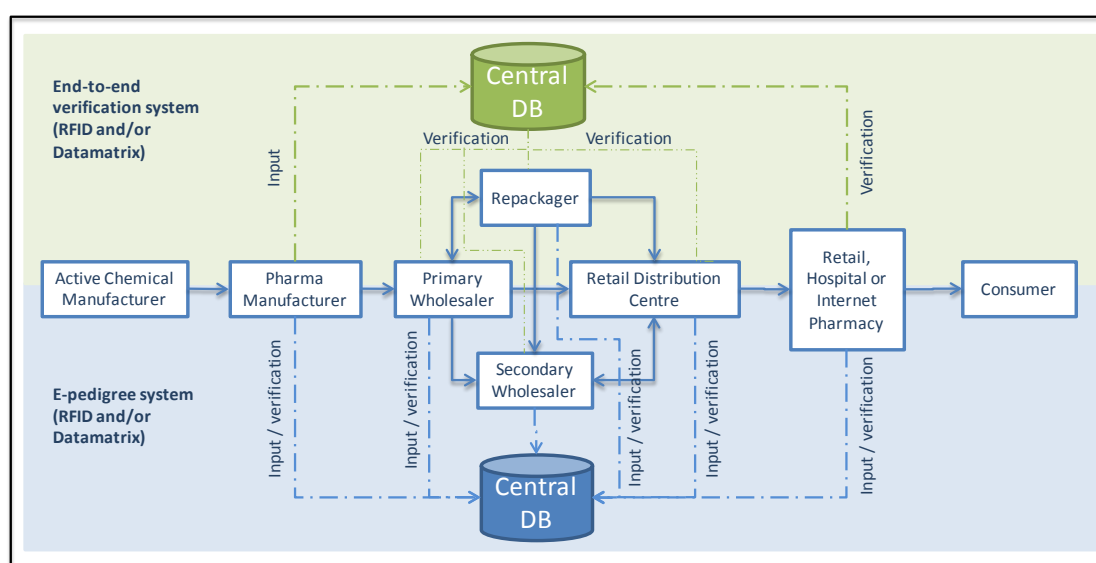


Figure 4-2: End-to-end verification system vs. E-pedigree system

The *E-pedigree system* proposes to trace and track the medicines at each layer of the pharmaceutical supply chains (bottom part of Figure 4-2), allowing a chain of custody (or pedigree) of pharmaceutical products from the upstream side to the downstream side of the supply chains. This technological strategy originates from the US. For instance, the Florida and California governments mandated the pharmaceutical industry to implement a chain of custody of their products (Faber, 2007). This requirement, better known as pedigree, implies to continuously track and trace medicines with physical or electronic documentation from the point they are sold by manufacturers to the point they reach the final consumers. All the players participating in the supply chain must record and report financial transactions and physical movements of medicines at pallet, case and unit levels (Schuster, Allen and Brock, 2007).

4.4.2 The two data carriers retained for the end-to-end verification and e-pedigree systems: Data Matrix vs. RFID

Both *End-to-end verification system* and *E-pedigree* depend on the data carrier necessary to ensure the mass serialization. Because medicines must be identified at unit level, the data carrier chosen must have an important data capacity. Linear barcodes, that could usually hold 10 characters, do not have enough storage capacity. The *EFPIA* has therefore proposed to code each pharmaceutical product at unit level with the two-dimensional barcode called **Data Matrix**, more specifically the *2D Data Matrix ECC200* (EFPIA, 2005). Data Matrix (left hand side of Figure 4-3) contains the following information: the product code (GTIN or HIBC), the serial number (Ser), the expiry date and the batch code (EFPIA, 2008). Additional information may be recorded, if required. The information structure for Data Matrix respects *GS1* standards. EFPIA chose this barcode because of its data storing capacity on a small space, its low cost, its compatibility with existing processes and with legacy technologies, and finally, because the *GS1* Data Matrix standard has been adopted by other industries (Bobée, 2009). Data Matrix seems to be usually associated with the European strategy in general, and with the *End-to-end verification system* in particular.

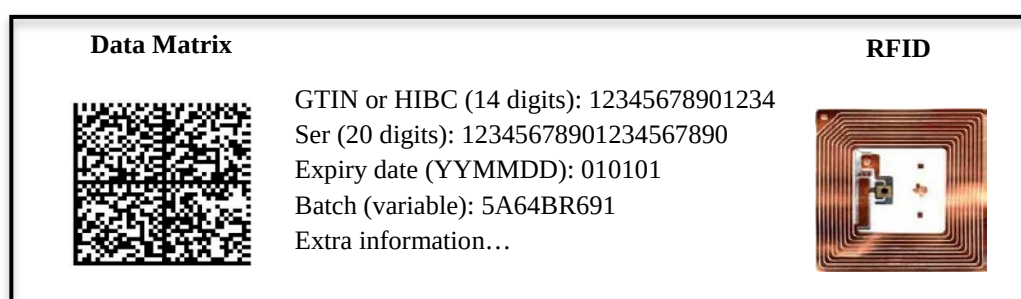


Figure 4-3: Data Matrix vs. RFID tag in the pharmaceutical industry

Because barcodes imply extra manual labour to scan each product, *FDA* proposed in 2004 to adopt **Radio Frequency Identification (RFID)** technologies to track and trace medicines (Swedberg, 2008; Warner, 2009). The RFID tags that can be attached to the medicine package contain the product code, the serial number, the expiration date, the batch code and the transactional and commercial information (right hand side of Figure 4-3). This technology provides the capacity of tracking any pharmaceutical product at any location through supply chain (Potdar, Chang and Potdar, 2006; Schuster, Allen and Brock, 2007) as well as strategic and operational advantages for the pharmaceutical supply chain (Warner, 2009; Palaniswami and al., 2010; Zuo, 2011). Mass serialisation is respected because RFID tag has enough capacity to store a unit code by item. Information stocked by the RFID tag can be transmitted directly and without direct line of sight to a reader by radio frequency. The reader can then transfer the information to an enterprise information system for processing. RFID seems to be related to the American perspective, namely the *E-*

pedigree system relying on RFID and on the *Electronic Product code* (EPC) (Thiesse and Condea, 2009; Yang, 2010).

The *EPC Global*, the association responsible for developing and broadcasting RFID standards, has established a committee for developing an e-pedigree platform with anti-counterfeiting purposes (Schuster, Allen and Brock, 2007; Conti, Di Pietro, Spognardi, 2011). In 2007, this committee proposed an on-line database containing information about the reception and transferring of pharmaceutical products through each stage of supply chain. The *GS1 EPCglobal Electronic Pedigree Standard* supplies the mass serialization capacity at item level using *GTIN* standard and the on-line transaction capacity using *XML* language (Faber, 2007). The anti-counterfeiting feature is based on the fact that all the supply chain players can update this platform since medicine has been produced until it has been dispensed to the patient. An incongruous historical information about a specific medicine in the on-line database means that this medicine has been introduced illegally to the supply chain. Although *EPC Global* proposes the use of ultra high frequency RFID technologies, this technological platform can work with barcode standards.

4.4.3 Conflicting perspectives and hybrid strategies

Future implementation of an ***end-to-end system based on Data Matrix*** has been seriously analysed in Europe. The EFPIA conducted a pilot project to validate its functionality and performance. In September 2009, 14 manufacturers have recorded 25 different products with Data Matrix code. In total, 110,000 units have been distributed to 25 pharmacies in the greater Stockholm area (Bonser, Bobée and Friedrich, 2009; Jagers, 2010). Preliminary results indicate that the technology infrastructure is well adopted and the overall performance is quite acceptable (EFPIA, 2010). In order to assure compatibility between authentication platforms (barcode and data bases), several countries are adopting the *2D Data Matrix ECC200* standard. For instance, Turkey and France have established the implementation of Data Matrix in legislation. Germany, Italy and Spain are considering the adoption in a next future (Bobée, 2009). At the manufacturer level, *AstraZeneca*, technologically supported by *Systech* and *Axway*, is developing a platform to track its products with 2-dimension barcode and configuring a global database (Basta, 2008).

Several players in the supply chain are developing prototypes of ***RFID-enabled e-pedigree system***. In 2007, *Pfizer* supported by *Purdue Pharma*, a pharmaceutical association, announced a trial with track and trace purposes using RFID technologies. *AstraZeneca*, *Norvatis* and *GlaxoSmithKline* are assessing the capacity of RFID technology for protecting their core products. The results of these pilots have been presented to the FDA, but they have not been published (Matalka, Visich and Suhong, 2009). Three major wholesalers in California have been equipped with RFID scanners in order to identify *Pfizer* products

(Barlas, 2008). *Cardinal Health* headed a pilot project to identify medicines at unit level with RFID tags in California and stated that RFID tags reached 99% of read rate (Matalka, Visich and Suhong, 2009). At the retail level, *Walgreen's*, supported by its major distributor *Anderson*, is configuring a RFID platform to track 80,000 cases, which are transferred on a daily basis to its 700 stores (Sullivan, 2008). In 2004, *Abbott Laboratories*, *Pfizer*, *Johnson et Johnson*, *Protect et Gamble*, *McKesson*, *Cardinal Health*, *CVS* and *Rite Aid* worked all together in the *Project Jumpstart* in order to assess the advantages of adopting RFID technology in the pharmaceutical supply chain. They conclude that RFID technology could satisfy security and regulatory requirements and could provide logistic advantages (Matalka, Visich and Suhong, 2009). At the provider level, *Mikoh* technologies developed a RFID tag with adhesive capacity in order to bring tamper-evident security (Barlas, 2008). According to *IDTechEx*, 20 million medicines and 10 millions pallets and cases have been tracked with RFID tags in 2008 (Barlas, 2008).

Hybrid strategies take into account the respective limitations and the potential of both Data Matrix and RFID. For instance, *Authentix* proposes a system based on both RFID and Data Matrix technologies (Rittenburg, 2007). Items can be serialized by Data Matrix code, while cases and pallets can be tracked with RFID tags. Inheritance and aggregation between items, cases and pallets allow tracking and tracing any medicine at any location. Consequently, suppliers can scan cases and pallets directly with RFID readers and track items by parent-child relationships. Examples of **hybrid strategies** are also provided by *Eli Lilly* and *Nosco*. *Eli Lilly* is implementing an e-pedigree system provided by *SupplyScape* with the purpose of serializing pallets and items using Data Matrix (Basta, 2008) while *Nosco*, a package provider, is integrating RFID tags and Data Matrix for respecting e-pedigree regulation. In 2007, *Nosco* with *HP* and *Supply Scape*, presented its e-pedigree platform to more than 100 pharmaceutical manufacturers (Bacheldor, 2007). In order to achieve a complete supply chain traceability from medicines packaging to their reception in pharmacy, the EU funded *BRIDGE* project involving key European players such as *Althone Laboratories*, *Actavis*, *Sandoz*, the Dutch contract packer *Tjoapack*, and the distributor like *Kent Pharmaceuticals* combined Data Matrix (GS1-128 linear barcode) and EPC Gen 2 standard UHF RFID tags (BRIDGE, 2009). Since 2007, a pilot project had been conducted in real life operational supply chains in U.K., Ireland and Netherlands. The preliminary results demonstrate the RFID capacity for tracing and tracking at vehicle, pallet and case level, and the Data Matrix capacity for tracking and tracing at item level (BRIDGE, 2009). The pilot success also proved that full traceability was possible across borders using both data carriers (BRIDGE, 2009).

Figure 4-4 indicates some initiatives undertaken with respect to the two technological strategies (*End-to-end verification system* vs. *E-pedigree system*) and with the two data carriers (Data Matrix vs. RFID). As demonstrated in Figure 4-4, there is no yet a dominant technological strategy. It remains necessary to

analyse, from an empirical view, the technological position of the European and North American pharmaceutical supply chain players involved in the development of these technological strategies.

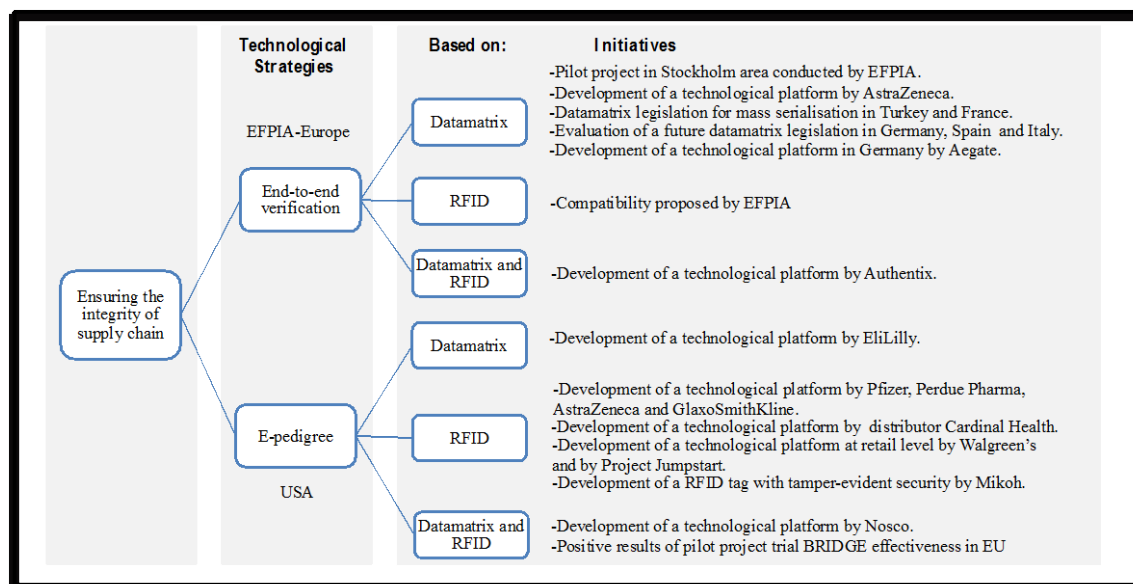


Figure 4-4: Technological initiatives for ensuring the integrity of the pharmaceutical supply chain

4.4.4 Competing technologies: RFID as a disruptive technology

Data Matrix and RFID are often considered as competing technologies. Barcodes, or the “old” technological regime, represent a well-established technology and have been omnipresent for the last four decades. It is only in the early 2000s that RFID became a true challenger to bar coding systems, although RFID could be traced back as far back as 1948 with the landmark paper entitled “*Communications by Means of Reflected Power*” (Stockman, 1948). RFID, or the “new” technological regime, is seen as a promising technology that could replace the barcodes in multiple business applications, especially in supply chain management applications (Sheffi, 2004; Lee and Özer, 2007).

RFID appears to be a disruptive technology (Lefebvre et al., 2005; Krotov and Junglas, 2008) and a technological discontinuity (Funk, 2008) that triggers off a period of ferment (Anderson and Tushman, 1990; Tushman and Rosenkopf, 1992). We suggest that the conflicting perspectives discussed in section 4.3 and the resulting different technological initiatives undertaken for ensuring the integrity of the pharmaceutical supply chain (presented in Figure 4-4) are indeed symptomatic of an era of ferment for two main reasons. First, an era of ferment is characterized by intense experimentation and substantial technical variation, strong turbulences, confrontation from different pressure groups, high uncertainties, and competing standards. Second, RFID is considered as not mature enough for medicine

mass serialisation (EFPIA, 2008) and its critical dimensions of merits remain not totally demonstrated, which is also typical during the period of ferment. This later point merits further empirical investigation.

4.5 Methodology

4.5.1 Data collection methods

This paper addresses complex issues and seeks the input from many respondents from multiple organizations operating in the pharmaceutical supply chains. The field study was conducted during four months. On-site structured interviews were carried out with key knowledgeable managers from 52 organizations based in Europe and North America. In addition, the managers from 61 organizations who were contacted by phone or by e-mail agreed to provide their inputs in an electronic questionnaire. A total of 113 organizations thus participated to the study⁶.

The structured interview guide and the electronic questionnaire have identical questions that have been thoroughly pre-tested and validated in seven organizations. We have chosen an electronic questionnaire as an alternative data collection method because it is particularly effective in terms of response rate and question completion rate (Kiernan et al., 2005). An electronic questionnaire also represents a relatively inexpensive and an expedient mean of communicating with respondents especially when they are geographically distant, facilitates follow-up of missing data and overcomes the problems of low response rates associated with traditional postal surveys (Al-Omiri, 2007; Boyer et al., 2002). Finally, an electronic questionnaire allows a more personalized, flexible, and interactive presentation (Crawford et al, 2001; Umbach, 2004), which significantly increases the response rate (Heerwegh et al, 2005).

Because we relied on two different types of data collection methods, we compared the quantitative data provided during the on-site interviews to the quantitative data obtained from the on line questionnaire and found no bias. Since both the structured interview guide and the electronic questionnaires contain open-ended questions, quite a large amount of qualitative data was generated. A slight bias was then noticed as respondents gave more comments during the interviews than in the on-line questionnaire. However, content analysis of these comments did not reveal biases between the two data collection methods. We therefore assume that the data collected by these two methods could be merged into one database.

⁶ Les entrevues semi-structurées ont été exécutées par trois membres du centre de recherche e-Poly. Au total, le doctorant a contacté et mené les entrevues auprès 40 organisations.

4.5.2 Research variables

The structured interview guide and the on line questionnaire shared exactly the same variables that are grouped into three broad sets. The first set represents the control variables, namely the individual and organizational levels of awareness of counterfeit medicines, the assessment of the current progression of counterfeit medicines and, the change in organizational strategy to take into account the counterfeit medicines. The second set of variables corresponds to the effectiveness of different technological initiatives as displayed in Figure 4-4. The third and last set captures the relative merits of RFID. The theoretical justification of all research variables arise from a detailed literature review and is particularly pertinent for assessing the merits of the data carrier (see Appendix 4.1).

4.5.3 Profile of participants

Table 4-1 shows the profile of respondents by the two broad regions (Europe vs. North America) and by the role they play in the pharmaceutical supply chain (see Figure 4-2). It can be noticed that both Europe and North America display a critical mass of respondents (59 vs. 54 respondents). Respondents from all layers of the supply chain - i.e. from active ingredients and pharmaceutical manufacturers (33 firms) to pharmacies (17 organisations) - are representative of the pharmaceutical supply chain structure. Other stakeholders such as technology suppliers and consultants (21 organisations), associations and governmental institutions (19 institutions), consumers and control and security institutions (12 respondents) also participated to the study.

Table 4-1: Profile of respondents (n=113)

Position in the supply chain	Europe (n=59)	North America (n=54)	Total (n=113)	
	%	%	Frequency	%
Active chemical and pharma manufacturers	28.8%	29.6%	33	29.2%
Wholesalers and retail distribution centers	15.3%	5.6%	11	10.7%
Retail, internet or hospital pharmacies	11.9%	18.5%	17	15.0%
Consultants	18.6%	18.5%	21	18.6%
Associations and governmental institutions	15.3%	18.5%	19	16.8%
Others	10.2%	9.3%	12	9.7%

4.5.4 Data collection

Several technological initiatives are emerging from Europe and North America organisations and seem respond to some geo-political logic. Interesting insights may be gained by contrasting the position of knowledgeable managers involved in pharmaceutical chains operating in Europe with the one held by

their North American counterparts. We have therefore conducted comparative bivariate and multivariate analyses between Europe (n=59) and North American (n=54) in order to better assess their relative positions (Hair and al., 1997). The control variables are first examined in order to detect any regional bias (section 4.6.1; Table 4-2). The relative efficiency of the different technological initiatives is then assessed and compared between the two regions using *bilateral t-tests* (section 4.6.2; Table 4-3). Because the relative merits of RFID are measured by 24 variables, we carried out a discriminant analysis using the forward step-wise procedures (section 4.6.3; Table 4-4). The procedures allow retaining only the variables that contribute the most to the discrimination model and discarding the variables that are more marginal. Finally, content analysis was performed on the comments provided by the respondents (section 4.6.4). This qualitative analysis seems particularly pertinent for a more thorough interpretation of the quantitative data.

4.6 Results and discussion

4.6.1 The influence of control variables

Control variables used in this study allow us if the results obtained from Europe and North America are influenced by certain characteristics of the respondents and the organizations they work. Table 4-2 presents the means for each control variables for the two regions. Respondents from both regions are very aware of the counterfeit medicines (4.51 vs. 4.57 for Europe and North America respectively) and their own organisations are also very conscious of the counterfeit problems (4.32 vs. 4.13 respectively). These high levels of individual and organizational awareness, although self evaluated, provides some validation for the choice of respondents. European and North American respondents consider that the presence of counterfeit medicines is progressing at a rapid pace (3.88 vs. 3.94 respectively) and that their organizations have changed their strategies, at least to a certain extent, in order to detect, prevent, or deter counterfeit medicines (3.71 vs. 3.48 respectively).

With no significant differences between the two regions, the control variables will be removed from the subsequent statistical analyses.

Table 4-2: Control variables (n=113)

Control variables	Europe (n=59)	North America (n=54)	p ⁴
Personal awareness of counterfeit medicines ¹	4.51	4.57	N.S.
Organizational awareness of counterfeit medicines ¹	4.32	4.13	N.S
Current progression of counterfeit medicines ²	3.88	3.94	N.S

Table 4-2: Control variables (n-113) (continued and end)

Control variables	Europe (n=59)	North America (n=54)	p ⁴
Change in organizational strategy to take into account the counterfeit medicines ³	3.71	3.48	N.S

- 1) Means based on Likert scales where 1 = not aware, 5 = very aware;
- 2) Means based on Likert scales where 1 = very slow, 5 = very rapid;
- 3) Means based on Likert scales where 1 = not at all, 5 = very much;;
- 4) Level of significance the t-tests: NS for non-significant, * for p<0.100, ** for p<0.050, *** for p<0.010, **** for p<0.001.

4.6.2 Effectiveness of the different technological initiatives

As demonstrated in Figure 4-4, the different technological initiatives seem to respond to some a geo-political agenda which is not completely determined and no dominant technological strategy has yet emerged. How do Europeans and North Americans evaluate the relative effectiveness of these different initiatives? Table 4-3 provides some answers and displays the means for 1) the two broad technological strategies (*the End-to-end verification system* and the *E-pedigree system*), 2) the two data carriers (*Data Matrix* and *RFID*) and 3) the array of all possible initiatives combining *the End-to-end verification system* or the *E-pedigree system* with either or both data carrier *Data Matrix* and *RFID*.

Table 4-3: The effectiveness of different technological initiatives (n-113)

Effectiveness of different technological initiatives ¹	Europe (n=59)	North America (n=54)	p ²
Overall of technological strategies			
End-to-end verification system effectiveness	3.91	3.51	*
E-pedigree – track et trace system effectiveness	3.44	3.60	N.S.
Data carriers			
Data Matrix barcode effectiveness	4.05	3.26	****
RFID effectiveness	3.35	3.65	N.S.
Possible combinations between technological strategies and data carriers			
Data Matrix barcode as enabler of the End-to-end	4.05	3.58	**
Data Matrix barcode as enabler of the E-pedigree	3.58	3.49	N.S.
RFID as enabler of the End-to-end	3.55	3.62	N.S.
RFID as enabler of the E-pedigree	3.86	3.94	N.S.
Data Matrix barcode & RFID as enabler of the End-to-end	3.43	3.72	N.S.
Data Matrix barcode & RFID as enabler of the E-pedigree	3.77	3.87	N.S.

- 1) Means based on Likert scales where 1 = not efficient, 5 = very efficient;
- 2) Level of significance for the t-tests: N.S. for non-significant, * for p<0.100, ** for p<0.050, *** for p<0.010, **** for p<0.001.

Congruent with the technological vision of European governmental institutions and associations as *EFPIA*, European respondents consider that the *End-to-verification system* as more effective than the *E-pedigree system* (3.91 vs. 3.44 respectively). Similarly, Europeans respondents are inclined to be aligned with the position advocated by the *EFPIA* and by different European countries to test the use of *Data Matrix* to identify medicines at unit level as they believe that *Data Matrix* is more effective than *RFID* (4.05 vs. 3.35 respectively). From all the possible combination between technological strategies and data carriers, European organisations describe the use of *Data Matrix for End-to-end verification system* as the most effective combination (4.05).

In contrast, the position from North American respondents appears to be somewhat ambivalent and less optimistic than the one held by Europeans. Even if they seem to agree with the North American governmental agencies and association such as *FDA* by rating the *e-pedigree system* and *RFID* as more effective than the end-to-end verification system and *Data Matrix*, their relative support seem limited. For instance, North American respondents evaluate *E-pedigree system* as more efficient that *End-to-end verification system*, but the difference between both systems is minimal (3.51 vs. 3.60 respectively). Moreover, they view *RFID* for ensuring mass-serialisation of medicines at unit level as more effective than *Data Matrix* (3.65 vs. 3.26 respectively) but Europeans rate *Data Matrix* even higher (4.05). Finally, North Americans seem to prefer *E-pedigree system* using *RFID* technology for ensuring the custody chain (3.94) but also judge the use of both data carriers, *Data Matrix* and *RFID*, for *E-pedigree system* as an effective combination (3.87).

Significant differences between the two regions can be noticed for the relative effectiveness of “European” perspective, namely the *end-to-end verification system*, *Data Matrix* and the use of *Data Matrix* as an enabler of the *end-to-end verification system*. The most significant difference between the two regions occurs when assessing the potential of *Data Matrix* ($p = 0.000$).

4.6.3 Relatives merits of RFID: discriminant analysis

A two-group discriminant analysis was conducted using the forward stepwise procedures in order to identify the independent variables (here the relative merits for *RFID*) that best discriminate between two groups (the dependent categorical variable, namely Europe and North America). Table 4-4 is divided in three sections and contains:

- 1) The standardized discriminant function coefficients since the objective here is to assess the unique and partial contribution to each independent variable to the discriminant function;

- 2) Some test statistics, namely the *Wilks' lambda* which denotes the significance of the discriminant function and the *Box's M* which allows to accept the null hypothesis that covariance matrices are equal;
- 3) The classification results.

Results presented in Table 4-4 shows that eight variables (out of 24) best discriminate the European position from the North American position and that the resulting discriminant function is significant (overall *Wilks' Lambda*= 0.756, $p= 0.001$). In order for the discriminant analysis to yield optimal results, several assumptions should be met. First, the examination of the correlation matrix shows no high interdependencies among independent variables. Second, while the sample size, although rather small, is large enough ($n > 30$) to assume multivariate normality. Third, the multivariate *Box M* test for the homogeneity of variances/covariances allows us to accept the null hypothesis that covariance matrices are equal. The predictive accuracy of the discriminant function (overall classification rate of 75.3%) is higher than chance accuracies (maximum chance criterion=52.21% and proportional chance criterion=50.10%). Moreover, the estimated *Press's Q statistic* is 25.01 and exceeds by far the critical value of 6.63 at $p=0.05$ (Hair et al., 1997). Thus the classification accuracy of the discriminant function is statistically significant compared to the results expected from a chance model. From the above, we therefore conclude that the results presented in Table 4-4 are valid.

The interpretation of the discriminant coefficients is similar to the standardized regression coefficients (*beta's*). In particular, the signs indicate the direction of relationships. The positive signs may be therefore interpreted as follows: the more important the merits of RFID technology are, the greater is the likelihood of a respondent to be European. Similarly, the negative signs mean that the merits are more associated to North American respondents who tend to rate them as relatively more important.

Table 4-4: Main results from the stepwise discriminant analysis for the relative merits of RFID (n=113)

1. Variables entered by the stepwise method and corresponding coefficients

Relative merits	Discriminant function coefficients
Read and write capability	-0.998
Management of expiration dates	-0.731
Added intelligence	0.714
Multi-tag and multi-item reading	0.575
Automated and continuous real time data collection	0.550
Popularity of barcodes	0.320
Management of product recalls	-0.273
Problems with reading accuracy	0.208

Table 4-4: Main results from the stepwise discriminant analysis for the relative merits of RFID (n-113) (continued and end)

2. Other statistics

Box's M= 46.022, p= 0.230

Overall Wilks' Lambda= 0.756, p= 0.001

3 Classification results obtained by the eight variables retained in the stepwise method

		Predicted group membership	
		<i>Europe</i>	<i>North America</i>
Actual Membership	<i>Europe</i>	80.0%	20.0%
	<i>North America</i>	29.8%	70.2%

Percentage of respondents correctly classified 75.3%

Maximum chance criterion 52.21%

Proportional chance criterion 50.10%

The strongest predictor is by far the *read and write capability* (-0.998). Since information cannot be added once the Datamatrix codes are printed, the read and write capability of RFID tags represents indeed a superior dimension of merit significantly associated to the North American position. Such capability enables automation of records throughout the pharmaceutical supply chain. The *management of expiration dates* (-0.731) constitutes the second most discriminating merit between the two regions and is also related to North America. Besides allowing more effective inventory management practices in any layer of the supply chain, RFID also offers a high potential for applications such as smart self-replenishing shelves or automated drug dispensing cabinets that track medicines placed on their shelves. Because some medicines become ineffective or may lose their full potency past their expiration dates, patient safety is improved. Furthermore, substantial costs reductions as well as medicine waste reductions may be gained by preventing large volumes of expired medicines. *Added intelligence* stands out to be third strongest predictor (0.714) and is positively related to the European position. Indeed, intelligent RFID-enabled objects, when integrated with a broader technology ecosystem, are able to give contextual information, communicate and interact with other smart objects and humans, and even take decisions about their own destiny, leading the way to object-to-object intelligent communication and the Internet of things. This feature represents a significant advantage for the distribution and storage of the medicines that must require specific environmental conditions such as humidity, temperature and light.

Multi-tag reading (0.575) as well as *automated and continuous real time data collection* (0.550) contribute significantly to the prediction of group membership and are positively related to the European position. They also represent two superior dimensions of merits that barcodes cannot provide. In fact, RFID technology offers multiple readings with a read rate as high as 1000 tags per second for *EPC Gen 2*

tags. However, collisions may happen when multiple tags simultaneously answer in an interrogation zone. Anti-collision schemes have been developed but this technological challenge still exists to a certain extent. When integrated to GPS (Global Positioning System) or mobile telephony LBS (Location Based Systems), RFID technology enables real-time location capabilities without human intervention, implying that medicines can be continuously and automatically identified in any layer of the pharmaceutical supply chain. This later point constitutes a major discriminating asset among Europeans

“Old” technologies are particularly resilient: the *popularity of barcodes* (0.320) emerges as a significant discriminating variable. The fact that barcodes are well established and are widely used in many industrial sectors hampers the adoption of RFID for fighting counterfeit medicines. Some problems with RFID *reading accuracy* (0.208) also hinder its adoption. Potential interferences under certain conditions and the presence of metal, moisture, or liquids may affect the RFID reading reliability but recent technological developments attempt to address this challenge. For instance, the design antennas that exploit the magnetic and electromagnetic field coupling enables both near and far field reads in a single tag.

Finally, RFID potential for managing *product recalls* (-0.273) discriminates the two regions and is more connected to the North American perspective. As it is estimated that the pharmaceutical industry lose about \$2 billion in drug returns annually, reverse or backward supply chain management appears to be a critical issue.

Overall, results displayed in Table 4-4 allow us to gain a better understanding of the regional dynamics of RFID adoption. The European perspective (positive discriminant function coefficients) recognizes the high, albeit long term, potential of RFID for ambient intelligence (*added intelligence*) and its capacity for *multi-tag reading* and *real time data collection* but points to several factors that hampers its widespread adoption, namely the *popularity of barcodes* and the *problems with reading accuracy*. The European perspective seems to envision RFID as a not yet mature technology with a high potential for fighting counterfeit medicines. The North American perspective (negative discriminant function coefficients) is clearly directed towards supply chain management with the following predictors: the *read and write capability* which is a tremendous asset for tracking medicines at every layer of the supply chain, the management of *expiration dates* as well as the management of *product recalls*.

It is rather interesting to examine the 16 variables that were not retained by the stepwise discriminant analysis. For instance, the relatively high *costs* of the *RFID* infrastructure do not represent a discriminating factor as this is a prime concern for both regions. Agreement on certain essential technical characteristics of RFID such as *no line of sight required* or the *difficulty to reproduce RFID tags* seem to be reached between the two regions. Furthermore, the potential of RFID for *reducing thefts and products substitutions* is not a discriminant factor either.

4.6.4 Content analysis

Additional insight is gained by analysing the comments of participants from the on-site interviews and from the e-survey. Content analysis of these comments validates the quantitative results presented and discussed in sections 4.6.1, 4.6.2 and 4.6.3 but also reveals several additional interesting issues. Within the scope of the paper, we present these additional issues and corresponding comments in Table 4-5.

Table 4-5: Selected comments from the on-site interviews and the e-survey

Issues	Comments
Legislative framework	“Enforcement of existing laws, and severely increasing the penalties on counterfeiters, would be the [two most cost-effective mechanisms to address this public policy problem.” (North America) “Any technological strategy would remain inefficient without adequate legislation” (Europe)
Internet pharmacies	“The main vehicle for counterfeiters is now the internet pharmacies, which are largely unregulated.” (North America) “Many Internet pharmacies operate from foreign countries and regulating them represents a daunting task.” (Europe)
Implementation	“<i>E-pedigree</i> system is the most secure but its implementation is chaotic.” (Europe) “More fundamental to the design of <i>E-pedigree</i> and <i>End-to-end verification</i> systems is the interoperability, openness and reliability of all the various systems in the supply chain” (North America) “The <i>End-to-end verification</i> system cannot be [totally] implemented in North America because medicines are not dispensed in their original package.” (Europe)
DataMatrix and RFID as competing or complementary technologies	“RFID does not have superior data storage capabilities, at least in current implementations. Data Matrix can store a lot more information than current tags can, and at a fraction of the cost.” (North America) “Most are planning to use RFID at case level and use inference to assign events to 2D barcode items within the case » (North America) “The question is more when RFID will have read rates which are high enough and prices which are low enough.” (Europe) “Data Matrix is viable in the short term but in the longer term RFID is a more promising technology” (North America)
Securing anti-counterfeiting technologies	“The <i>E-pedigree</i> [and <i>End-to-end verification</i>] systems presume that the grey marketer cannot falsify the information in the bar code or RFID chip” (North America) “The Data Matrix barcode is easily reproduced in its entirety; there is nothing to prevent a thief from reproducing it in its entirety. RFID tags can be produced with up to a 96-bit unalterable ID code making counterfeiting much difficult.” (North America)

Several participants stated that the improvement of existing *legislative framework* is necessary for any technological anti-counterfeiting strategy to be truly effective. Furthermore, the rather inadequate enforcement of existing legislation and the weak penal sanctions do not act as strong deterrents to counterfeiting activities that generate high profit margins. For instance, counterfeiting *Viagra* pills leads to a profit margin that is approximately ten times higher than producing and selling heroin on the streets

(Everts, 2010). However, medicines counterfeiters, if indeed they are apprehended and prosecuted, face penal sanctions that are less stringent than those for hard drugs (Bosworth, 2009). Changing legislation at the national and international levels, although crucial, is a very lengthy and complex process. Technology, and more particularly the implementation of *End-to-end* and *E-pedigree systems* with either or both data carriers, may very well represent a speedier process to prevent the introduction of fake medicines in the legitimate pharmaceutical supply chains.

Counterfeiters attempt to avoid detection through so-called “front” businesses and online fictitious firms. The Internet termed by the *European Alliance for Access to Safe Medicines* (EAASM) as the “counterfeiting superhighway” facilitates the distribution and sale of illicit drugs. This brings us to the next issue raised by the participants to this study, namely *the Internet pharmacies*. Buying medicines online represent for consumers an easy, low cost and less time consuming option. For instance, more than two million people in the United Kingdom regularly buy online their medicines from legitimate online pharmacies (The Observer, 2009). For retailers, it is an effective B2C e-commerce solution. However, web technologies also allow the emergence of Internet pharmacies that may operate illegally, outside the legal pharmaceutical chain and outside the regulatory authority of national governments. A thorough analysis of more than one hundred on line pharmacies and over thirty commonly purchased prescription-only medicines reveals that “62% of medicines purchased online are fake or substandard (including medicines indicated to treat serious conditions such as cardiovascular and respiratory disease, neurological disorders, and mental health conditions) and 95.6% of online pharmacies researched are operating illegally” (EASSM, 2008).

The *implementation* issues raised by several participants are typical of the era of ferment (section 4.4) and the term “chaotic” reflects the intense experimentation of the different technological strategies summarized in Figure 4-4. Both systems, especially the *E-pedigree system*, reap their full added-value when connected and integrated to EIS (*Enterprise Information Systems*) such as ERP (*Enterprise Resource Planning*), WMS (*Warehouse Management System*) or LES (*Logistic Execution Systems*). Reaching the necessary “interoperability, openness and reliability of all the various systems in the supply chain” as pointed by a North American participant represent a tremendous challenge. Another implementation issue deals with the way medicines are dispensed: in the European Union, pharmaceutical products reach the final consumers in their original package (except for parallel imported and repackaged medicines) whereas medicines under prescription in North America are usually dispensed in North America in small plastic containers or bottles in the required dose format and not in their original package. In the later case, “the *End-to-end verification system* cannot be [totally] implemented” since the verification can only be performed when the medicines reach the pharmacies and not when they are

dispensed to the final consumers.

Many participants compared the technical performance of RFID to Data Matrix and seem to view the two data carriers as *competing technologies*. For instance, some view the data storage capability of RFID (up to 128 Kbytes) as superior whereas others contest such superiority (see comment in Table 4-5). In general, comments indicate a high level of technological uncertainty that characterizes the era of ferment. Rapid technological developments and intense competition between the two data carriers lead to the co-evolution of RFID and barcode technologies. For some participants, these technologies could act as complementary data carriers. This is reflected in the following comment from a North American respondent: “Most are planning to use RFID at case level and use inference to assign events to 2D barcode items within the case ». Such hybrid technological strategy capitalizes on the potential of RFID but offsets its relatively higher costs because only pallets and cases are tagged with RFID; at the same time, it relies on Data Matrix as a cost effective technology for the very large volumes of individual items. The “parent-child” relation between pallets, cases and individual units enables to reduce the costs of scanning manually (and with a line of sight) the data on individual Data Matrix barcode.

With the expectation of high profit margins, counterfeiters aggressively pursue new strategies to circumvent anti-counterfeiting initiatives. *Securing anti-counterfeiting* technologies is therefore a must. In particular, Data Matrix can be easily reproduced (Howe et al., 2007) whereas RFID offers a far greater challenge to illicit actions. But even RFID can be targeted by several security threats such as spoofing (cloning of RFID tags by copying the information of one tag to another), data tampering, clandestine scanning, information disclosure, or viruses (Choi and Poon, 2008). However, security features added to RFID tags such as cryptographic protocols, password protection, or the so-called “kill” provision (i.e. disabling the RFID) offer “authentication, confidentiality, data integrity, non-repudiation, anti-counterfeiting, and anti-cloning” (Lee and al., 2010, p. 1).

4.7 Conclusions

Counterfeiting medicines is on the rise due to low risks of detection, low levels of legal sanctions and great potential to generate high profits. Moreover, pharmaceutical supply chains due to their very complexity (large number of players, wide variety of products and fragmented markets) are particularly vulnerable to illicit activities. Counterfeiters capitalize on technological advances to distribute and sell their fake products, to imitate the inherent characteristics of the genuine medicines or to circumvent the technological strategies of legitimate pharmaceutical chains. Furthermore, they are able to swiftly exploit new business opportunities and market demands. The rapid emergence of counterfeited vaccines and antiviral drugs during the 2009 H1N1 influenza pandemic exemplifies this later point. The innovative

capabilities of counterfeiters cannot be underestimated and require the elaboration, adoption and implementation of effective technological anti-counterfeiting strategies. This paper represents an attempt to gain a better understanding of these strategies.

More specifically, this paper has focussed on the mass serialisation initiatives, namely the *End-to-end verification system* and the *E-pedigree system*, that offer a higher level of protection (level 3, see section 4.4) than tamper evident packaging (level 1) or the combination of covert and overt features (level 2). Although there is a strong international agreement that these three levels of protection are necessary and complementary, several divergences over the mass serialization initiatives and the associated data carriers, i.e. Data Matrix and RFID, run deep between Europe and North America. We have therefore collected and analyzed empirical data provided by 113 key pharmaceutical supply chains actors who are located in Europe and North America.

Empirical evidence points to several interesting observations. First, European respondents rate the *End-to-end verification system* and Data Matrix as significantly more effective than the *E-pedigree system* and RFID. In sharp contrast, the North American respondents remain rather ambivalent with the effectiveness of both the *E-pedigree system* and the *End-to-end verification system* and remain indecisive about the effectiveness of RFID as a potential data carrier. The publicized drawbacks and the repetitive legislature postponements such as the California's e-pedigree based on RFID may partially explain the North American position. Since the *E-pedigree system* requires the validation of the medicines integrity at each point of supply chain and therefore the collaboration between all the members of the pharmaceutical supply chain, it is more difficult to implement than the End-to-end verification system. Second, empirical evidence demonstrates that several relative merits of the RFID technology significantly discriminate the European position from the North American perspective. While Europeans view RFID as a long term, high potential technology whose relative dimensions of merits such as reading accuracy and maturity remain to be fully demonstrated, North Americans consider RFID as a promising technology for supply chain management and logistics benefits. In fact, RFID could improve supply chain practices that go beyond the security issues in general and e-pedigree compliance in particular. However, attempting to leverage RFID technology for added business value in the supply chain is a lengthy and complex undertaking. The very complexity of such undertaking may also explain the previously noted ambivalence of North Americans towards the mass serialization initiatives and the two data carriers. Third, any technology will prove effective only if part of broader political and legal efforts. As pointed out by several participants, improvements to the legislative framework are needed for anti-counterfeiting technological strategies to be effective. We suggest that the implementation of more sophisticated technological strategies, without the presence of more deterrent legal initiatives, may very well drive the price of

medicines upwards, thereby making the profits of counterfeiters even more attractive and, paradoxically, increasing the likelihood of even larger volumes of illicit medicines entering the legitimate pharmaceutical supply chain. Such a vicious circle could be broken by legislative improvements but collaboration between national and international regulatory authorities also require strong political commitments worldwide.

The paper also makes some interesting contributions. The study improves our collective understanding of anti-counterfeiting technological strategies in pharmaceutical supply chains. Although counterfeit medicines represent a significant issue with deep social, economic and political impacts, it remains an under investigated area of academic research and empirical evidence is severely lacking. To our knowledge, this paper constitutes one of the first attempts to close this knowledge gap. Another contribution may reside in the research design that allows for an examination of the entire pharmaceutical supply chain from manufacturers (upstream) to final retailers (downstream) and includes other important stakeholders such as associations, governmental entities and international agencies. By analysing both quantitative and qualitative data, the research design also leads to a broader assessment of the complex issues raised the anti-counterfeiting strategies. Another important contribution of this paper is to focus the dynamics of the “interregnum” between the old technological regime (here, the barcode technology) and the new technological regime (RFID). Although a considerable number of papers have offered conceptual insight into the transition between technological generations, for instance with models of technology life cycle, “surprisingly, the interregnum between successive generations has received little attention” (Ansari and Garud, 2009, p. 382). Empirical evidence presented in this paper supports the concept of an era of ferment (Anderson and Tushman, 1998) characterized by great vulnerability, high uncertainties, rapid technological developments and costly initiatives to promote the new technology that are often considered unfavourably.

Practical contributions arise from our study. For policy makers, a better appreciation of the dynamics of the “interregnum” between the old and the technological regimes and a deeper understanding of the characteristics of an era of ferment may prove to be valuable for designing a more effective approach to combat medicines counterfeiting. For top managers in pharmaceutical supply chains and IT specialists responsible for the implementation of the technological strategies, a better diagnosis of the disruptive potential of a new technology such as RFID may improve their technological strategies to circumvent counterfeiting. Furthermore, the era of ferment may be viewed as a necessary evolution through different variations that will eventually lead to a dominant design. Such dominant design represents a winning arrangement of technological options, and in this case, a combination of verification systems and data carriers. However, the dominant design needed for effective anti-counterfeiting technological strategies

will not be selected solely based on economic and technological grounds but will rather emerge from the convergence of social, political, and institutional pressures.

4.8 References

- Aichlmayr, M. (2007). Bitter Pill. Published in *Material Handling Management*, Tiré de: http://mhmonline.com/facilities-management/mhm_imp_5819/S
- Al-Omiri, M. (2007). A Preliminary Study Of Electronic Surveys As A Means To Enhance Management Accounting Research. *Management Research News*, Vol. 30 (7), 510-524
- Ansari, S.M. & Garud, R. (2009). Inter-Generational Transitions in Socio-Technical Systems: The Case of Mobile Communications, *Research Policy*, Vol. 8 (2), 382-392.
- Axway (2008). Counterfeiting, Diversion, Fraud, A Layered, Standards-Based Approach To Protecting The Pharmaceutical Supply Chain: Axway. Tiré de: <http://www.axway.se>
- Bacheldor, B. (2007). HP, Nosco, SupplyScape, Systech Intl. Team Up on E-Pedigree Solution. Tiré de: <http://www.rfidjournal.com/article/view/3670>
- Barlas, S. (2008). Complying with Track and Trace. Contract pharma website. Tiré de: <http://www.contractpharma.com/articles/2008/05/complying-with-track-and-trace> [accessed 20/6/2010].
- Basta, N. (2008). Product Security Perspective: Protecting the Brand, Pharmaceutical Commerce. Tiré de: http://www.pharmaceuticalcommerce.com/frontEnd/991-serialization_antcounterfeiting_pedigree_RFID_taggants_barcode.html
- Bobée, J. (2009). How Technology Can Help To Fight Counterfeits? Apport de la Technologie Dans la Lutte Contre la Contrefaçon de Médicaments. *STP Pharma Pratiques*, Vol. 19, 29-40.
- Bonser, A., Bobée, J.M. & Friedrich, M (2009). EFPIA Coding and Identification of Pharmaceutical Products Project Update.
- Bosworth, D. L. (2009). Counterfeiting in Global Pharmaceuticals Sector: Its Consequences and Management. *International Journal of Intellectual Property Management*, Vol. 3, 343-356.
- Boyer, K.K., Olson, J. R., Calantone, R. J. & Jackson, E. C. (2002). Print Versus Electronic Surveys: A Comparison Of Two Data Collection Methodologies. *Journal of Operations Management*, Vol. 20 (4), 357-373.
- BRIDGE. (2009). Case Study, Bridge WP6 project-Pharma Traceability Pilot. Tiré de: <http://www.bridge-project.eu/index.php/bridge-public-deliverables/en/>

- Brooks, M., & Button, K. (2006). Market Structures And Shipping Security. *Maritime Economics # 38; Logistics*, Vol. 8, 100-120.
- Chakrabarti, I. (2003). An Auto-ID Based Approach to Reduce Counterfeiting in the U.S Pharmaceutical Supply Chain, in Master of Science, Massachusetts Institute Technology. Tiré de: <http://dspace.mit.edu/bitstream/handle/1721.1/28568/57456391.pdf?sequence=1>
- Chen, R. S., Chen, C. C., Yeh, K. C., Chen, Y. C. & Kuo, C. W. (2008). Using RFID Technology In Produce Traceability, In Proceedings of the 10th WSEAS International Conference On Mathematical Methods, Computation Techniques And Intelligent Systems, 21-425.
- Cheung, M. S., & Myers, M. B. (2008). Managing Knowledge Sharing Networks In Global Supply Chains. *International Journal of Management and Decision Making*, Vol. 9, 581-599.
- Choi, S.H. & Poon, C.H. (2008). An RFID-based Anti-counterfeiting System, *IAENG International Journal of Computer Science*, Vol. 35 (1), 1-12.
- Conti, M., Di Pietro, R. & Spognardi, A. (2011). Who Counterfeited My Viagra, Probabilistic Item Removal Detection Via RFID Tag Cooperation, *Journal On Wireless Communications and Networking*, Vol. 13.
- Crawford, S. D., Couper, M. P. & Lamias, M. J. (2001). Web Surveys Perceptions of Burden. *Social Science Computer Review*, Vol. 19 (2), 146-162.
- Creswell, J.W. (1994). Qualitative and Quantitative approaches: Sage Publications. Thousand Oaks, CA.
- Dahod, S. and Kontnik, L.T. (2004). Safe and Secure, in PharmExec.com, Septembre 1, 2004
- EAASM. (2008). The Counterfeiting Superhighway. Tiré de: http://v35.pixelcms.com/ams/assets/312296678531/455_EAASM_counterfeiting_report_020608.pdf
- EFPIA. (2005). The anti-counterfeiting of medicines: European Federation of Pharmaceutical Industries and Associations, White paper, November 2005, 13 p.
- EFPIA. (2008). Towards safer medicines supply, Business case. Brussels: European Federation of Pharmaceutical Industries and Associations, Business case, Version 4.0, January, Brussels, 21 p.
- EFPIA. (2010). EFPIA Product Verification Project - Joint Final Report, Business case, Version 1.0, April, Brussels, 34 p.
- Everts, S. (2010). Fake Pharmaceuticals. Tiré de: <http://pubs.acs.org/cen/science/88/8801sci1.html>
- Faber, P. (2007). RFID Strategy - Pharmaceutical E-Pedigrees and RFID, Tiré de: http://www.industryweek.com/articles/rfid_strategy--pharmaceutical_e-pedigrees_and_rfid_15180.aspx
- FDA (2006). FDA Counterfeit Drug Task Force Report: 2006 Update, in FDA.

- Fosso Wamba, S., Keating, B., Coltman, T. & Katina, M. (2009). RFID Adoption Issues - Analysis of Organizational Benefits & Risks. May 2009.
- Funk, J.L., (2008). Systems and Technological Discontinuities. Lessons from the IT Sector, *Long Range Planning*, Vol. 41 (5), 555-573
- Gallagher, J., & Colaizzi, J. (2000). Issues in Internet Pharmacy Practice. *The Annals of Pharmacotherapy*, Vol. 34 (12), 1483-1495.
- Gardener, A. (2010). Fake Drugs Bought on the Web Pose Big Health Risks, Tiré de: <http://healthday.com/Article.asp?AID=635386>
- Hair, J., Anderson, R., Tatham, R. & Black, W. (1997). Multivariate Data Analysis: Upper Saddle River, NJ: Prentice-Hall; 1997.
- Hammervoll, T. & Toften, K. (2010). How Can Supply Chain Managers Classify and Differentiate Supply Chain Partners?. *International Journal of Networking and Virtual Organisations*, Vol 7 (1), 112-131.
- Harris, G. (2004). Tiny Antennas to Keep Tabs on U.S. Drugs. Tiré de: <http://www.nytimes.com/2004/11/15/health/15drug.html>
- HDMA (2003). Protecting Safety and Improving Efficiencies in the Health Care Supply Chain - Using Electronic Product Codes, 2003.
- Health-Canada. (2009). Good Manufacturing Practices GMP Guidelines. Tiré de: http://www.hc-sc.gc.ca/dhp-mps/alt_formats/hpfb-dgpsa/pdf/compli-conform/gmp-bfp/docs/gui-0001-eng.pdf.
- Heerwegh, D., Vanhove, T., Matthijs, K. & Loosveldt, G. (2005). The Effect of Personalization on Response Rates and Data Quality in Web Surveys. *International Journal of Social Research Methodology*, Vol. 8 (2), 85 -99.
- Howe, N., Goldner S. & Fenning, C. (2007). Drug Pedigrees: Your Supply Chain Needs Them: Are You Ready?, *Pharmaceutical Engineering*, Vol. 27 (6).
- ICC. (2011). Hostage-taking At Sea Rises to Record Levels, Says IMB, Counterfeiting Intelligence Bureau. Tiré de: <http://www.icc-ccs.org/news/429-hostage-taking-at-sea-rises-to-record-levels-says-imb>
- Jagers, S. (2010). 2D Data Matrix Barcoding in Pharma: Towards safer drug supply. *RF Waves*, Vol. 1, 8-10.
- Jameson, R., Chin, J., Peo, F., Gonzales, L., & Lorence, D. (2009). Using IP law as a medical patient safety tool: efforts from the US and China. *International Journal of Intellectual Property Management*, Vol. 3, 155-168.

- Kelly, B. (2004). Securing the Drug Supply from Counterfeiting Protects Brand Profits, *Pharmaceutical Manufacturing and Packaging Sourcer*, Winter 2004.
- Kiernan, N.E., Kiernan, M. Oyler, M.A. & Gilles, C. (2005). Is a Web Survey as Effective as a Mail Survey: A Field Experiment Among Computer Users. *American Journal of Evaluation*, Vol. 26 (2), 245-252.
- Krotov, V. & Junglas, I. (2008). RFID as a Disruptive Innovation, *Journal of Theoretical and Applied Electronic Commerce Research*, Vol. 3 (2), 44-59.
- Lee, H. & Özer, Ö. (2007). Unlocking the Value of RFID. *Production and Operations Management*, Vol. 16, 40-64.
- Lee, Y.K., Batine, L., Singelee, D., Preneel, B. & Verbauwhede, I. (2010). Anti-counterfeiting, Untraceability and Other Security Challenges for RFID Systems: Public-Key-Based Protocols and Hardware, *Information Security and Cryptography*, Vol. 5, 237-257.
- Lefebvre, L.A., Lefebvre, E., Bendavid, Y., Fosso Wamba, S. & Boeck, H. (2005). The Potential of RFID in Warehousing Activities in A Retail Industry Supply Chain. *Journal on Chain and Network Science*, Vol. 5 (2), 101-110.
- Lefebvre, E., Bendavid, Y. & Lefebvre, L.A. (2008). Open Innovation Strategies in Shaping Technological Progress: The Case of RFID, The Third European Conference on Management Technology (EUROMOT), Nice, France.
- Lutton, E., Regan B. & Skinner, G. (2009). The role of Radio Frequency Identification and Bar Code Technologies. *Journal of Mathematical Methods and Applied Computing*, 164-169
- Matalka, M. S., Visich, J. K., & Suhong, L. (2009). Reviewing the Drivers and Challenges in RFID Implementation in the Pharmaceutical Supply Chain. *International Journal of Electronic Business*, Vol. 7, 473-490.
- Moszynski, P. (2011). New Patent Rules Boost Profits While Safe Drugs Elude the World's Poor, Says Oxfam, *British Medical Journal Publishing Group*, Vol. 342, 815-826.
- Murphy, S.A. (2009). Logistics technology: Pfizer places an accent on security. *Logistics Management*, Vol. 18.
- NAFDAC. (2008). 39 Die in Lagos Pipeline Fire. Tiré de: <http://allafrica.com/stories/200805160001.html>
- OECD. (2008). The economic impact of counterfeiting and piracy: OECD. Paris: OECD publishing.
- OECD. (2009). OECD annual report 2009: OECD publishing Tiré de: <http://www.oecd.org/dataoecd/38/39/43125523.pdf>

- Ofodile, U. U. (2009). Global Trade Rules, Competition Law and Patent Rights: Competition Law and Access to Medicines. *International Journal of Liability and Scientific Enquiry*, Vol. 2, 1-25.
- Palaniswami, S., Jenicke, L., Okonkwo, P. & Kang, H. (2010). Risk Assessment and Security Measures in Supply Chain Networks. *International Journal of Procurement Management*, Vol. 3 (1), 1-11.
- Peterson, A. (2005). A Survey of Selected Internet Pharmacies in the United States. *Journal of American Pharmaceutical Association*, Vol. 41 (2), 205-212.
- Pormieks, V. & Glinters, E. (2008). RFID Protocol Evaluation Using Bayesian Networks. Proceedings of the 11th WSEAS International Conference on Automatic Control, Modelling and Simulation.
- Potdar, M., Chang, E. & Potdar, V. (2006). Applications of RFID in Pharmaceutical Industry. Presented at IEEE International Conference on Industrial Technology, 2860-2865.
- Rittenburg, J. (2007). Follow-up Comments to the April 13, 2007, *IMPACT technology review held in Prague, Czech Republic*: IMPACT.
- Schuster, E., Allen, S., & Brock, D. (2007). Global RFID: the value of the EPCglobal network for supply chain management: Springer Verlag.
- Sheffi, Y. (2004). RFID and the Innovation Cycle. *International Journal of Logistics Management*, Vol. 15 (1), 1-10
- Srinivasan, R. (2010). Supply Chain Immunity: A Methodology for Risk Management. *International Journal of Services Sciences*, Vol. 3 (1), 1-20.
- Stockman, H. E., (1948). Communications by Means of Reflected Power. Proceedings of the *Institute of Radio Engineers*, Vol. 36 (10), 1196–1204.
- Sujovit, D. (2009). Track 'n' trace: Securing the Drug Supply Chain, From Cognizant's RFID Center of Excellence, discusses the drug supply chain. *Pharma*.
- Sullivan, L. (2008). UPDATE: Walgreens Gets RFID. Tiré de: <http://www.rfid-world.com/news/210601882>
- Swedberg, C. (2008). Nigerian drug Agency opts for RFID anticounterfeiting technology. Tiré de: <http://www.rfidjournal.com/article/view/7856/1>
- Swedberg, C. (2010). All Eyes on FDA for Drug E-Pedigree. Tiré de: <http://www.rfidjournal.com/article/articleview/4013/>
- Tajima, M. (2007). Strategic Value of RFID in Supply Chain Management, *Journal of Purchasing & Supply Chain Management*, Vol. 13, 261-273.

- Tashakkori, A. & Charles, T. (1998). *Mixed methodology: Combining Qualitative and Quantitative approaches*: Sage Publications. Thousand Oaks, CA.
- Thiesse, F., & Condea, C. (2009). RFID Data Sharing in Supply Chains: What is the Value of the EPC Network?, *International Journal of Electronic Business*, Vol. 7, 21-43.
- The observer (2009). eBay Medicines ‘a risk to child health, Tiré de: <http://www.guardian.co.uk/technology/2009/jun/21/eBay-children-online-medicines-pharmaceuticals>
- Tushman, M. L. & Anderson, P. (1986). Technological Discontinuities and Organizational Environments, *Administrative Science Quarterly*, Vol. 31 (2), 439-465.
- Tushman, M.L. & Rosenkopf L. (1992). Organizational Determinants of Technological Change: Toward a Sociology of Technological Evolution. *Research in Organizational Behaviour*, Vol. 14, 311-347.
- Umbach, P. D., (2004). Web Surveys: Best Practices, *New Directions for Institutional Research*, 121
- Warner, J. (2009). Secure RFID Systems for Supply Chain Applications. *International Journal of Electronic Business*, Vol. 7, 58-67.
- Weier, M.H. (2006). Two Years IN, RFID's Not The Cure. In *Information Week*, 20 november 2006.
- White, A., Johnson, M. & Wilson, H. (2008). RFID in the Supply Chain: Lessons from the European Early Adopters, *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, Vol. 38 (2), 88-107.
- WHO. (2005). Counterfeit medicines: WHO. Tiré de: http://www.wpro.who.int/health_topics/counterfeit_medicines/
- WHO. (2006). Counterfeit medicines: an update on estimates: WHO. Tiré de: www.who.int/medicines/services/counterfeit/impact/TheNewEstimatesCounterfeit.pdf
- WHO. (2010). Medicines: counterfeit medicines” Tiré de: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs275/en/>
- Williams, Z., Lueg, J., & LeMay, S. (2008). Supply Chain Security: An Overview and Research Agenda. *The International Journal of Logistics Management*, Vol. 19 (2), 254-281.
- Yang, M.-H. (2010). Lightweight Authentication Protocol for Mobile RFID Networks. *International Journal of Security and Networks*, Vol. 5, 53-62.
- Zuo, Y. (2011). Survivability Enhancing Techniques for RFID Systems, *International Journal of Handheld computing research*, Vol. 2 (1), 25-40.

Appendix 4.1. Theoretical justification of the relative merits of RFID

RFID Advantages	
No line of sight required	Brooks, 2006; Aichlmayr, 2007; Lefebvre, Bendavid and Lefebvre 2008; Pormieks and Glinters, 2008; Chen at al., 2008
Multiple tag and multi-item reading	Brooks, 2006; Tajima, 2007; Lefebvre, Bendavid and Lefebvre 2008; Pormieks and Glinters, 2008
Read and write capability	Lefebvre, Bendavid and Lefebvre 2008; Luton, Regan and Skinner, 2009
Superior data capacity	Lefebvre, Bendavid and Lefebvre 2008; Pormieks and Glinters, 2008; Luton, Regan and Skinner, 2009
Data sharing between partner	Tajima, 2007; Lefebvre, Bendavid and Lefebvre 2008
Added intelligence	Tajima, 2007; Lefebvre, Bendavid and Lefebvre 2008
Automated and continuous real time data collection	Schuster, Allen and Brock, 2007; Lefebvre, Bendavid and Lefebvre 2008; White, Johnson and Wilson, 2008
Difficult to reproduce	Chakrabarti, 2003
Full track and trace	HDMA, 2003; Sujovit, 2009
Mass serialization	HDMA, 2003; Howe, Goldner, Fenning, 2007
Inventory control while keeping stocks visible	Kelly, 2004; Brooks, 2006; Tajima, 2007; Pormieks and Glinters, 2008
Shipping/receiving accuracy	Tajima, 2007; Pormieks et Glinters, 2008
Management of product recall	Sujovit, 2009
Management of expiration date	Sujovit, 2009
Reduction of material handling	Kelly, 2004; FDA, 2006; Tajima, 2007;
Reduction of thefts and products substitutions	FDA, 2006; Pormieks and Glinters, 2008
RFID Drawbacks	
Lack of standards common and established	FDA, 2006; White, Johnson and Wilson, 2008; Murphy 2009
Problems with liquid products	Dahod and Kontnik, 2004; FDA, 2006
Problems with reading accuracy	White, Johnson and Wilson, 2008; Bobée, 2009
Concern about ownership of data	FDA, 2006; White, Johnson and Wilson, 2008
Conflicting issues about implementing responsibilities	White, Johnson and Wilson, 2008
Privacy concerns	FDA, 2006; Weier, 2006; Pormieks and Glinters, 2008]
Costs	Brooks, 2006; Aichlmayr, 2007; Pormieks and Glinters, 2008; Fosso Wamba and al., 2009; Luton, Regan and Skinner, 2009
Popularity of barcodes	Tajima, 2007

CHAPITRE 5 IMPROVING THE HOSPITAL PHARMACY LOGISTICS FUNCTION THROUGH THE ADOPTION OF BARCODES AND RFID: TOWARDS A HYBRID SOLUTION⁷

Abstract:

While previous research tends to be widely focussed on the external logistics for medicine management (pharmaceutical supply chain) and on the medication process (administration of doses to the patient), there is little empirical evidence on the opportunities for improving the internal logistics related to the hospital pharmacy. The paper focuses on this under investigated issue and presents empirical evidence from a field study that was conducted over a period of two years in four hospitals that represent the primary research sites.

From the reception of medicines at hospital docks to their distribution for dose preparation, the study identifies an important number of inefficiencies. The analysis of the five levels of medicines packaging and of the corresponding information required at each level allows a better assessment of the appropriateness of a track and tracing system for improving the hospital pharmacy logistics. Results also demonstrate that the relative importance of the benefits derived from such a system differ depending on the chosen configuration, i.e. a track and trace system based on a barcodes only configuration, a RFID only configuration or a hybrid configuration. The hybrid configuration, combining RFID technology for tracking cases, bundles and bins, and barcodes for identifying primary packages, seems to be, taking into account the contextual constraints, the most promising solution: it holds the potential to improve the pharmacy efficiency and accuracy, to strengthen inventory visibility, to reduce inventory cost, to improve readiness of purchase orders, to decrease supply cycle times, to reduce manual labour, to strengthen patient security, and, to support waste management and reverse logistics activities.

Keywords: *Logistics activities, barcodes, RFID, hospital pharmacy, medicines management, track and trace system.*

⁷ Alejandro Romero, Élisabeth Lefebvre and Louis A. Lefebvre, (2012), Improving the hospital pharmacy logistics function through the adoption of barcodes and RFID: Towards a hybrid solution, *International Journal of Healthcare Technology and Management*, (article soumis pour publication).

5.1 Introduction

The health sector in industrialized countries has been facing a deep crisis for several years. Public and private institutions need to adapt their health systems to the economical, demographical, technological and organizational reality (HFMA, 2008). Several studies show that important savings and improvements can be reached if healthcare institutions redesign their operation and management processes (US department of Health and Human Services, 2009; Bendavid and Boeck, 2011). In particular, healthcare managers are focusing on their logistics operations since it represents the largest expense in hospital budgets (West, 2002). Indeed, between 20% and 50% of every dollar allocated to hospitals is spent in the supply of medical material resources and their management (Davis et al., 2007; Langabeer, 2008; Joint Commission's Public Policy Initiatives, 2009). In fact, healthcare institutions can reduce their operation costs by introducing managerial and technological transformations (Christensen et al., 2009) that may generate savings of the order of 8% (Haavik, 2000; West, 2003) and improve the quality of services (West, 2003). This paper focuses on the technological transformations, in particular the adoption of innovative Information and Communication Technologies (ICT). Such adoption triggers many concerns and constitutes a new paradigm for patients, healthcare givers, pharmacists, government, medical insurance providers and especially medical suppliers –i.e. pharmaceutical manufacturers and equipment providers (Jones, 2010). More specifically, Automatic Identification and Data Capture technologies (AIDC), such as barcodes or Radio Frequency Identification (RFID), hold a strong potential for improving the hospital processes. Although the literature presents strong evidence about the benefits of integrating AIDC technologies for logistics processes outside the hospital (external supply chain), very little research has been published on the benefits to integrate these technologies in the internal logistics processes (Wicks et al., 2006; Bendavid et al., 2010). This paper attempts to gain a better understanding of this under investigated issue.

The objectives of this paper are twofold: 1) to assess the current situation, the existing inefficiencies, the levels of medicines packaging throughout their cycle of life and associated required information, and 2) to analyse the benefits derived from the adoption of a track and trace solution based on barcode and/or RFID technologies for the logistics processes of the hospital pharmacy. This paper is structured as follows: the next section presents an overview of logistics processes related to the medicine management. The third section presents track and trace solutions and gives a brief overview of barcodes and RFID technologies. The fourth section exposes the methodology used in the field study. The fifth section presents and discusses the preliminary results while the last section 7 offers some concluding comments/ remarks.

5.2 Healthcare logistics

5.2.1 Supply chain management

From the healthcare perspective, the supply chain management is characterized "by the information, goods and money necessary to purchase and transfer the goods and services from the supplier to the final user in order to control costs" (Schneller et al., 2006, p10). It is estimated that the healthcare supply chain management spends hundreds of millions of dollars per year (Ontario Buys & Healthcare Supply Network, 2007), which suggests that hospital financial priorities must be re-defined.

The healthcare supply chains are more complex and more immature compared to other industries (Schneller et al., 2006; Langebeer, 2008; Mustaffa and Potter, 2009). This can be explained by different reasons. First, supply chain management has an impact on human health requiring adequate and accurate medical supply conforming to the patients' needs (Beier, 1995). If medical supplies are out-of stock, distributed to the wrong patient or are prepared inadequately, patients may experience adverse events, and in some cases death (Boulet, 2001; Shaeffer, 2009). In fact, it is estimated that one million medication errors occur each year in U.S. (Kuperman et al., 2007) accounting for 7,000 deaths and entailing a cost of about \$2 billion a year (Kohn and Carrigan, 2000). Second, medical products, medicines and equipment are not totally standardized. Medical professionals are responsible of their selection, but their choice depends on the physical characteristics and health status of each patient (Schneller et al., 2006). Indeed, they can request different kinds of products for patients undergoing the same treatment. Consequently, several products, medicines and equipment are required, resulting in differentiated and complex health services and generating negative impacts on the hospital finances (Schneller et al., 2006). Third, hospital operations must deal with a complex distribution network composed of several storerooms and warehouses where different medical supplies are stored following a variety of regulations (Rivard-Royer et al., 2002). Fourth, caregivers conduct a staggering number of logistics activities that do not fall under their formal responsibilities: For instance Landry and Philippe (2002, p. 3) estimated that "nursing staff will spend on average 10% of their time performing logistics tasks instead of taking care of patients, which can not only have cost and care implications, but in countries where there is a shortage of healthcare professionals, social implications as well, such as stress related diseases". Fifth, healthcare supply chains are characterized by multiple stakeholders that work together in order to ensure the flow of products and services. Inside and outside hospital, medicines management requires a wide variety of human intensive processes which are poorly supported by technology (Schneller et al., 2006; Mustaffa et al., 2009). This results in an increased of workload and a higher possibility of errors. Sixth, healthcare supply chains are high regulated and must respect a number of standards and procedures (Meiller and

Bureau, 2009). In fact, national and international healthcare organizations and government have defined several standards for the distribution, storage, preparation and administration of medical products and materials (Potdar et al. 2006). Finally, healthcare supply chains are vulnerable to terrorism and criminal facts. According to many observers, this industry experiences a strong possibility of being affected by the presence of counterfeited products (Brooks and Button, 2006; Palaniswami et al., 2010; Srinivasan, 2010). From the above-mentioned reasons, one can conclude that healthcare supply chains are indeed inherently complex.

5.2.2 Hospital pharmacy

The hospital pharmacy plays a vital role in patient care. Its main objective is to ensure the 5R's of patient security - i.e., to provide the right drugs, in the right dose, to the right patient, at the right time, through the right route (Sakowski et al., 2005). It focuses on ensuring that the prescribed medication is precisely and timely dispensed to the intended patient (Pedersen et al. 2009). The hospital pharmacy must purchase, store and distribute medicines. These activities are known as pharmacy logistics processes, which are under the responsibility of specialized staff because medicines must be managed under specific conditions and standards. Logistics activities include (i) planning of medicine supply, (ii) request of purchase order, (iii) reception of medicines, (iv) validation of package delivery, (v) fitting and sorting of medicine packages, (vi) storage, (vii) preparation for distribution, (viii) distribution of medicines to the primary and secondary pharmacies and to automated equipment, and (ix) reverse logistics.

Hospitals in general and hospital pharmacies in specific look forward for reducing operation costs while ensuring the patient security (Scott-Cawiezell et al., 2009). However, pharmacy logistics processes are related to several issues that impact negatively the cost and quality of the medication services. Several studies show different inefficiencies, namely out-of-stock (Danas et al., 2002; West, 2003; Breen and Crawford, 2004; Dongsoo, 2005), high costs (West, 2003), excessive manual labour (Rosseti et al., 2008; Dreyer et al. 2010), shrinkage (Danas et al., 2002; Vila-Parrish et al., 2008; Rosseti et al., 2008), high frequency of reorders (Danas et al., 2002; Rosseti et al., 2008), counterfeit products (Schuster et al., 2007; Basta, 2008; Lefebvre et al., 2011) and product recalls (Schuster et al., 2007).

Improving the efficiency of this logistics function is an indispensable option for ensuring the profitability of the healthcare organizations. Past research work shows that hospital pharmacy can adopt several managerial approaches such as Just-In-Time (Danas et al., 2002; Breen and Crawford, 2004), Virtual Inventory (Danas et al., 2002), Stockless Materials Management Programs or Vendor Managed Replenishment (VMR) (Landry and Philippe, 2004; Chandra, 2008), Collaborative Planning, Forecasting and Replenishment (CPFR) (Breen and Crawford, 2004; Chandra, 2008; Dreyer et al. 2010), simulation

and outsourcing (Rossetti et al., 2008). These managerial transformations must be supported by information technologies, namely Exchange Data Interchange (EDI) (Danas et al., 2002; Breen and Crowford, 2004; Dreyer et al. 2007), e-commerce (Breen and Crowford, 2004; Chandra, 2008; Dreyer et al. 2010), barcode and RFID (Bussi res and Lebel, 2009; Barchetti et al., 2010; Jones et al., 2010).

5.2.3 The medicine value chain and the hospital pharmacy logistics function

Because the management of medicines is related to several issues from their development until their administration to the patient or final disposal, we have opted for a “product centric” approach. Figure 5-1 builds on previous work related to product value chains (Porter and Millar, 1985) and proposes a generic and simplified product value chain for medicines that includes the full range of activities required to bring medicines from production to their delivery to the patients in the hospital.

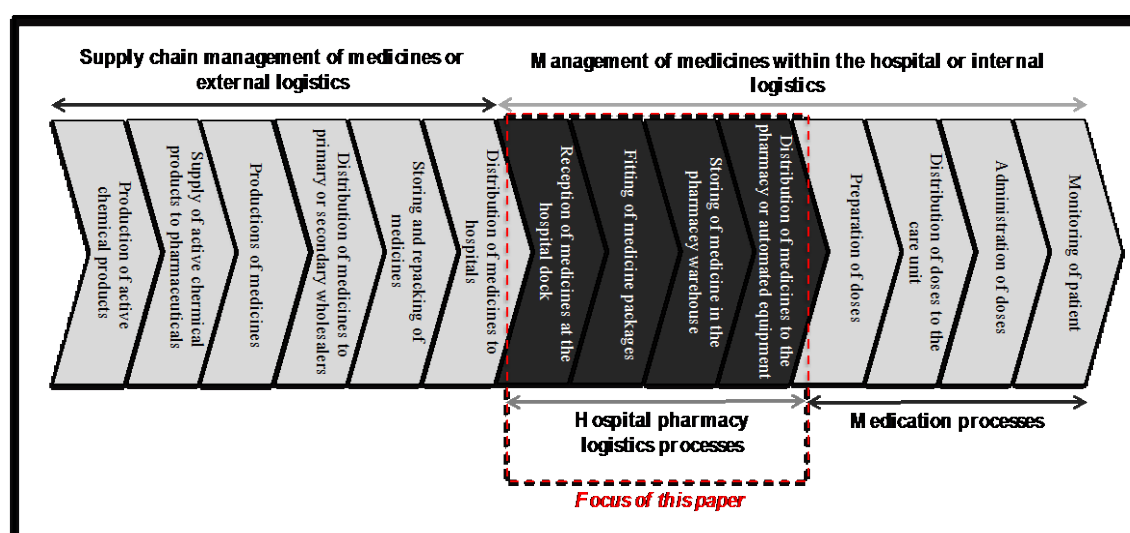


Figure 5-1: Medicines value chain

The medicines value chain can be divided into two groups of main activities, namely the supply chain management of medicines or external logistics (left hand side of Figure 5-1) and the management of medicines within the hospital or internal logistics (right hand side of Figure 5-1). External logistics include at upstream level the planning and procurement of active chemical products for medicines production and, at downstream level, the management of distribution channels including all the necessary processes (for example repacking and storing) in order to deliver medicines at the hospital docks. Internal logistics concentrate on managing the flow of medicines from their reception to their administration to patients or their final disposal and can be divided into two sets of processes: 1) the hospital pharmacy logistics processes that are related to the management of medicines before they are broken down at unit level or dose, and, 2) the medication processes which include the preparation of doses, distribution to the care units, administration and patient monitoring.

The medicines value chain entails several kinds of activities that are under the responsibility of a large number of actors. Each activity is related to different issues that impact the right utilisation of the product. The analysis of the entire medicines value chain represents a rather ambitious undertaking. Within the scope of this paper, the focus is on the hospital pharmacy logistics processes (Figure 5-1). Such selection is motivated by the fact that the hospital pharmacy is responsible for the management of medicines that represent an asset of high importance for the healthcare sector (Kohn and Carrigan, 2000; AHQ, 2006; Romero et al., 2009). Moreover, current practices for the management of medicines are linked to the increasing costs of healthcare services (Mongan, Ferris and Lee 2008; Civan and Köksal, 2010), to the production of medicine wastes having a negative impact on the environment (Lin and Tsai, 2009) and to logistics errors producing adverse medical events (Kohn and Carrigan, 2000).

5.3 Track and trace system for improving logistics processes

5.3.1 Past and current initiatives

Track and trace or traceability systems could improve the efficiency of healthcare services and enhance the logistics processes (Mustaffa et al., 2009; Lin et al., 2010; Liu et al., 2010), both externally (i.e. at the supply chain level) and internally (i.e. at the organizational level).

A track and trace system enables the identification of medicines either at pallet, box, package or unit level throughout their cycle of life. The pharmaceutical industry has relied on this kind of system for serializing medicines at unit level which allows, apart from improving logistics activities, to verify the medicines authenticity and their integrity at any point of the supply chain (Potdar et al, 2006; Schuster et al., 2007; Bobée, 2009). Indeed, a track and trace system at the unit level may prevent the introduction of counterfeit medicines in the legal supply chain (Lefebvre et al., 2011). For hospitals, track and trace solutions bring the capacity to identify in real time medicines, patients and healthcare staff, leading to the reductions of both medical errors and costs of healthcare services while at the same time increasing the effectiveness healthcare services (Crane, 2000, Chen 2010, Romero et al., 2011). Studies have shown that these solutions can reduce at least 50% of medication errors (FDA, 2006), and reduce the workload of staff by automating repetitive or routine activities (Bendavid et al., 2010).

A track and trace system requires two main components: a middleware to support the data exchange and a data carrier to identify medicines (Schurenberg, 2006). To accomplish this last requirement, medicines must be labelled using a unique fingerprint which must have enough data capacity for carrying the serialized number and extra information. Depending of the application, the data carrier must hold the pharmaceutical product code (Global Trade Item Number, GTIN) or the Health Industry Barcode standard (HIBC), the serial number, the expiry date and the batch code. The healthcare sector appears to be

ambivalent about the relative advantages of the different AIDC technologies for serialization (Michael et al., 2006; Meiller and Bureau, 2009; Lefebvre, 2011, Romero et al., 2011). Specifically, two technological solutions are evaluated and tested as data carriers: the “mature”, well established and proven technology, namely barcodes and the “emergent” and disruptive technology, known as RFID. Since the RFID technology offers some superior advantages, although not yet totally demonstrated, compared to barcodes (Wicks et al., 2006), several authors estimate that the RFID will replace the barcode. Nevertheless, RFID technology does not seem to vanquish its rival (Lefebvre et al., 2011). Given the resilience of barcodes and the high expectations for the RFID technology, some authors are assessing the advantages of the coexistence of both technologies into the same system for tracking and tracing objects (Michael et al., 2006; Schmidh et al., 2010; Nathanson and Wimmer, 2010).

5.3.2 The mature, well established and proven technology: barcodes

This data carrier is not a new concept. Its first patent was issued in 1952 and used for the first time in 1974 for identifying a single pack of Wrigleys Juicy Fruit chewing gum (Fox, 2011). Since its first industrial application, barcodes have been used in supermarkets, in retail stores, and by postal and courier services to track post parcels and packages. Barcodes have also found applications in the healthcare industry. Patients, medical staff, equipments and furniture can be electronically identified using a wristband or label with a barcode. This technology is considered to have improved the productivity, the reliability and the security of the healthcare sector. In the case of the hospital pharmacy, medicines can be identified by scanning the sequence of empty and full bars arranged in a parallel configuration tag by an optical scanner (Finkenzeller, 2003). This mode of identification is proven more effective than manual data entry. It takes manually 6 seconds to enter 12 characters in a computer application while it takes only 300 milliseconds scanning a 12-characters barcode (Dumitru, 2009). For pharmacy logistics activities, barcodes could also enhance the visibility of inventory (ISMP Medication Safety Alert, 2001). Despite these benefits, barcodes present some important drawbacks: item-by-item scanning, line of sight required, manual reading, no read and write capacity, difficult reading in harsh environments, limited data capacity and, no capacity for data processing (Fosso Wamba et al., 2006).

While linear or 1D barcodes can store a limited amount of information, usually less than 40 characters, 2D barcodes can hold more information (Millet and Jeannin, 2004). The two most used versions are Data Matrix and Aztec Code that could both carry up to 128 Kbytes of data (Dumitru, 2009). These standards are used to identify products within a reduced surface. Healthcare actors have shown a special interest for the Data Matrix standard. At the pharmaceutical level, Data Matrix adoption has been assessed by the *European Federation of Pharmaceutical Institutions and Associations EFPIA*, *GS1*, and in different countries such as France, Germany, Turkey, Spain and Italy, among others. At the hospital level,

barcodes have been highly adopted to support the administration of medicines of patients and the distribution of doses to the care units (ISMP Medication Safety Alert, 2001).

5.3.3 The emergent and disruptive technology: RFID

RFID is not a new technology, but it has only recently gained new life. It was first used over sixty years ago by Britain to identify aircraft in World War II. RFID is considered as “one of the ten greatest contributory technologies of the 21st century” (Chao et al., 2007, p. 1) and as “the most promising approach to provide reliable and timely track and trace information” (Wigand and Wood, 2001, p. 506). However, it also represents a disruptive and competence destroying innovation (Lefebvre et al., 2005), which seems to slow its widespread adoption. RFID technology uses radio frequency waves to automatically identify objects. A RFID system typically consists of a tag, an antenna, a reader and a middleware (Anoraganingrum et al., 2009). Data capacity of a RFID tag is typically 128 bytes for passive tags. But, tags can support more data if they are furnished with batteries such as active tags. Passive tags permit to hold the information necessary for an adequate identification of any object, including medicines (Wicks et al., 2006; Boeck and Fosso Wamba, 2008; Zhang, 2009).

RFID technology has caught the attention of pharmaceutical and healthcare industries since this data carrier can overcome the barcodes drawbacks (Aguado et al., 2007): it doesn't require a direct line of sight, several objects can be identified at the same time, it has a read and write capacity, RFID tags can be read in harsh environment and it holds an important data capacity. In 2006, the FDA concluded that the main applications for the healthcare sector are: (i) inventory control of medical stores, (ii) management of supply of pharmaceuticals and other medical tools, (iii) identification of staff healthcare and patients and, (iv) control of assets. RFID technology, considered by many academics as the future engine of competition in the supply chains (Gaukler and Seifert, 2007; Curtin et al. 2007; Wang 2010), became a focal point for resolving the problems experienced in the healthcare industry. For the hospital pharmacy, RFID enables to automatically track and trace in real time and generate potential benefits in terms of product recalls, reverse logistics, and counterfeiting (Bardaki et al. 2007; Schuster et al. 2007; Wang 2010). RFID technology could also improve the security of patients during the administration of doses (Thuemmler et al., 2007, Romero et al., 2011). At pharmaceutical supply chain level, RFID integration has been evaluated by Foods and *Drug Administration FDA*, *GS1*, Florida and California government, pharmaceutical and distributors companies, among others. RFID adoption within healthcare organizations has also been analysed by *GS1* and many hospitals around the world. However, the choice between RFID and barcodes as a preferred data carrier is not yet clear. In particular, there is so far no consensus between all the stakeholders involved in the management of medicines and the choice between barcodes and RFID seems to be difficult (Lefebvre et al., 2011).

5.3.4 Hybrid solution

Several healthcare actors are convinced that, in the near future, barcodes will not be totally replaced by RFID tags and some are developing track and trace solution using both technologies (Michael et al., 2006; Nathanson and Wimmer, 2010). Barcode and RFID technology can coexist in the same system in order to combine their technological merits and to bring more value to the final user into a more universal and cost-effective solution. Barcode and RFID coexistence is getting attention from some researchers. This coexistence could arise from either the **convergence** of these two technologies (Nathanson and Wimmer, 2010), the **migration** from barcodes to RFID (Michael et al., 2006) or the **hybridisation** between barcode and RFID (Michael et al., 2006, Lefebvre, et al., 2011, Romero et al., 2011).

RFID could **converge** with barcodes to provide additional redundancy and visibility, to enhance and add functionality and to enable migration paths to more advanced technological solutions (Nathanson and Wimmer, 2010). Because its characteristics, RFID technology can be combined with other technologies such as IP networks, sensor networks, Internet, mobile phones, wireless networks, Bluetooth, social networks, peer-to-peer networks, SMS and optical networks (Jarupan, 2005; Goshey, 2006) and, specially, barcodes (Barchetti et al., 2010; Nathanson and Wimmer, 2010). These technologies can converge into the same system to bring extra value to the organisation or to the final users. According to Nathanson and Wimmer (2010), convergence could be introduced by the utilisation of RFID and barcode label on the same object or by the utilisation of these two technologies for tagging different objects belonging to the same process or system.

Coexistence between RFID and barcode can lead to two different models, namely migration and hybridisation (Michael et al., 2006). The **migration** model is adopted when an organisation looks forward to upgrade its identification platform from barcode to RFID. This model allows the organisation to develop the necessary competences for ensuring an appropriate utilisation of RFID. Once the RFID platform is totally implemented or widely accepted by the organisation, the barcode infrastructure is eliminated (Schmidt, 2010; Romero et al., 2011). The **hybridisation** model, also known as integration, entails the utilisation of both technologies as a de-facto standard for the same system (Romero et al., 2011). The pharmaceutical industry has also assessed the relative merits of hybrid solutions for tracking and tracing medicines. For example, they are labelling cases and pallets with RFID technology while medicines packages are tagged using a 2D barcode (Data Matrix). The preliminary results of this hybrid solution have shown that using both technologies allows the full traceability of medicines at any point of the supply chain (BRIDGE, 2009).

From the above discussion, one can conclude that track and trace systems constitute an essential solution for improving the quality and security of healthcare services in general and the hospital pharmacy logistics

in particular. However, the difficult choice between barcode and RFID technology as the data carrier acts as the main obstacle for the wide adoption of these systems. Within the specific focus of this paper, several questions remain to be answered: Which level of packages must be tracked and traced through all medicine value chain? Which is the best data carrier for tracking and tracing medicines? Since the coexistence between barcode and RFID seems to be widely accepted by the pharmaceutical industry and by hospitals for the medication processes, what are the relative advantages of combining barcode and RFID as data carriers for the hospital pharmacy logistics processes?

5.4 Methodology

5.4.1 Research strategy

The focus of this paper is on internal logistics processes that concern one type of asset, namely medicines. These processes occur inside the hospital and are associated to the hospital pharmacy logistics function.

The field research was conducted over a two-year period. We relied on several sources of information, namely internal and external documentation, multiple onsite direct observations, focus groups and semi-structured interviews. Both qualitative data (for instance, comments from participants) and quantitative data (for example, the frequency of factual and documented events) were collected. Empirical data were analyzed using two main methods:

Content analysis. This method allowed us to investigate the contents of medical communications, reports and data from interviews by classifying information objectively, and systematically (Lee and al., 2002; Spanjers et al., 2005; Mackert and Whitten, 2009). This classification enables also quantitative analysis by assessing the frequency of thematic patterns and by exploring their relationship through inferential statistics. Content analysis was used to identify the main inefficiencies and technological needs to improve logistics processes of the hospital pharmacy (sections 5.2 and 5.3).

Process mapping. This method, used in both quantitative and qualitative research, represents a visual and powerful tool to increase an understanding of complex organizational contexts and provides common ground to share and generate ideas (Madison, 2005). As the large-scale implementations of technological systems generate deep changes for the adopting organisation, a process map analysis points to these changes, uncovers the main issues relating to this transformation and reveals the benefits from the implementations of these technological systems (Walley, 2009). More specifically, we relied on the process mapping (see Appendix 5.1 and Appendix 5.2) to identify and assess some critical inefficiencies related to the the hospital pharmacy logistics processes (section 5.2): this, according to the key participants represents a first essential step before considering a track and trace system (section 5.3) and assessing the

benefits derived from such a system (section 5.4). Process mapping was conducted using the usual “drill-down” approach from the macro level (Appendix 5.1) to the more detailed level (for example, the delivery of medicines process) up to the micro or sub-process level (for instance, the delivery of an urgent medicine to the hospital pharmacy, as illustrated in Appendix 5.2).

The process mapping builds on the mapping procedures undertaken by the National Health Service Modernisation Agency and was based on process flow observations from the field research. The process mapping at the macro level and more detailed level was then validated with key participants in two points in time and served as an anchor for assessing the relative advantages of the envisioned track and trace systems. In particular, four different process maps were developed for each of the sub-process (such as the delivery of an urgent medicine to the hospital pharmacy-Appendix 5.2). The first map, the AS-IS process map, reflects the actual situation of the pharmacy logistics function while the other three TO-BE process maps represent the process changes generated by the adoption of each of the three different track and trace configurations (namely, 2D barcode only, RFID only and hybrid solution). By analysing and comparing the AS-IS process map and to each of the three TO-BE process maps, we were able to assess the relative benefits derived from each technological configuration. These benefits were then discussed, validated, and compared through three rounds of the semi-structured interviews in order to systematically capture their relative importance across interviewees.

As noted by Paoletti and coauthors (2007), the healthcare sector requires indeed accurate and exact information in order to identify critical processes, recommend changes, and evaluate them with consistent and reliable data. Data and results from the field study were therefore triangulated and thoroughly validated through several iterative steps.

5.4.2 Research sites and key participants

The implementation of a new technological system such as a track and trace system introduces changes into the existing processes that may impact “stakeholders’ roles, rules, procedures, structures and communication, and their interactions with the external context” (Papadopoulos and Merali, 2009, p. 3). We have therefore concentrated our research efforts in four North American hospitals which represent the primary research sites but extended these efforts to five external organizations related to the management of medicines with the purpose of validating and triangulating the information obtained from the four hospitals. The number of hospital beds in these four hospital ranges from 320 to 630. Three hospitals use neither barcode nor RFID technology to support the hospital pharmacy logistics and they identify medicines by reading the label with characters and numbers displayed on the medicine package. One

hospital has implemented a two-bin system supported with RFID technology in order to control the medicines inventory and barcodes are also used in case of RFID lecture errors.

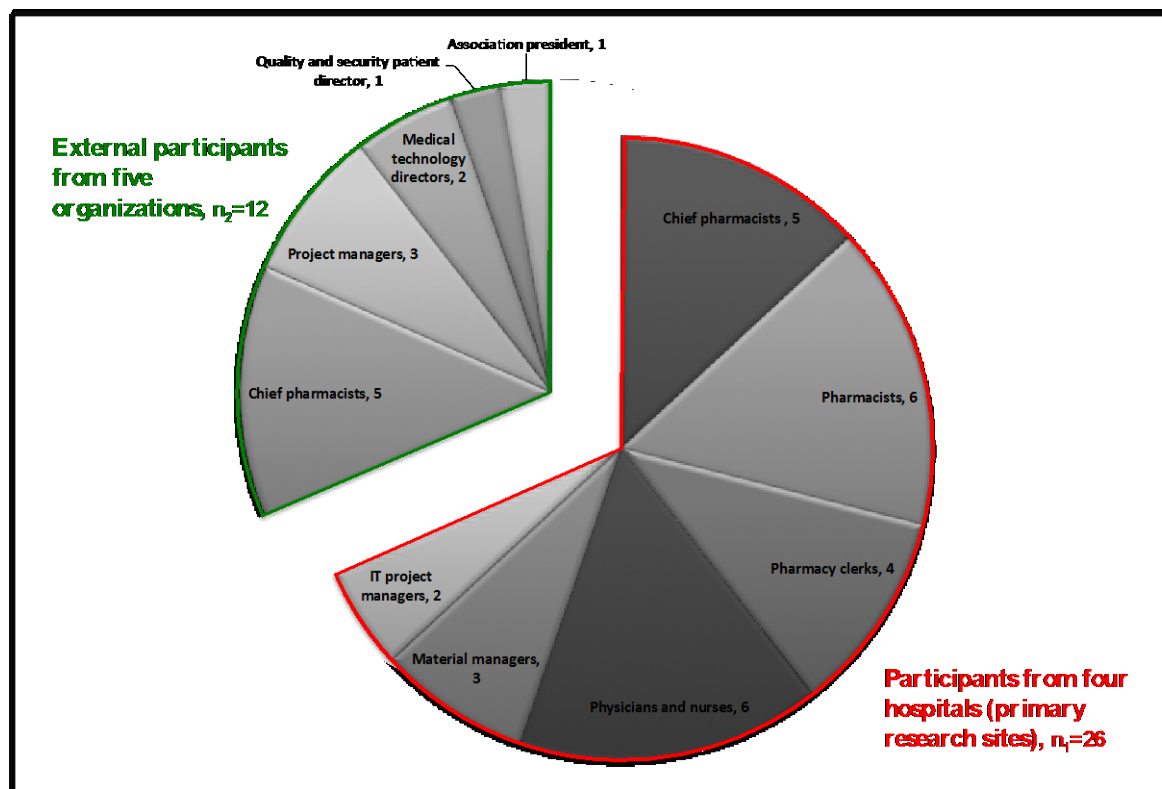


Figure 5-2: Profile of key participants

A total of 38 persons including caregivers, health professionals, technicians, managers, administrators and clerks participated to the field research, were systematically involved in all phases of the study and acted as key participants. The majority of these key participants (26) work in one of the four hospitals. In addition, 12 key respondents also provided valuable input and work as medical technology director, quality and patient security director, chief pharmacist, president or project manager in five organizations, namely a government entity, two hospital centres, a pharmacy association and a technology provider. Figure 5-2 displays more information on the profile of 38 participants to the field research.

5.5 Results and discussion

5.5.1 Level of medicines packages

The levels of product packaging are generally associated with the primary objectives pursued by a track and trace system (Kelepouris et al., 2006). Three levels of product packaging usually coexist within one supply chain: the pallet-, the case- and the unit- levels. However, medicines are aggregated in five

packaging levels throughout the product value chain (Figure 5-3), which is seen by the key participants from the field research as one of stumbling blocks to a unified approach for tracking and tracing medicines throughout the value chain previously illustrated in Figure 5-1.

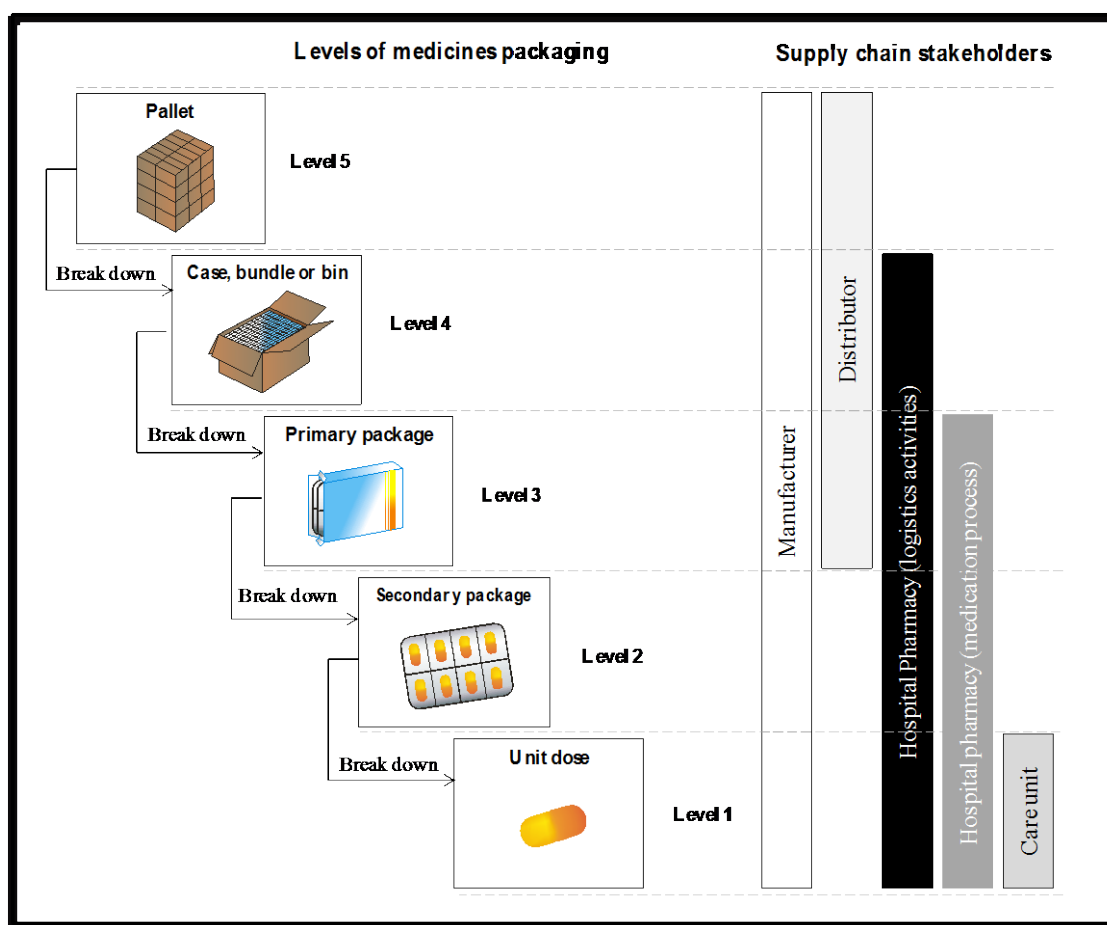


Figure 5-3: Levels of medicine packaging throughout the medicine value chain

Manufacturers (Figure 5-3) are involved in all five layers as they produce medicines at unit level (level 1) and aggregate these units with automated equipment into secondary packages (level 2), and, subsequently, into a primary packages (level 3). Sometimes, the units of medicine (level 1) are packaged directly into a unique container (level 3). For storage and distribution, manufacturers pack primary packages belonging to the same type of medicines into pallets (level 5). Distributors manage medicines at the pallet level (level 5) but pallets are broken down when a distribution order is posted. For delivery to the hospital, distributors prepare cases or bundles of medicines (level 4), and, for small quantity orders, cases or bundles are broken down in primary packages (level 3).

Hospitals may deal with four levels of medicines packaging. When medicines are received in cases or bundles (level 4), they are broken down in primary packages (level 3) for their storage. One key participant, namely the material manager, explained that some pharmacies use a two-bin system in order

to improve inventory management with lean practices. In this later case, he pointed that primary packages (level 3) are stored in small bins (level 4) and inventory is managed by bins. For their distribution to hospital pharmacy, medicines are supplied into their primary package (level 3). If an automated distributor equipment or robots are present, primary packages are taken apart into secondary packages (level 2), and, subsequently, into the unit level (level 1). At the hospital pharmacy, primary and secondary packages are broken down into the unit level (level 1) for preparation of medication doses. The care unit receives and administrates medicines at unit level (level 1). In case of reverse distribution, the care unit returns medicines to the primary or secondary pharmacy at the unit level (level 1). Once the medicines have reached the unit level (level 1), they cannot be returned to the distributor and the hospital pharmacy is responsible for their disposal.

As demonstrated in Figure 5-3, each stakeholder is responsible for managing several levels of medicines packaging but may hold diverging interests from the others stakeholders. The technological strategy of one stakeholder with respect to the adoption and implementation of a track and trace system based on barcodes or RFID or both data carriers may impact the strategy of the others. The hospital pharmacy must therefore consider the strategy undertaken by the upstream stakeholders (manufacturers and distributors) and downstream stakeholders (hospital care units).

5.5.2 Inefficiencies of the hospital pharmacy logistics function

The mapping of the hospital pharmacy logistics processes (see appendix 5.1) and the subsequent validations with the key participants allowed to uncover several inefficiencies of the pharmacy logistics function. Through a thorough content analysis of the comments of the 38 key participants, the following six main issues were identified:

- i) ***Incorrect inventory management:*** It is essential to maintain adequate inventory levels that ensure zero stock outs. One chief pharmacist stated “in most hospitals with clinical operations, a pharmacy inventory of the order of \$100 to \$200 per bed is considered as reasonable”. However, hospital pharmacies must hold enough medicines to guard against fluctuations in demand, to take advantage of bulk discounts and to withstand fluctuations in supply and, as a result, the pharmacy stocks higher levels of pharmaceuticals than necessary, even if medicines can become obsolete. The pharmacy warehouse clerks manage expiration dates and storage conditions of medicines at lot level (level 5) because actual processes cannot support the management of medicine at the primary package level (level 3), even less at the unit level (level 1). This results in a poor inventory management. A pharmacist pointed out that “even if we are trying to improve the management of our inventories, we may find a few medicines that have expired or will expire soon”. Another pharmacist mentioned

“clerks can update the inventory system with the wrong information resulting in an inexact control of medicines and in an incorrect planning for supplies”. An inappropriate inventory management can produce over- and under-procurement, out-of-stock, medicines shortage and multiple and unnecessary storage locations such as storage in care units or in the physicians’ and nurses’ offices.

- ii) **Excessive losses:** Poor inventory control may lead to misplaced medicines and to theft. There is however a consensus from the key participants that that losses occur mainly from the fact that “medicines could become obsolete before its utilization because they were expired or they were not stored under the proper conditions, such as, for example, in amber, air-tight and moisture-resistant containers”.
- iii) **Intensive manual labour:** Several processes must be executed manually. A technical assistant stated “approximately 60% of all medication requires repackaging and most of the inventory controls are conducted manually”. The same situation is observed for the inventory control. As pointed by one pharmacist “even if pharmacy relies on visual, periodic/cycle counting or perpetual inventory systems, it requires the pharmacist to look manually at the number of units in inventory and compare them with a listing”.
- iv) **Lengthy procurement cycles:** Patients could be affected if their medication doses cannot be delivered in time to the care unit. Several pharmacists mentioned that the procurement cycle might be too lengthy for two main reasons. First, at the reception point, hospital could receive medicines that do not correspond to the purchase order or, in rare but documented cases, could receive altered or counterfeited products. Second, it could take a rather long time to distribute a medicine from the hospital dock to the care unit if the pharmacy staff cannot properly and immediately identify the medicines.
- v) **Time-consuming product recalls:** Due to quality problems or safety issues, pharmaceutical laboratories and governmental agencies could request hospital pharmacies to return some medicines. Known as medicine recalls, this procedure represents a critical issue for the hospital pharmacy due to the complexity of tracing medicines and its associated cost. For recovering medicines, several actions can be undertaken. If the required batch of medicines is still in the pharmacy warehouse (level 3 and 2), the pharmacy clerks place them in a special container. However, if the required batch of medicines has been distributed to the primary and secondary hospital pharmacies or went through an automated equipment (level 3, 2 and 1), the pharmacy clerks and technical pharmacists must retrace the flow of medicines. According to several pharmacists and chief pharmacists, retracing entails high costs since the pharmacy staff must verify manually the inventory of medicines in primary and secondary pharmacies.

vi) **Improper technology use:** Even if medicines are delivered to the hospital in cases or in bundles (level 4) with a linear barcode for its identification, most of hospitals do not use the same barcode for supporting their internal medicines logistics processes. A pharmacy clerk stated “if he had a barcode reader during the reception and management of boxes, he would use the barcode label for their automatic identification and verification.” However, current practices are as follows: at the reception point, the pharmacy clerks identify and manage medicines by reading the label in characters placed on the cases or bundles (level 4). Pharmacy clerks validate the received packages by verifying manually their correspondence with the purchase order. A pharmacist indicated: “Several errors may occur with the manual verification because clerks can confuse or misinterpret the medicine information. Unfortunately, these errors are identified once medicines are distributed to the primary or secondary pharmacies.”

5.5.3 Required information for medicine identification

In order to improve the medicines value chain (Figure 5-1), medicines must first be identified and traced following the same structure of the packaging levels (see Table 5-1). Before leaving the manufacturers sites, pallets of medicines (level 5) must hold an identification containing the pallet identification, the quantity of packaged boxes, primary containers and units, the pharmaceutical product code (GTIN or HIBC), the name of the packaged medicines, the format of the dose, the lot number, the expiration date and the name of laboratory. Cases, bundles or bins (level 4) and primary package (level 3) must be identified with the same information. Secondary package (level 2) must carry the name of medicine, the quantity of package units, the format, the lot number, the expiration date and the laboratory name. At the unit level (level 1), manufacturers rely on the information registered on the secondary or primary package for identification. However, in the pharmacy and at the point of care, unit doses must display not only the information on the medicine but also the patient and prescription information such as medication dose number, date/hour, care unit, prescription number, physician requiring order, pharmacy identification, responsible pharmacist, patient name, patient number, bed number, administration information, medicine name, dose quantity, lot number, supplier, expiration date, refills remaining, date and quantity. Both the 2D barcodes and RFID tags have enough data capacity (128 Kbytes) to hold this information and the data structure for any of these two data carriers could be indeed very similar (see Table 5-1).

Several participants noted that the existing information systems and the actual hospital process are not ready for supporting identification at unit level” and the hospital pharmacy tends to rely on pharmaceutical product code carried on primary or secondary packages. Nevertheless, some hospitals tend to replace the pharmaceutical product code by a code specific to the hospital. One pharmacist explained the motives for this later practice: “sometimes, we can replace *Tylenol* with *Atasol* because they have the same

composition (*acetaminophen 325 mg.*) but these two medicines are produced by different laboratories that label each product with a different code. In order to ensure the compatibility with pharmacy information systems and automated equipment, pharmacy uses the same code for both products⁸. When a robot, automated preparation equipment or an automated distributor performs medicines distribution, medicines units (level 1) are delivered in cassettes that carry a number or a barcode label for medicine identification. Before supplying the cassette, the pharmacist must verify the correspondence between the medicine and the label. Finally, after the dose preparation, the unit-dose medications are identified by registering the information in characters directly on the different packages or on a label placed on patient-specific cassettes: in both cases, a linear barcode (1D barcode) is used and holds the pharmaceutical product code of medicines.

Table 5-1: Required information for each level of medicine packaging

Type of information	Level of medicines packaging					Size	Example
	Level 5: pallet	Level 4: case, bundle or bin	Level 3: primary package	Level 2: secondary package	Level 1: unit dose		
Header	X	X	X	X	X	Variable	010101010
Level ID	X	X	X	X	X	02 digits	01
GTIN or HIBC	X	X	X	X	X	14 digits	01234567890123
Laboratory name	X	X	X	X	X	32 characters	xxxxxxxxxxxxxxxxxxxx
Serial number	X	X	X	X	X	20 digits	01234567890123456789
Name of medicine	X	X	X	X	X	32 characters	xxxxxxxxxxxxxxxxxxxx
Lot number	X	X	X	X	X	Variable	5A64BR691
Expiration date	X	X	X	X	X	YYMMDD	010101
Dose format	X	X	X	X	X	Variable	5A64BR691
Quantity of packaged units	X	X	X	X		04 digits	0123
Prescription information					X	Variable	xxxxxxxxxxxxxxxxxxxx
Patient information					X	Variable	xxxxxxxxxxxxxxxxxxxx
Pharmacist information					X	Variable	xxxxxxxxxxxxxxxxxxxx

X means required for identification.

⁸ Par exemple, le *Tylenol* est identifié avec le code 1234 1234 et, par des raisons de compatibilité, la pharmacie hospitalier utilise le meme code 1234 1234 pour l'*Atasol*.

Based on the observed inefficiencies of the hospital pharmacy logistics function (section 5.2), key participants reached the following consensus:

- 1) A track and trace system for improving the hospital pharmacy logistics is indeed necessary;
- 2) The technological options for the track and trace system include the selection of one or both data carriers, more specifically 2D barcodes only (configuration 1), RFID only (configuration 2), a combination of barcodes and RFID (hybrid configuration or configuration 3).
- 3) Key participants agree that the hospital pharmacy logistics deal with the packaging levels 1, 2, 3 and 4 (medicine unit, secondary package, primary package and cases, bundle or bin respectively). However, levels 1 and 2 are already handled by the hospital label placed on the cassettes. A typical wall-to-wall (also called big-bang) approach for a potential track and trace system was thus discarded. It was decided to assess the relative benefits derived from such a system for medicines packaging levels 3 and 4 based on three configurations 2D barcodes only, RFID only and a hybrid solution (Table 5-2).

Table 5-2: The retained configurations for tracking and tracing medicines for the hospital pharmacy logistics processes

Level	Barcodes only	RFID only	Hybrid solution
Level 4 (cases, bundle or bin)	Barcode	RFID	RFID
Level 3 (primary package)	Barcode	RFID	Barcode

5.5.4 Benefits derived from the traceability system for the hospital pharmacy logistics

Benefits derived from each of the three technological configurations were analyzed by juxtaposition and comparison between the actual or AS-IS processes and the TO-BE processes. Content analysis was then performed to obtain some quantitative data based on the frequency of different types of technical tasks or activities and some qualitative data based on the comments from the participants. The content analysis is displayed in Appendix 5.3 for one specific sub-process. The same analysis was conducted for all sub-processes and is summarized in Table 5-3.

Results from Table 5-3 are discussed in the following paragraphs along with the comments made by the participants who provided additional insights.

Table 5-3: The relative importance of the benefits of a track and trace system based on three different configurations

Benefits	Barcodes only	RFID only use	Hybrid solution
Efficiency and accuracy	+	+++	++
Inventory visibility	+	+++	+++
Reduction of inventory cost	+	+++	+++
Readiness of purchase orders	+	+++	+++
Reduction of labour cost	+	+++	++
Patient security	+	+++	+++
Reduction of cycle times	++	+++	+++
Waste management and reverse logistics	++	+++	++

+ means limited benefits, ++ some benefits and +++ important benefits

2D Barcodes only: Several participants agreed that relying on 2D barcode for the identification of cases, bundle and bins (level 4) and for the identification of primary packages (level 3) represents a short time solution for improving the logistics processes of the hospital pharmacy. The actual 1D barcode placed on cases and primary packages by manufacturers and/or distributors can be used for *improving the efficiency* of logistics processes, such as verification of medicine delivery (levels 4 and 3), purchase order and reception confirmation, entrance of medicines in and exit of medicines from the pharmacy warehouse (levels 4 and 3), update of pharmacy information systems and control of internal distribution (level 3). Some participants stated that the pharmacy should re-tag primary packages (level 3) using a hospital made 2D barcode with more data capacity than a linear barcode in order to ensure the compatibility with the actual processes, to differentiate the medicines provided by different laboratories and to register the additional information required by the government such as manufacturer data, lot numbers, complete shipping information, dosage, etc. However, most pharmacists estimated that the re-labeled packages and the manual lecture of barcodes might *increase the logistics costs* and impact the return on investment. Some added that the barcodes could generate *inaccurate information* and introduce *new sources of errors* due to the limited capacity of barcodes and the possibility of scanning errors. A track and trace system with barcode may only have a *limited impact on the improvement of inventory management* because this configuration doesn't allow an accurate and real-time visibility of medicines. An improper inventory control could affect the readiness of planning, purchase and distribution orders, and increase the frequency of out-of-stock and medicines shrinkage. In order to validate the information obtained from barcode system and the inventory on-hand and to improve the inventory control, the hospital pharmacy must conduct manual, periodic and time-consuming inventory controls, resulting in extra-manual labor. However, the use of the 2D barcodes only configuration could *accelerate the supply processes of*

medicines to the patient. A pharmacist explained “when an urgent medication dose is required and is not available, the material manager sends the purchase order to the distributor. Once medicine is delivered, the pharmacy clerks have to identify the dose with a barcode reader, be informed about its urgent status and accelerate its reception and distribution to the pharmacy for the dose preparation.” Nevertheless, the supply process is affected by the medicine identification because it is a consuming time activity. The 2D barcode only configuration could also *improve the waste management and reverse logistics*. Since barcodes enable the identification of medicines, they can be segregated for disposal for instance. In some cases, waste containers can be equipped with barcode scanners in order to activate alarms in case of improper segregation. However, the pharmacy cannot totally rely on the lecture from barcodes because the labels could be easily damaged, creating scanning problems. Finally, since hospital pharmacy logistics function can be improved, this 2D barcode only configuration strengthens the *patient safety*⁹.

RFID only: According to the key participants, the identification of cases, bundles or bins (level 4) and primary packages (level 3) with RFID tags would improve the hospital pharmacy logistics to a greater extent than barcodes only. RFID technology that offers some superior intrinsic characteristics such as simultaneous and multiple lectures without a direct line of sight, data storage capacity and durability that improve the *efficiency and accuracy* of logistics processes. The chief pharmacists and pharmacists pointed out that RFID allows to *improve the inventory visibility*, by automatically and timely counting primary packages (level 3) and controlling expiration dates, temperatures, humidity and lot number. Furthermore, they observed that *the continuous review of inventory* (or perpetual inventory system) enables to improve the *readiness of purchase orders* by increasing the frequency of orders (once per day) and decreasing the quantity of required medicines. This enables to reduce the inventory space and decrease the inventory cost, the out-of-stocks and the medicine shrinkage. One pharmacist pointed that the use of RFID is optimal for managing inventory in units where technical staff cannot easily access them, such as in the surgery rooms. He also stressed that RFID enables to manage virtual inventories, which in turn permits to reduce medicine shrinkage. One of the most important benefits of this second configuration is the *reduction of the manual labor* since it brings the capacity of automating several processes, such as the validation of medicine reception, the inventory counting, the storage conditions verification, the recall process and the order reprocessing. Pharmacy staff can, therefore, spend more time in patient-oriented and high value activities (doses preparation, prescriptions analysis and sharing medicine information). The reduction of manual labor has also an impact on the *security of the patient* since errors caused by an inefficient verification and management of medicines can be eliminated. Respondents also pointed that

⁹ Dans le contexte de soins de la santé, patient safety fait référence au respect de 5B : le bon patient, le bon service ou médicament, le bon moment, la bonne route et la bonne dose.

this configuration has a dramatic impact of the *reduction of cycle times*. One participant indicated that automatic and real time records could be used for looking for a medicine or a batch during a medicine recall order, as well as searching a particular drug for an urgent medication. Finally, RFID strengthens the *waste management and reverse logistics* of medicines. One participant added that RFID indirectly reduces medicine wastes since it decreases dramatically the inventory levels and, moreover, lower quantities of medicine waste are easily segregated and managed.

Hybrid configuration: Even if most of the participants recognized that the RFID only configuration brings more opportunities to improve the pharmacy logistics function than the 2D barcodes only configuration, they pointed that the RFID implementation would require high investments for ensuring its installation and maintenance while hospital budgets are already tight. Furthermore, they feel that the return on investment for RFID seems to be affected by some issues, namely reading problems, interferences, data security, barcodes predominance and lack of industrial standards. Confronted with the differing benefits derived from the two first configurations (the 2D barcodes only option vs. the RFID only configuration) and uncertain about the relative merits of RFID, most participants settled to favor a hybrid configuration combining RFID technology for identifying cases, bundles or bins (level 4) and 2D barcode for tracking primary packages (level 3). To some participants, this seems the most optimal solution, especially combined with process redesign for the pharmacy logistics function.

In the hybrid configuration, RFID tags on cases or bundles (level 4) allow accurate, real-time and automatic identification, resulting in improving the *efficiency and accuracy* and the *patient security* while *reducing supply cycle times* and *labor cost*. If the distributors control the information placed on primary packages (level 3) that are then packed into the cases or bundles (level 4) and send the information to the hospital, the hospital pharmacy would gain a more granular and a quick update of medicines at the reception and for their inventories. Since medicines are managed at the primary package (level 3) when they are stored, the hospital pharmacy would obtain the same benefits than those for the 2D barcodes only configuration, namely *reduction of inventory cost* and improvement of *inventory visibility*, *waste management and inverse distribution*. However, one pharmacist pointed that the pharmacy must consider that these benefits are not totally reached since the hybrid configuration still requires periodic, manual and time-consuming reviews for ensuring the accuracy of the inventory levels. This constraint implies *extra logistics cost* for the pharmacy and may be the *source of errors*. One hospital pharmacy had solved this problem by implementing a *two bins or Kanban system* using RFID technology for the inventory management. In this system, both bins (minimum stock and reverse stock) are tagged with a RFID tag (level 4) and stock levels are controlled using this technology. They pointed that this barcode-RFID configuration allows real-time and accurate records which enable to improve the *inventory visibility* and

the *readiness of purchase orders* while eliminate manual and periodic reviews. A pharmacist stated that more granular and accurate records could be obtained if pharmacy staff controls, by scanning 2D barcode labels, which primary packages (level 3) are stored in each bin (level 4). This way, the pharmacy could *accelerate cycle times* when searching an urgent medicine or when conducting product recalls. Nevertheless, one participant noted that, even if a two-bin system can bring important benefits for inventory management, a total traceability of medicines is not reached.

The implementation of any of the above mentioned configurations is related to a number of unresolved issues. First, they cannot totally eliminate the incidence of errors throughout the logistics processes, which is a main concern for the healthcare system. Indeed, they may even cause adverse events on a large scale¹⁰. For instance, a wrong serial number could be assigned to a dose or to a medicine. Because the pharmacy staff trusts the information carried by the 2D barcode and/or RFID tag, they will not verify its validity and a wrong medicine could be introduced and administrated the hospital. This will not be noticed until the occurrence of an adverse event. In an extreme case, the same wrong medicine could be administrated to several patients and this can result in a large-scale adverse event. Second, their implementation must be supported by business process redesign in order to extract the full benefits but process redesign entails organizational changes that are costly. Third, a uniform standard for the identification of the different levels of medicines packaging that respects government regulations and the compatibility with hospital information systems has to be adopted. Fourth, technological providers must develop equipment and information systems that can support the identification of the different levels of medicine packages. For example, existing information systems are not ready to manage medicines identification at unit level, which can affect the accuracy of the inventory control. Finally, the observed inefficiencies cannot be totally resolved by a track and trace system. Hospital pharmacy logistics function must be supported with other information technologies, the redesign of business processes, and the commitment of hospital staff.

5.6 Conclusion

While previous research tends to be widely focussed on the external logistics for medicine management (pharmaceutical supply chain) and on the medication process (administration of doses to the patient), there is little empirical evidence on the opportunities for improving the internal logistics related to the hospital

¹⁰ Dans ce cas, une erreur à grande échelle fait référence à l'identification erronée de médicaments au niveau des processus logistiques : réception, déemballage, stockage, distribution ou approvisionnement aux équipements automatisés. Plusieurs médicaments peuvent alors être identifiés incorrectement et être administrés à plusieurs patients.

pharmacy. Based on qualitative and quantitative methods, this study identifies from the reception of medicines at hospital docks to their distribution to the hospital pharmacy an important number of inefficiencies, namely incorrect inventory management, medicine shrinkage, intensive manual labour, long procurement cycles, time-consuming product recalls and improper use of technology. The analysis of the five levels of medicines packaging and of the corresponding information required at each level allows a better assessment of the appropriateness of a track and tracing system for improving the hospital pharmacy logistics. Results also demonstrate that the relative importance of the benefits derived from such a system differ depending on the chosen configuration, i.e. a track and trace system based on a barcodes only configuration, a RFID only configuration or a hybrid configuration. The hybrid configuration, combining RFID technology for tracking cases, bundles and bins, and barcodes for identifying primary packages, seems to be, taking into account the contextual constraints, the most promising solution: it holds the potential to improve the pharmacy efficiency and accuracy, to strengthen inventory visibility, to reduce inventory cost, to improve readiness of purchase orders, to decrease supply cycle times, to reduce manual labour, to strengthen patient security, and, to support waste management and reverse logistics activities.

Some limitations should be taken into account when interpreting the results presented in this paper. Although in-depth research is clearly needed, the scope of our research design is limited to one unit within the hospital, namely the hospital pharmacy, and to the internal logistics processes associated with that particular unit. We have thus focused on the pharmacy logistics activities from a closed-loop perspective. Even from this rather narrow perspective, the dynamics of technological change are inherently complex. Broadening the scope of the research design to cover the entire medicines value chain represents an ambitious undertaking. However, moving to an open-loop perspective where each stakeholder shares its medicines management information with other stakeholders is compelling since benefits and costs can be spread downstream and upstream in the medicines value chain. Furthermore, the conflicting pressures from pharmaceutical firms, distributors, healthcare institutions and governmental agencies and their heterogeneous requirements so far prevent to analyze the global impact of a same track and trace system for all the actors of the value chain. This becomes more evident when a more international approach is considered due to distinctive economic, technological, social and political environments of different countries or regions.

5.7 References

Aguado, F., Alvarez, M.J. & Barcos, L. (2007) 'RFID and health management: is it a good tool against system inefficiencies?', *Int. J. Healthcare Technology and Management*, Vol. 8 (3-4), 268-297.

Anoraganingrum, D., Eymann, T., Kauerz-von Lackum, F., & Sobotta, R. (2009). A conceptual framework to define indicators of information system in the hospital, *Int. J. Healthcare Technology and Management*, Vol. 10 (1-2), 2-15.

Association des hôpitaux au Québec AHQ, (2006). La pratique pharmaceutique dans les établissements du Québec, analyse et recommandations. Montréal. Québec: Association des hôpitaux du Québec.

Barchetti, U., Bucciero, A., De Blasi, M., Mainetti, L. & Patrono, L. (2010) RFID, EPC and B2B convergence towards an item-level traceability in the pharmaceutical supply chain. RFID-Technology and Applications (RFID-TA), 2010 IEEE International Conference, Guangzhou, China.

Bardaki, C., Pramadari, K. & Doukidis, G. I. (2007) RFID-enabled supply chain collaboration services in a networked retail business environment. Bled eConference eMergence: Merging and Emerging Technologies, Processes, and Institutions June (Bled), Slovenia.

Basta, N. (2008). Product Security Perspective: Protecting the Brand, Pharmaceutical Commerce. Tiré de: http://www.pharmaceuticalcommerce.com/frontEnd/991-serialization_anticonterfeiting_pedigree_RFID_taggants_barcode.html

Beier, F.J. (1995). The management of the supply chain for the hospital pharmacies: a focus on inventory management practices, *Journal of Business Logistics*, Vol. 16 (2), 153-173.

Bendavid, Y., Boeck, H. & Philippe, R. (2010). Redesigning the replenishment process of medical supplies in hospitals with RFID, *Business Process Management Journal*, Vol. 16 (6), 1463-7154.

Bendavid, Y. & Boeck, H. (2011). Using RFID to Improve Hospital Supply Chain Management for High Value and Consignment Items, *Procedia Computer Science*, Vol. 5, 849-856.

Bobée, J. (2009). How Technology Can Help To Fight Counterfeits? Apport de la Technologie Dans la Lutte Contre la Contrefaçon de Médicaments. *STP Pharma Pratiques*, Vol. 19, 29-40.

Boeck, H. & Fosso Wamba, S. (2008). RFID and Buyer-Seller Relationships in the Retail Supply Chain. *International Journal of Retail & Distribution Management*, Vol. 36 (6), 433-360.

Boulet, F. (2001). Les erreurs médicamenteuses ou l'épée de Damoclès, *Pharmactuel*, Vol. 34, (6), 161-165.

Breen, L. & Crawford, H. (2004). Improving the pharmaceutical supply chain Assessing the reality of e-quality through e-commerce application in hospital pharmacy. *International Journal of Quality & Reliability Management*, Vol. 22 (6), 572-590.

BRIDGE. (2009). Case Study, Bridge WP6 project-Pharma Traceability Pilot. Tiré de: <http://www.bridge-project.eu/index.php/bridge-public-deliverables/en/>

- Brooks, M., & Button, K. (2006). Market Structures And Shipping Security. *Maritime Economics # 38; Logistics*, Vol. 8, 100-120.
- Bussi res, J.F. & Lebel, D. (2004). Utilisation des code-barres dans le cadre du circuit du médicament en établissement de santé. *Pharmactuel*, Vol. 42 (2), 131-137.
- Chandra, C. (2008) The case for healthcare supply chain management: insights from problem-solving approaches. *International Journal of Procurement Management*, Vol. 1 (3), 261-279.
- Chao, C., Yang, J. & Jen W. (2005). Determining technology trends and forecasts of RFID by a historical review and bibliometric analysis from 1991 to 2005. *Technovation*, Vol. 27 (5), 268-279.
- Chen, Y., Brennan, N. & Magrabi, F. (2010). Is email an effective method for hospital discharge communication? A randomized controlled trial to examine delivery of computer-generated discharge summaries by email, fax, post and patient hand delivery, *International Journal of Medical Informatics*, Vol. 79 (3), 167-172.
- Christensen, M.C. & Reimer, D. (2009), Information and communication technology in U.S. health care: Why is adoption so slow and is slower better?. *Journal of Health Politics, Policy and Law*, Vol. 34 (6), 1011-1034.
- Civan, A. & Köksal, B. (2010), The effect of newer drugs on health spending: do they really increase the cost?. *Health Economics*, Vol. 19 (5), 581-595.
- Clock, A. (2010). Pharmaceutical Counterfeiting a Global Healthcare Menace: A New Technology Tool. Tiré de: <http://globalpharmaceutical.1120627.free-press-release.com/index-3.html>
- Crane, V., (2000) New perspectives on preventing medication errors and adverse drug events. *Journal of Health Systems Pharmacy*. Vol. 57, 690-697.
- 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 (2), 87-110.
- Danas, K., Ketikidis, P. & Roudsari, A. (2002). A virtual hospital pharmacy inventory: An approach to support unexpected demand. *Journal of Medical Marketing: Device, Diagnostic and Pharmaceutical Marketing*, Vol. 2 (2), 125-128.
- Davis, K., Schoen, C., Guterman, S., Shih, T., Schoenbaum, S.C., & Weinbaum, I. (2007). Slowing the Growth of U.S. Health Care Expenditures: What Are the Options?, *The Common Wealth Fund*, Vol. 47.
- Dongsoo, K. (2005). An integrated supply chain management system: a case study un healthcare sector. Proceedings of the E-commerce and Web Technologies: Sixth International Conference, Copenhagen. Denmark.

Dreyer, H., Strandhagen, J., Romsdal, A. & Hoff, A. (2010). Principles for Real-time, Integrated Supply Chain Control: an Example from Distribution of Pharmaceuticals. *Advances in Production Management Systems. New Challenges, New Approaches*, Vol.1. 187-194.

Dumitru, D., (2009). The Pharmacy Informatics Primer, Bethesda, Maryland: American Society of Health-System Pharmacists, 251 p.

Finkenzeller, K. (2003). RFID Handbook - Fundamentals and Applications in Contactless Smart Cards and Identification, 2nd Edition, Chichester, England: Wiley.

Foods and Drugs Administration FDA US (2006). Process Validation, Tiré de: www.fda.gov/CDER/GUIDANCE/pv.htm,

Fosso Wamba S., Lefebvre, L. & Lefebvre, E. (2006). Enabling intelligent B-to-B eCommerce supply chain management using RFID and the EPC network: a case study in the retail industry'. Proceedings of the 8th international conference on Electronic commerce: The new e-commerce: innovations for conquering current barriers, obstacles and limitations to conducting successful business on the internet, Fredericton, New Brunswick, Canada.

Fox, M. (2011), Alan Haberman, Who Ushered In the Bar Code, Dies at 81, New York Times, Tiré de: http://www.nytimes.com/2011/06/16/business/16haberman.html?_r=2&hp

Gaukler, G. & R. W. Seifert (2007). Applications of RFID in Supply Chain Management," *Trends in Supply Chain Design and Management: Technologies and Methodologies*, (eds. H. Jung, F. F. Chen, and B. Jeong), 29-48, Special Series in Advanced Manufacturing, Springer London.

Haavik, S. (2000). Building a Demand-Driven, Vendor-Managed Supply System'. *Healthcare Financial Management*, Vol. 54 (2), 56–61.

Healthcare Financial Management Association HFMA (2008). Opportunities for supply chain management: Highlights and expert insights regarding HFMA's 2008 supply chain survey. *HFMA educational report*, 8 p.

ISMP Medication Safety Alert (2001). The supermarkets do it - so why can't we raise the "bar" in health care?. Tiré de: <http://www.ismp.org/msaarticles/supermarket.html>.

Jones, E., Henry, M., Cochran, D. & Frailey, T. (2010). RFID Pharmaceutical Tracking: From Manufacturer Through In Vivo Drug Delivery, *Journal of Medical Devices*, Vol. 4, 015001-1-015001-7.

Kelepouris, T., Da Silva S.B. & McFarlane, D. (2006), Automatic ID Systems: Enablers for Track and Trace Performance, Auto-ID Labs, 24 pages.

Kohn, L., Corrigan, J., & Donaldson, M. (2000). To err is human: building a safer health system: Natl Academy Pr.

- Kuperman, G.J., Bobb, A. & Payne T.H. (2007) 'Medication- related Clinical Decision Support in Computerized Provider Order Entry Systems: A Review'. *Journal American Medicine Informatics Association*. Vol. 14 (1), 29-40.
- Landry P. S. & Philippe R. (2002). 4U2C or how logistics can service healthcare. *Ecole des Hautes Commerciales*, Montreal, Quebec.
- Landry, S. & Philippe, R. (2004). How logistics can service healthcare. *Supply Chain Forum*, Vol. 5 (2), 24.
- Langabeer, J. (2007). Health care operations management: a quantitative approach to business and logistics, Jones & Bartlett Publishers.
- Lee, C.C. and Liang, T.P. & OuYang, Y.C. (2002). E-healthcare in Taiwan, *International Journal of Healthcare Technology and Management*, Vol. 4 (1), pp. 1-14.
- Lefebvre, L. A., Lefebvre, É., Bendavid, Y., Fosso Wamba, 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 (2), 101-111.
- Lefebvre, E., Romero, A., Lefebvre, L-A. & Krissi, C., (2011), Technological strategies to deal with counterfeit medicines: the European and North-American perspectives, *International Journal of Education and Information Technologies*, Vol. 5 (3), 275-284.
- Lin, A.Y.C. & Tsai, Y.T. (2009), Occurrence of pharmaceuticals in surface waters: Impact of waste streams from hospitals and pharmaceutical production facilities, *Science of Total Environment*, Vol. 407 (12), 3793, 3802.
- Lin, C., Huang, Y.A., Jalleh, G., Liu, Y.C. & Tung, M.L. (2010). An exploratory study of factors affecting adoption and implementation of b2b e-commerce in australian health care organizations. *International Journal of Electronic Commerce Studies*, Vol. 1 (2), 77-96.
- Liu, J., Higgins, A., & Tan, Y.H. (2010). IT enabled redesign of export procedure for high-value pharmaceutical product under temperature control: the case of Drug Living Lab. 11th Annual International Conference on Digital Government Research, Puebla.
- Madison, D. (2005), Process Mapping, Process Improvement, and Process Management, Paton Press, Chico, CA, 320 pages.
- Mackert, M. & Whitten, P. (2009). Long term success of a telehealth network: a case study of the Upper Peninsula Telehealth Network, *International journal of healthcare technology and management*, Vol. 10 (1), pp.66-81.

- Meiller, Y. & Bureau, S., (2009). Logistics Projects: How to assess the right system? The case of RFID solution in healthcare, Proceedings Americas Conference on Information Systems (AMCIS). California, 14 p.
- Michael, K. & McCathie, L. (2005), The pros and cons of RFID in supply chain management, Proceedings of International Conference on Mobile Business, pp. 623-629.
- Millet, C. & Jeannin, C. (2004) Incorporation of microchips to facilitate denture identification by radio frequency tagging, *Journal of Prosthetic Dentistry*. Vol. 92, 588–590.
- Mongan, J.J., Ferris, T.G. & Lee, T.H. (2008), Options for slowing the growth of health care costs, *New England Journal of Medicine*, Vol. 358 (14), 1509-1514.
- Mustaffa, N.H. & Potter, A. (2009). Healthcare supply chain management in Malaysia: a case study, *Supply Chain Management: An International Journal*, Vol. 14 (3), 234-243.
- Ontario Buys & Healthcare Supply Network (2007), Supply Chain Modernization in Ontario Health Care, Improving Patient Care, Enhancing Service Levels and Reducing Costs: A Report on the E-Supply Chain Project. Ontario Ministry of Finance, Toronto, report. Available from: <http://www.fin.gov.on.ca/english/ontariobuys/documents/eSupplyChainReport.html>
- Palaniswami, S., Jenicke, L., Okonkwo, P. & Kang, H. (2010). Risk Assessment and Security Measures in Supply Chain Networks. *International Journal of Procurement Management*, Vol. 3, (1), 1-11.
- Paoletti, R.D., Suess, T.M., Lesko, M.G., Feroli, A.A., Kennel, J.A., Mahler, J.M. & Sauders, T. (2007). Using bar-code technology and medication observation methodology for safer medication administration. *American journal of health-system pharmacy*, Vol. 64 (5), 536-543.
- Papadopoulos, T. & Merali, Y. (2008). Stakeholder dynamics and the implementation of process innovations: the case of Lean thinking in a UK NHS Hospital Trust. *International Journal of Healthcare Technology and Management*, Vol. 10 (4), 303-324.
- Pedersen, C.A., Schneider, P.J. & Scheckelhoff, D.J. (2009). ASHP national survey of pharmacy practice in hospital settings: dispensing and administration—2008. *American Journal of Health-System Pharmacy*, Vol. 66 (10), 926-946.
- Porter, M.E. & Millar, V.E. (1985). How information gives you competitive advantage. *Harvard business review*, Vol. 63 (4), 149-160.
- Potdar, M., Chang, E., & Potdar, V. (2006). Applications of RFID in pharmaceutical industry, Presented at *IEEE International Conference on Industrial Technology*, 2860-2865.

- Rivard-Royer, H., Landry, S. & Beaulieu, M. (2002). Hybrid Stockless : a case study, lessons for Health-care supply chain integration, *International Journal of Operations and Production Management*, Vol. 22 (4), 412-424.
- Romero A., Lefebvre, L., Lefebvre, L.A. & Castro, L., (2009). Assessing the prospective benefits of RFID integration in hospital drug management processes through a business process approach, *Proceedings Euromot 2009*, Glasgow, 13 p.
- Romero, A., Lefebvre, E. & Lefebvre, L-A. (2011). Breaking the Barcode and RFID myth: Adoption paths for improving the medication process, *WSEAS Journal in Transactions on computers*, Vol. 5 (4), 223-235.
- Rosseti, M.D., Marek, D., Prabhu S., Bhonsle, A., Sharp, S. & Liu, Y. (2008). Inventory management issues in health care supply chains. *Center of innovation in healthcare logistics*, Tiré de: http://cihl.uark.edu/Inventory_Management_Issues_in_Health_Care_Final.pdf
- Sakowski, J. Leonard, T. Colburn, S. Michaelsen, B. Schiro, T. Schneider, J. & Newman, J.M. (2005), Using a bar-coded medication administration system to prevent medication errors in a community hospital network, *American Journal of Health System Pharmacists*, Vol. 62, 2619-2625.
- Scott-Cawiezell, J., Madsen, R.W., Pepper, G.A., Vogelsmeier, A., Petroski, G. & Zellmer, D. (2009). Medication safety teams' guided implementation of electronic medication administration records in five nursing homes. *Joint Commission Journal on Quality and Patient Safety*, Vol. 35, (1), 29-35.
- Shaeffer, R. (2009). Closing the medication safety loop. *Computers in Healthcare*, Vol. 30 (3), 30-32.
- Schmidt, M., Thoroe, L. & Schumann, M. (2010). Co-existence of RFID and Barcode in Automotive Logistics, *Proceedings of Americas Conference on Information Systems*, Paper 84.
- Schneller, E., Smeltzer, L., & Burns, L. (2006). Strategic management of the health care supply chain. Jossey-Bass, San Francisco, Calif.
- Schuremberg, B.K. (2006). Bar codes versus RFID: A battle just beginning, *Health Data Management*. Tiré de: <http://www.healthdatamanagement.com/issues/20061001/14074-1.html>
- Schuster, E., Allen, S., & Brock, D. (2007). Global RFID: the value of the EPCglobal network for supply chain management: Springer Verlag.
- Spanjers, R., Rutkowski, A.F. & Martens, R. (2005). Implementation and acceptance of e-learning in a hospital environment, *International journal of healthcare technology and management*, Vol. 6 (4), pp. 431-453.
- Srinivasan, R. (2010). Supply chain immunity: a methodology for risk management. *International Journal of Services Sciences*, Vol. 3 (1), 1-20.

The Joint Commission Public Policy Initiatives, (2009). 'Reducing waste I Health Care ad Improving Efficiency', Tiré de: http://www.jointcommission.org3PublicPolicy/Efficiency_Waste_Reduction.htm

Thuemmler, C., Buchanan, W. & Kumar, V. (2007). Setting safety standards by designing a low-budget and compatible patient identification system based on passive RFID technology, *Int. J. Healthcare Technology and Management*, Vol. 8 (5), 571-583.

US department of Health and Human Services (2009). National Health Expenditure Projections 2009-2019. Tiré de: <http://www.hhs.gov>

Varila, M., Seppanen, M. & Heinonen, E. (2005). Effects of automation on cost accounting: A case study in warehouse logistics, Proceedings of 7th Conference on Manufacturing Accounting Research.

Vila-Parrish, A.R., Ivy, J.S. & King, R.E. (2008), A simulation-based approach for inventory modeling of perishable pharmaceuticals. Simulation Conference, 2008. WSC 2008. Winter, 1532—1538.

Walley, P. (2009). The redesign practices and capabilities of NHS Trusts in England: a snapshot study, *International journal of healthcare technology and management*, Vol. 10 (4-5), pp.340-359.

Wang, L. (2010). RFID-supported medical and healthcare systems, *Int. J. Healthcare Technology and Management*, Vol. 11 (6), 462-473.

West, D.S. (2002). NCPA=Pharmacia Digest, National Community of Pharmacists Association, Alexandria VA:

West, D.S. (2003). Purchasing and inventory control, In Jackson, R., Effective Pharmacy Management, (9TH Ed.), National Community of Pharmacists Association, Sec. 17, Alexandria, VA:

WHO, (2010). Medicines: counterfeit medicines. *WHO Fact sheet N°275*. Tiré de: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs275/en/>

Wicks, A.M., Visich, J.K. & Li, S. (2006). Radio frequency identification application in healthcare. *International Journal of Healthcare Technology and Management*, Vol. 7 (6), 522-540.

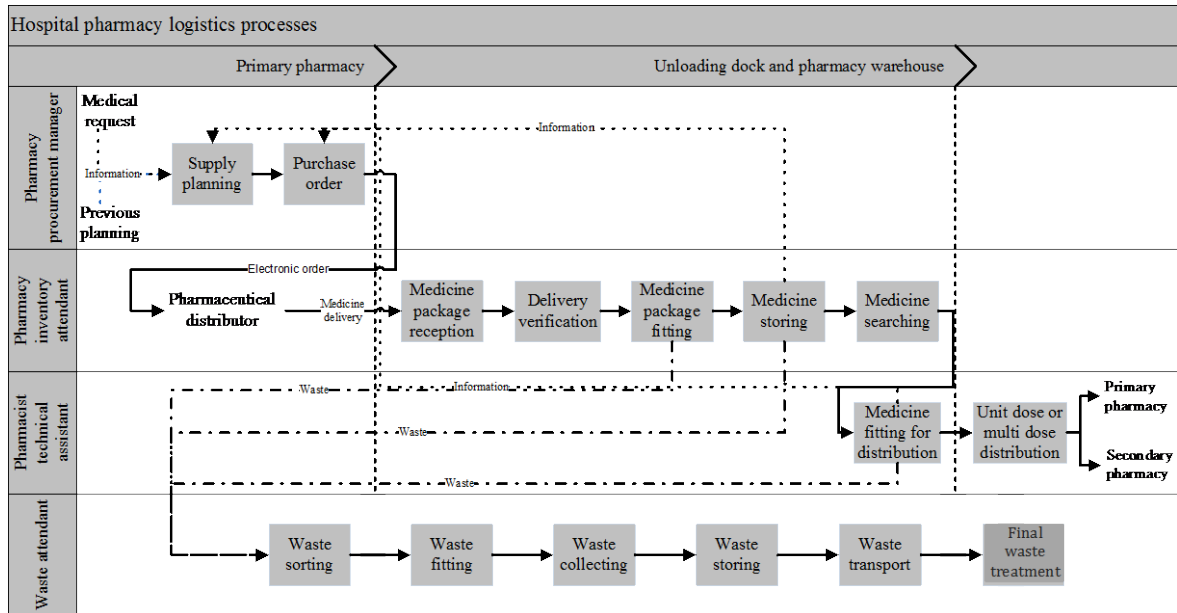
Wigand, R.T. & Wood, J.D. (2011). Information management and tracking of drugs supply chains within the pharmaceutical industry, Proceedings of Eighth International Conference on Information Technology: New Generations, 500-506.

Yadav, P., Stapleton, O. & Van Wassenhove, L.N. (2011). *Always Cola, Rarely Essential Medicines: Comparing Medicine and Consumer Product Supply Chains in the Developing World*, working paper INSEAD.

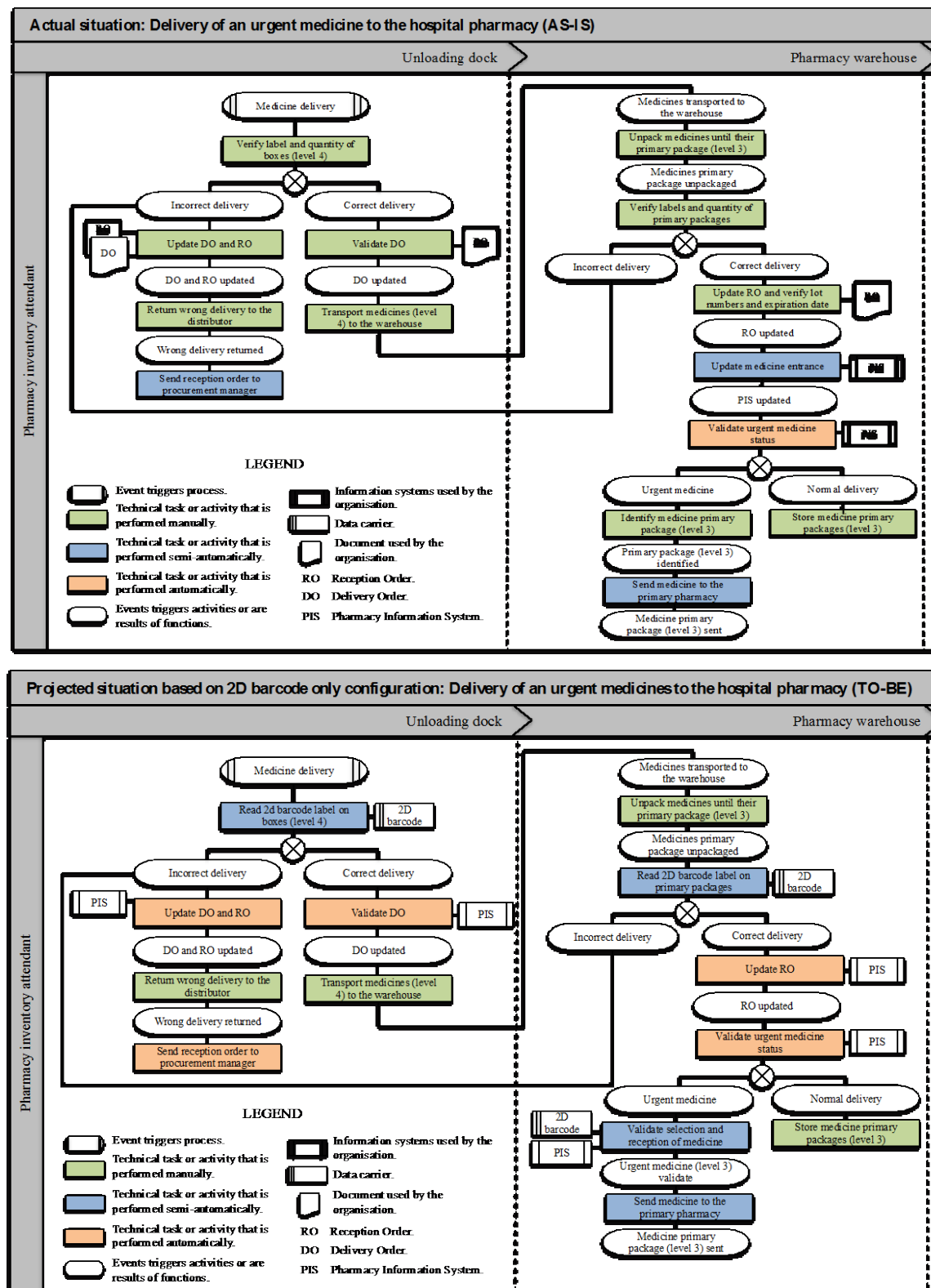
Yao, W., Chu, C.H. & Li, Z (2010). The use of RFID in healthcare: Benefits and barriers, Proceedings of International Conference on RFID-Technology and Applications (RFID-TA).

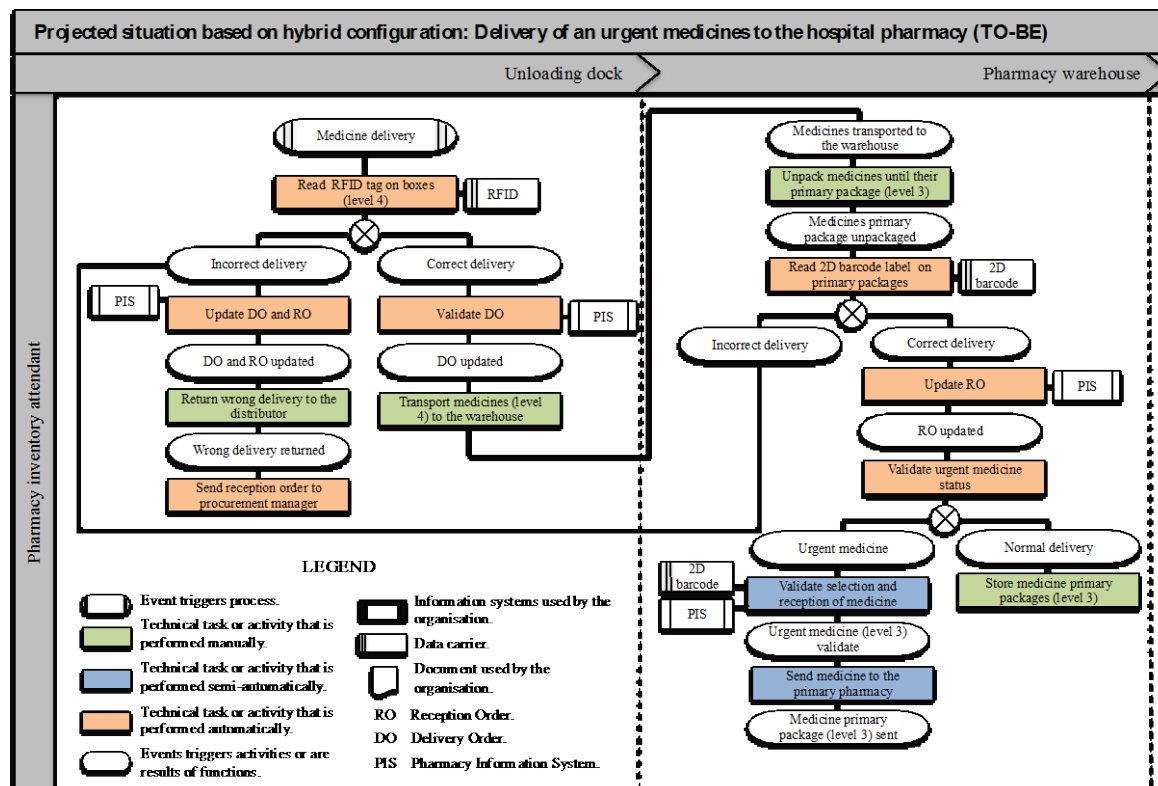
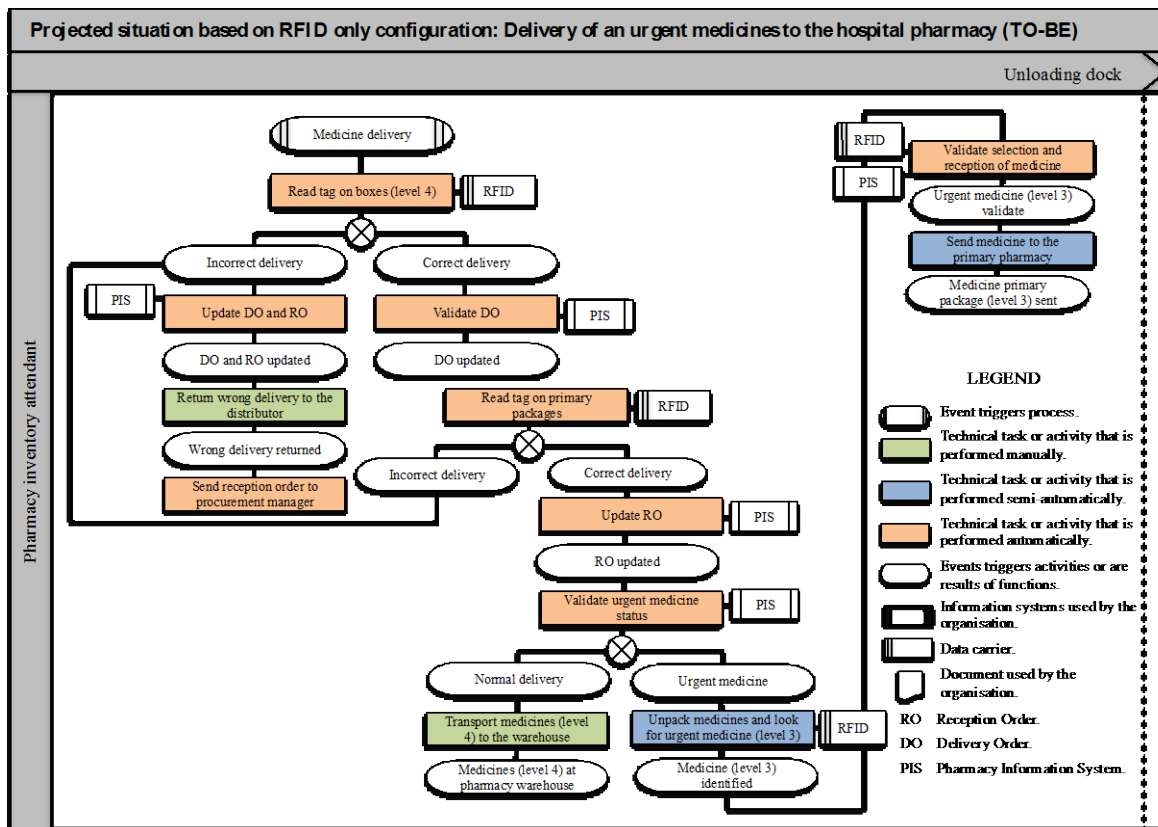
Zhang, Q. & Wang, X. (2009). SQL Injections through Back-end of RFID System, Proceedings of International Symposium on Computer Network and Multimedia Technology, 1-4.

Appendix 5.1. Macro process mapping: Primary processes for the hospital pharmacy logistics function



Appendix 5.2. Process mapping analysis: Delivery of an urgent medicine to the hospital pharmacy





Appendix 5.3. Content analysis for the delivery of an urgent medicine to the hospital pharmacy: Comparing the AS-IS process map to each of the three TO-BE process maps

Content analysis ¹	AS-IS	TO-BE 2D barcode only use	TO-BE RFID only use	TO-BE Hybrid solution
Number of technical tasks or activities				
Manual ²	10	4	2	4
Semi-automated ³	3	6	2	2
Automated ⁴	1	3	8	7
Total	14	13	12	13
Location related ⁵	2	2	1	2
Transport required ⁶	1	1	0	1

1. Content analysis includes here some quantitative data (simple frequency of different types of technical tasks or activities) and some qualitative data as indicated in the footnotes based on the comments from the participants.
2. Manual technical tasks or activities are very time-consuming, inaccurate, inefficient and error-prone processes.
3. Semi-automated technical tasks or activities are time-consuming but more accurate, more efficient and less error-prone than manual processes.
4. Automated technical tasks or activities lead to very efficient and accurate processes.
5. Locations where the tasks or activities are executed for the delivery of an urgent medicine, such as the unloading dock or the pharmacy warehouse.
6. Transport activities imply time-consuming processes.

CHAPITRE 6 BREAKING THE BARCODE AND RFID MYTH: ADOPTION PATHS FOR IMPROVING THE MEDICATION PROCESS¹¹

Abstract

The use of barcode has become a key primary technological strategy for improving healthcare service quality in general and point-of-care patient safety in particular. But will RFID eventually replace the widely adopted barcode technology for decreasing adverse medication events? This paper explores four different adoption paths for improving the medication process of an emergency department, namely full barcode implementation, full RFID implementation, migration and hybridization. Since medication errors are considered the most frequent type of adverse events occurring in hospitals, it appears rather crucial to gain a better understanding of the relative advantages and drawbacks related to each of these four adoption paths.

Keywords: *Adverse medication events, RFID, barcode, technology adoption and medication process.*

6.1 Introduction

Reducing adverse medication events and improving patient safety are recognized as a high priority for the management of health care systems (MacDonald, 2006). In fact, the *Institute of Medicine* (IOM) has reported that between 80,000 and 116,000 hospitalized patients die in the U.S. because of an adverse event (Kohn et al., 2000). The problem of medication errors is worrisome since one to two million of patients in U.S. are affected every year by medication-related problems (Clancy, 2004). Indeed, medication errors are considered as the most frequent type of adverse events noted in the IOM report (Crane and Crane, 2004) and, on average, a North-American patient experiences at least one medication error per day (Weise, 2006). Beside their negative impact on human health, medication errors entail rather significant costs. Indeed, adverse drug events in hospitalized patients are responsible for more expensive and longer hospitalizations (Agency for Healthcare Research and Quality, 2008). According to Bates (2000), medication errors increase the length of stay by as much as 4.6 days and a longer stay costs \$4,685 per event. In United States, the annual cost of medication errors is estimated to range between \$1.56 and \$5.6 billion (Bates, 2007). Fortunately,

¹¹ Alejandro Romero, Élisabeth Lefebvre and Louis A. Lefebvre (2011), Breaking the barcode and RFID myth: Adoption paths for improving the medication process, *International Journal of Computers and Communications*, Vol. 4 No. 5, pp. 223-235 (article publié).

research shows that about 50% of adverse medication events are preventable (Bates, 2000).

The introduction of information technology, such as *Computerized Physician Order Entry* (CPOE), e-prescribing, clinical decision support or smart pumps, can promote safe medication practice. Barcode and RFID technologies are the two main technological advances that hospitals are relying on to decrease the occurrence of adverse medication events. These technologies can enhance patient safety at any activity of the medication process. The use of barcode for the administration process tends to increase exponentially in healthcare organizations in the United States and Europe. According to a current review of relevant literature, adoption of barcode is mandatory to ensure the five rights of the medication administration process: right drug, right route, right patient, right dose, and right time (Sakowski et al., 2005). In contrast, RFID, considered as a potential successor to barcode, offers more advantages (Kye et al., 2008) but its adoption rate remains much lower than the one experienced by barcodes. The extent to which the adoption of RFID is significantly affected by the omnipresence of the “old” barcode technology remains unknown.

This paper explores the potential adoption paths for barcode and RFID technologies in the medication process, namely *full barcode implementation*, *hybridization*, *migration* and *full RFID implementation*. More specifically, we will attempt to assess if each of these adoption paths is better suited to support the activities related to the stages of the medication process. This paper is structured as follows. The next section presents the different stages of medication process, provides a brief overview of the barcode and RFID technologies and examines the different adoption paths. The third section presents the methodology while some preliminary results are discussed in the fourth section. The fifth and last section offers some concluding remarks.

6.2 Background

6.2.1 The medication process

Health governmental institutions, healthcare facilities and, researchers are actively involved in the improvement of patient safety (Runciman et al., 2009). Because patient safety in hospitals cannot be taken for granted, adverse medication events have become an important, frequently studied and discussed phenomenon (Runciman et al., 2009). Several studies have showed that errors are not produced by the negligence or incompetence of healthcare practitioners, but are rather the result of the organization of medication process, the way the medication service is delivered and the availability of resources (Wilson et al., 2005). The medication process is complex and error prone mainly due to the large number of processes and the wide array of healthcare facilities, professionals and personnel involved. Any process within medication system, combined with the

context of limited resources, may represent a potential source of adverse medication events that can damage patients' health.

The process for ensuring the medication service in a hospital facility is lengthy and contains numerous steps (Ulanimo et al., 2007). The medication process covers five main stages: ordering, transcribing, dispensing, administering and monitoring (see Figure 6-3). Although many factors can contribute to medication errors, starting from the initial step of writing a prescription to the last step when monitoring the patient (Greenfield, 2007), previous research on medication errors tends to focus on two main stages, namely ordering and administration that are considered by Trossman (2007) as less secure. In fact, adverse medication errors occur most frequently in ordering (34.7%) and administration (36.9%) stages (Trossman, 2007) and 90% of these errors could be prevented (Bates, 2000). Some researchers (Ulanimo et al., 2007; Lutton et al., 2009) reported that inappropriate identification of the patient and incorrect doses are the two main causes of errors during these two stages.

Despite all the efforts made to improve medication safety, such as education, errors reporting, performance improvement initiatives and process redesign, adverse medication events continue to occur in all stages of the medication process. The reliance of various technologies like barcodes and smart pumps is considered as a new option to reduce medication errors (Bates, 2007; Ulanimo et al., 2007).

6.2.2 Adoption of new technologies for the medication process

Technology can lower the frequency of adverse medication events by improving quality and communication, by tracking patients and medication doses, by preventing errors, by facilitating a more rapid response after the incidence of an error, and by documenting and analyzing adverse events (Bates, 2007; Rahimi et al., 2009). In the last years, several healthcare institutions, including *IOM* and *WHO*, have started to focus on technological solutions for safe medication strategies [18]. According to the literature, the most common type of technology implemented in several healthcare facilities in the North America, Europe and Asia are *Electronic Medical Record* (EMR), *Computerized Physician Order Entry* (CPOE), *Pharmacy Information System* (PIS), smart infusion pumps and barcode technology. Besides their capacity to allow safe zero-error medication process and improve effectiveness, these technologies can decrease the costs of healthcare services since repetitive routine human activities could be automated (Bates, 2007). Many of those technologies are being developed and directly integrated into the medication process while others are waiting for full implementation.

Among the most prevalent adopted technologies, barcode is used to verify patient identification, and to prepare, distribute and administer medication doses (Agency for Healthcare Research and Quality, 2010). Since the *Food and Drugs Administration* (FDA) had suggested the use of barcode for tracking medicines in 2003, the healthcare facilities turned increasingly to barcode for ensuring the five's rights of medication (Meadows, 2003). The success of the barcode technology has been highly documented. For instance, the *Veterans Affairs Medical Centre* stated that the application of barcodes on patient beds and medication doses could reduce 86% of adverse events (Meadows, 2003), allowing 5.7 millions of savings (Wu et al., 2009). More recently, FDA reports that barcode adoption for the medication process can prevent 50% of adverse events (FDA, 2006). In recent years, barcode adoption has become mandatory to ensure the quality of healthcare services. For instance, the *American Recovery and Reinvestment Act* of 2009 provides financial incentives to hospitals for the use of barcodes for the medication process (Health IT Policy Committee, 2009).

RFID technology is “*considered as the potential successor of barcode technology*” (Schmidt et al., 2010, p.1). RFID and barcode are conceptually similar and belong both to the same technology family, namely *Auto-Identification and Data Capture* (AIDC). The AIDC solutions share the same capacity to track objects, humans and animals. In the medication process, both the barcode technology and the RFID technology accomplish the same requirement, namely the identification of medicines and patients and they can both prevent adverse medication events. However, these two technologies are different because of two main reasons: i) barcode is read-only whereas RFID is read and write, and ii) barcode requires a line of sight for lecture whereas RFID is contactless, data being transmitted by radio frequency (Wu et al, 2009; Luton et al., 2009). Because RFID allows automatic lectures, manual labor can be replaced by semi or totally automated processes (Romero et al., 2009; Lai et al., 2008; Lefebvre et al., 2011) and as a consequence, potential human errors could be prevented. Several technological organizations were quite optimistic about RFID potential and have envisioned that RFID would rapidly be implemented in healthcare applications (Lai et al., 2009). For instance, *ID TechEx* estimated that the market of RFID solutions for healthcare in North America would grow from 90 million in 2006 to 2.1 billion in 2016 (ID TechEx, 2006).

Even if RFID is often considered as more promising than barcode, RFID is not widely adopted in the healthcare and cannot totally replace the “*old technology*” barcode. It seems that “*the prevalence of barcode, are likely to affect the adoption and diffusion of RFID technology*” (Schmidt et al., 2010, p.1). Nevertheless, some scholars predict that RFID, once more mature and less costly, could gradually replace the current barcode systems in healthcare (Wu et al., 2009) and healthcare facilities are currently facing several adoption paths as it will be discussed in the next section.

6.2.3 Adoption paths for barcodes and RFID

In order to improve the safety of the medication process, the following adoption paths may be considered: *full implementation of barcode technology, full implementation of RFID technology, integration or hybridization of both technologies, and migration from barcode to RFID*. Between the full barcode implementation aimed at the identification of assets, medicines and medical staff and the full RFID implementation meant to improve safety, stock control and real-time traceability, co-existence between barcode and RFID is increasingly being accepted by industry and academic: Wu et al., 2009; Schmidt et al., 2010; Michael et al., 2006.

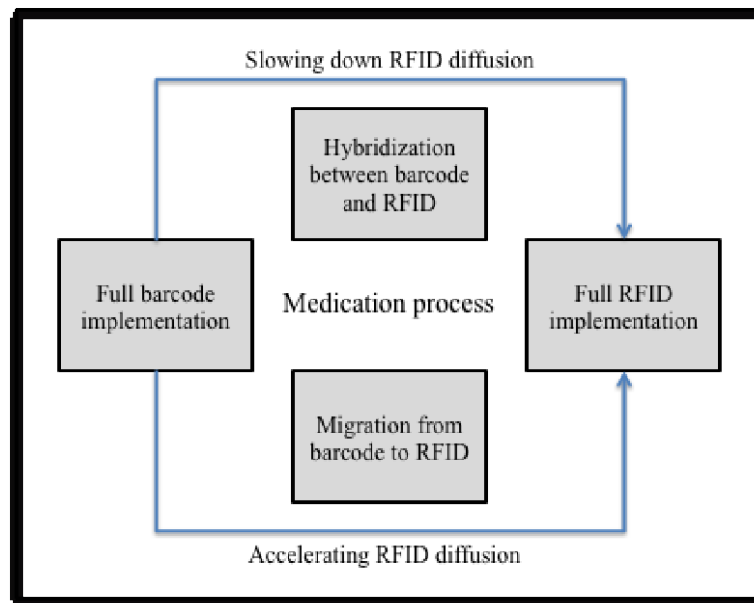


Figure 6-1: Adoption paths (adapted from Hovav et al., 2006)

When an old and a new technology can fulfill similar tasks, the transition from the older one to the new one can be reflected by the co-existence of both technologies. The older technology can be a prerequisite for full implementation of a new technology and even accelerate its adoption (Schmidt et al., 2010). The old technology can be used for critical processes and as a backup solution while new technology performance is assessed. Nevertheless, *“the longer the transition phase continues, the more it will become ingrained into application as a de-facto standard”* (Michael et al., 2006, p.3). Co-existence means that healthcare facilities can either migrate from barcode to RFID or chose a hybrid solution that capitalizes on both barcode and RFID (see Figure 6-1). The main focus of this paper is to analyse the different adoption paths and their potential for each stage of the medication process.

6.3 Methodology

6.3.1 Participants organizations

Hospital A represents the primary research site but other healthcare entities, government institutions, associations and technology organizations also gave valuable inputs and insights (see Table 6-1). In total, eight organizations and 27 healthcare professionals and key managers participated to the field research study.

While the medical clinic and three hospitals (hospital A, hospital B and hospital D) are implementing new pharmacy equipment for supporting the preparation and distribution of medication doses using the barcode technology, only one hospital (hospital C) went forward with a RFID pilot project for assessing the potential of this technology for medicine distribution. However, the hospitals A, B, C and D, and the medical clinic use neither barcode nor RFID for identifying medication doses and patient during the administration of medicines. The government institution is involved in different programs for decreasing medication errors by automating the medication process and is also involved in the technological projects undertaken in three hospitals (A, B, D) and in the medical clinic. The pharmacist association represents the perspective of pharmacists and pharmaceutical scientists. The technology provider works with different healthcare organizations in order to develop new equipment and software for the medication process and is involved in the projects undertaken in hospitals A, B and D.

6.3.2 Participants

The vast majority or 88% of individuals who participated to the focus groups and who were interviewed are well aware of the characteristics of barcode technologies and are involved in the development and implementation of barcode applications in their organizations. In contrast, fewer participants (44%) are knowledgeable about the RFID technology characteristics (Table 6-1). But, just 11% have been involved in a RFID pilot project.

Table 6-1: Profile of participants

Organizations	Participants	Number of participants	Knowledge of barcode technology	Knowledge of RFID technology
<i>Internal participants</i>				
Hospital A (primary research site)	Chief pharmacist	2	2	-
	Pharmacist	4	4	-
	IT project manager	1	1	1
	Chief nurse	2	2	-
	Technical assistant	3	3	-

Table 6-1: Profile of participants (continued)

Organizations	Participants	Number of participants	Knowledge of barcode technology	Knowledge of RFID technology
Hospital B	Chief pharmacist	1	1	1
	Pharmacy project manager	1	1	1
Hospital C	Chief pharmacist	1	1	1
	Pharmacist	2	2	2
Hospital D	Chief pharmacist	1	1	-
	Pharmacist	1	-	-
Hospital E	Chief IT	1	1	1
Medical clinic	Chief pharmacist	2	-	-
		22	19	7
<i>External participants</i>				
Government entity	Medical technology director	1	1	1
	Medical project manager	1	1	1
Pharmacists association	President	1	1	1
Technology providers	Project manager	2	1	2
		5	5	5
Total		27	24	12

6.3.3 Data collection strategies

We rely on multiple sources of empirical evidence in order to allow triangulation and strengthen the validity of results (Yin, 2003). Data collection was based on:

- (i) Multiple on-site observations allowed us to carry out the medication process mapping.
- (ii) Focus groups were conducted in order to identify and analyze critical activities, sources of errors and technological solutions.
- (iii) Semi-structured interviews were conducted for the validation of the medication process mapping and for the analysis of the different adoption paths.
- (iv) We also examined internal and external documentation to evaluate the key drivers and the main factors influencing the selection of any adoption path.

Within the scope of this paper, we will focus mainly on the medication process in the emergency department of the hospital A, a 600-bed hospital.

6.3.4 Primary research site: the Emergency Department in hospital A

The Emergency Department has been selected as the primary research site because of the high frequency of adverse medication events. This 45-bed department is characterized by a high volume of patients with critical and sometimes life-threatening conditions: it attends to approximately 33,000 patients annually requiring a wide variety of immediate and unplanned healthcare services. For patients with less critical conditions, the hospital emergency room waiting time to physician varies widely and can be exceptionally long during certain periods. For each of the three different shifts, the average number of staff members is slightly less than 45 persons: this includes physicians, nurses, technical assistants, clerks, nurse assistants and orderlies. The work environment in the emergency department is dynamic, complex, fast-paced, extremely demanding and therefore prone to medication errors.

Hospital identification			
Medication dose number	Date/Hour	Care Unit	
PRESCRIPTION NUMBER	Physician requiring order		
Pharmacy identification	Pharmacist responsible		
PATIENT NAME	Patient number	BED NUMBER	
Administration information			
MEDICINE NAME	Dose quantity	Lot number	
Expiration date:			
Refills remaining	Date	Quantity	

Figure 6-2: Medication label

The emergency department is divided into three main services, namely, ambulatory, acute care and reanimation, and has its own pharmacy (secondary pharmacy) with the most frequently used medicines. The central hospital pharmacy is responsible to give medication services (on average, more than 300 doses per day) to the emergency department.

The hospital pharmacy has recently adopted new automated distributors and automated unit-dose equipment: McKesson Acudose-Rx and McKesson PACMED. Because these equipments require the identification of medicines and doses using barcode technology, hospital pharmacy is building a barcode infrastructure to control its medicines and doses. Each medication dose is identified by a label containing patient name, medication name, quantity dose, administration instructions and a barcode (see Figure 6-2). In the short term, this hospital will invest in a barcode medication

administration BCMA infrastructure in order to ensure the medication process by identifying patient and doses at the administration point.

6.4 The current situation

6.4.1 The medication process in the Emergency Department in hospital A

In order to better understand the potential adoption paths for barcode and RFID, the current medication process has been thoroughly analyzed and the underlying processes were mapped using a drilled down approach- i.e. from the most general to the most detailed processes- (Table 6-2). As displayed in Figure 6-3, the medication process entails six broad processes namely ordering, transcribing, preparing, distributing, administering and monitoring. Using a drill-down approach, these six medication processes are divided into twenty sub-processes (P1 to P20) which are in turn subdivided into 72 activities (P1.1 to P20).

The first two processes, ordering and transcribing, refer to elements such as selecting the correct medicine and processing the medication order. The physicians write an order by identifying a patient using his or hers healthcare file and bed number (Table 6-2, sub-processes P1, P2 and P3). Before its transmission by pneumatic service, nurses must validate that medication order cannot be supplied by the emergency department automated distributor (sub-process P4).

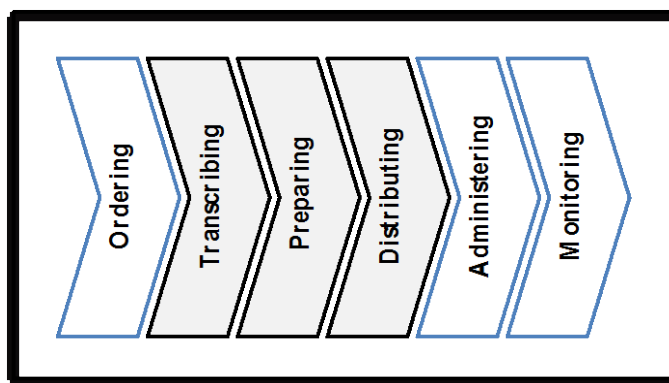


Figure 6-3: Medication process

At the central pharmacy, the medication order (paper) is transcribed into the Pharmacy Information System and is then validated by the pharmacist (sub-processes P5, P6 and P7). Once the order is validated, medication doses are prepared manually or automatically by using automated uni-dose or smart shelves machines (sub-process P8 and P9). A tag identifies the medication dose (Figure 6-2) and is placed into the dose container, here in a plastic bag (activity P8.2). Before the distribution to the emergency department, the pharmacist and his or her assistants must ensure the double

validation between the medication order, the medication dose and the tag identifying the dose (sub-process P10). The doses can be transmitted to the emergency department by pneumatic service, by scheduled assistant or by special distribution (sub-processes P11, P12, P13 and P14). The pneumatic service is used for regular doses, while the scheduled assistant distributes controlled or “sensitive” medication doses such as morphine or benzodiazepine. Special distribution refers to the distribution of urgent doses by an assistant from the emergency department.

At the point of administration, it is the nurse’s responsibility to select the correct dose by reading the medication label, to identify the correct patient and to use the correct route of administration (sub-processes P16 and P17). Usually, the nurse verifies patient’s identification by reading bed number and verbally confirming their names. Once the doses are administered, the nurse is responsible for documenting the medication service (sub-process P18) and monitoring patient (sub-processes P19 and P20), which represent the last steps of the medication process.

From the information displayed in Table 6-2, the medication process is complex and prone to errors for three main reasons:

First, it entails a large number of activities. The 72 activities (first column of Table 6-2) fall mainly under the responsibility of two hospital units, the emergency department (ED) and central hospital pharmacy (CHP) as displayed in the second column of Table 6-2. As both units undertake key medication processes, the information flows between these units becomes a critical factor for efficiency and quality of the medication service.

Second, the medication process involves healthcare professionals, specialists and technicians, such as physicians, nurses, pharmacists, pharmacy technicians and ED assistants (third column of Table 6-2) who have to carry out these sometime overlapping activities while relying on different manual, semi-automated and automated procedures and following several medical protocols. Moreover, they must use a variety of medical equipments and devices such as distributors, caskets, robots, automatic shelves, control medicines cabinets, fridges, temperature sensors, etc. These rather repetitive and administrative activities are indeed necessary to accomplish all the processes of the medication service but they prevent healthcare professionals to fully devote their energies and time to patient care activities.

Third, medication errors may arise from any of the 72 activities but occur at different levels of frequency (last column of Table 6-2), ranging from a low level (42 activities) to a high level (18 activities). For these 18 critical activities, three main sources of errors can be identified:

(i) An incorrect medication order (activities P3.1, P3.2 and P6.1): The lecture or the interpretation of a medication order can trigger critical adverse events. If physician does not specify adequately the medicine in the medication order, the pharmacy staff may encounter several difficulties in the transcribing process. A pharmacist stated that *“sometimes medicines or active components have similar names. If physicians do not write correctly the name of medicine, the pharmacist can easily transcribe in the Pharmacy Information System PIS a different medicine, and so, produced an adverse event”*.

(ii) An incorrect identification of patient and limited patient information (activities P1.1, P1.2, P2.1, P3.1, P16.2, P16.3, P17.1 and P17.2): Healthcare professionals stated that they must identify and select information about the patient in different activities of the medication process. Nevertheless, actual processes and equipment do not yet automatically identifying patient or provide patient information. In fact, physicians and nurses usually ask the patient or verify the bed or room number in order to execute the identification. Giving that ED healthcare staff is often overworked and they must execute several activities at the same time, the frequency of potential errors could increase exponentially. A nurse pointed out that *“when several doses arrive at the same time, she takes them all, verifies patient correspondence and takes all the medication profiles with her at the same time”*. Another factor for an inappropriate identification is when medical staff cannot ask the patient for his identity. *“On numerous occasions, the patient is asleep, unconscious or he doesn’t want to cooperate with us”*. Therefore, medical staff must rely only on the bed or room number for identification.

(iii) An incorrect identification of medicines or medication doses and limited information (activities P8.2, P9.3, P9.4, P10.1, P10.3, P15.2, P17.2 and P17.3): The pharmacy staff insists that the identification of medicines represents the critical factor for decreasing medication errors. The central pharmacy is undertaking different initiatives such as a more efficient and accurate storage of medicines, using shelves with medicine identification labels and imposing the double verification of medicine name and dose quantity before the dose preparation. However, the identification of medicines is becoming complex because of the variety of medicines in the pharmacy and the similarity between medicines names, formats and packages. A pharmacist stated *“for a medication order, I can choose between two different medicines that contain the same active component but from different pharmaceutical laboratories. The identification is more difficult when we have two different medicines with when pharmacy or ED staff must identify medication doses. If they do not have enough time in order to read all the information containing into the medication dose tag, and thus errors can easily occur.*

Table 6-2: Medication process

MEDICATION PROCESSES, SUB-PROCESSES AND ACTIVITIES	Unit		Medical staff					Error frequency ¹
	ED	CHP	Physicians	Nurses	Pharmacists	Ph. Technicians	ED assistants	
ORDERING PROCESS								
P1. Pick information patient								
P1.1. Pick patient profile file	√			√			√	***
P1.2. Print patient information tag	√			√			√	***
P1.3. Give patient profile and information tag to the physician	√			√			√	*
P2. Defining medication patient treatment								
P2.1. Identify patient by asking his name or checking the bed number	√		√					***
P2.2. Evaluate patient condition	√		√					*
P2.3. Define medication treatment	√		√					*
P3. Writing medication order								
P3.1. Place patient information tag on a new medication order	√		√					***
P3.2. Write medication order	√		√					***
P3.3. Validate patient medication tag and medication order	√		√					**
P3.4. Place medication order in the medication order carpet for transmission to the pharmacy	√		√					*
Subtotal	10	0	7	3	0	0	3	
TRANSCRIBING PROCESS								
P4. Transmit medication order to the pharmacy								
P4.1. Pick medication order from ED medication order carpet	√			√			√	*
P4.2. Verify if medication order can be supplied at ED automated distributor	√			√			√	*
P4.3. Transmit medication order by pneumatic system	√			√			√	*
P4.4. Contact pharmacy service for urgent medication order	√			√			√	*
P5. Receive medication order								
P5.1. Verify regularly the reception of medication orders by pneumatic system		√				√		*
P5.2. Pick prescription order		√				√		*
P5.3. Write date and hour of reception on medication order		√				√		*
P5.4. Classify medication order by priority, hour and date		√				√		*
P6. Transcribe medication order								
P6.1. Transcribing medication order in the PIS		√				√		***
P6.2. Validate not missing information in the medication order		√				√		**
P6.3. Contact ED in case of missing information		√				√		*

Table 6-2: Medication process (continued)

MEDICATION PROCESSES, SUB-PROCESSES AND ACTIVITIES	Unit		Medical staff					Error frequency ¹
	ED	CHP	Physicians	Nurses	Pharmacists	Ph. Technicians	ED assistants	
P6.4. Transmit medication order to pharmacist for validation		√				√		*
P7. Validate medication order								
P7.1. Pick medication order in function of its priority		√			√			*
P7.2. Verify medication order in the PIS and in paper		√			√			**
P7.3. Analyze medication order in order to find any pharma-therapy incidence		√			√			*
P7.4. Contact ED physician in case of pharma-therapy incidence		√			√			*
P7.5. Update medication order in the PIS and in paper in case of correction		√			√			*
P7.6. Confirm the validation of medication order in the PIS		√			√			*
P7.7. Print medication dose tags for preparation and distribution		√			√			*
Subtotal	4	15	0	4	7	8	4	
PREPARING PROCESS								
P8. Prepare medication dose bag								
P8.1. Pick tags printed after pharmaceutical validation		√				√		**
P8.2. Place medication dose tags on medication bag		√				√		***
P9. Prepare medication dose								
P9.1. Read medication dose tag information		√				√		**
P9.2. Validate medication dose tag information		√				√		**
P9.3. Select medicine in function of medication dose tag		√				√		***
P9.4. Prepare medication dose		√				√		***
P10. Validate medication dose								
P10.1. Verify correspondence between medication dose and medication tag information (content and packaging)		√				√		***
P10.2. Confirm medication preparation in the PIS		√				√		*
P10.3. Re-verify correspondence between medication dose and medication tag information (double verification)		√			√			***
P10.4. Update medicine stock level control		√			√			**
P10.5. Place medication dose bag in ED distribution casket		√			√			*
P10.6. Print order for distribution		√			√			*
Subtotal	0	12	0	0	4	8	0	
DISTRIBUTING PROCESS								
P11. Prepare for distribution								

Table 6-2: Medication process (continued)

MEDICATION PROCESSES, SUB-PROCESSES AND ACTIVITIES	Unit		Medical staff					Error frequency ¹
	ED	CHP	Physicians	Nurses	Pharmacists	Ph. Technicians	ED assistants	
P11.1. Pick distribution order from ED distribution carpet		√				√		*
P11.2. Validate the distribution order		√				√		*
P11.3. Classify medication dose bag in function of defined distribution type		√				√		**
P12. Distribution by pneumatic system								
P12.1. Transmit by pneumatic service the medication dose bags		√				√		*
P12.2. Confirm distribution in the PIS		√				√		*
P13. Distribution by assistant (scheduled distribution)								
P13.1. Arrive to the pharmacy service		√					√	*
P13.2. Leave returned medication doses		√					√	*
P13.3. Validate the distribution order		√					√	*
P13.4. Place medication dose caskets in the distribution cart		√					√	*
P13.5. Confirm distribution in the PIS		√					√	*
P13.6. Distribute medication dose casket to the ED	√						√	**
P14. Receive medication doses								
P14.1. Pick medication dose bags from pneumatic service or dose casket	√			√			√	*
P14.2. Place medication dose bags in the ED nurses desk	√			√			√	*
P15. Validate medication dose reception								
P15.1. Verify distribution order	√			√			√	**
P15.2. Verify medication tag information and distribution order	√			√			√	***
P15.3. Place dose bag in returned casket in case of wrong distribution	√			√			√	*
P15.4. Contact pharmacy service in case of missing medication dose	√			√			√	*
P15.5. Confirm reception of medication dose in the PIS	√			√			√	*
Subtotal	8	10	0	7	0	5	13	
ADMINISTERING PROCESS								
P16. Validate medication dose								
P16.1. Pick medication dose bag	√			√				*
P16.2. Identify information of patient in the dose tag	√			√				***
P16.3. Pick patient profile file	√			√				***
P16.4. Verify the validity of medication dose with the medication order of patient	√			√				***

Table 6-2: Medication process (continued and ended)

MEDICATION PROCESSES, SUB-PROCESSES AND ACTIVITIES	Unit		Medical staff					Error frequency ¹
	ED	CHP	Physicians	Nurses	Pharmacists	Ph. Technicians	ED assistants	
P16.5. Contact pharmacy service in case of error or missing information	√			√				*
P16.6. Return medication doses with errors or missing information	√			√				*
P17. Administer dose								
P17.1. Identify patient by asking his name or by bed number	√			√				***
P17.2. Verify dose tag information in order to validate the 5R for administration	√			√				***
P17.3. Administering medication dose following medication instructions	√			√				***
P18. Document administration								
P18.1. Confirm administration in the profile file	√			√				*
P18.2. Place administration wastes (bag and others) in the waste basket	√			√				**
Subtotal	11	0	0	11	0	0	0	
MONITORING PROCESS								
P19. Supervise patient	√			√				*
P20. Communicate with physician and/or pharmacy service	√			√				**
Subtotal	2	0	0	2	0	0	0	
Total	35	37	7	27	11	21	20	

1: Frequency errors where * means low frequency, ** medium frequency and *** high frequency

6.5 Adoption paths

Hospitals can consider four different adoption paths (see Figure 6-1), *namely full barcode implementation, full RFID implementation, migration and hybridization*. Each of these four adoption paths allows to identify patients, medicines and medication doses throughout the medication process but some may be better fitted for certain processes displayed in Table 6-2. We will attempt to assess, based on the empirical evidence gathered from the field research, which adoption path is more appropriate (Table 6-3).

Table 6-3: Factors of decision for the four adoption paths

	Full barcode implementation	Full RFID implementation	Migration	Hybridization
Data carrier	Barcode	RFID tag	Barcode (temporary) and RFID	Barcode and RFID
Reader	Barcode reader	RFID reader	Barcode reader (temporary), RFID reader or Barcode and RFID compatible reader	Barcode and RFID compatible reader
Data capacity	Limited if 1D barcode	Enough for the medication process	Enough for the medication process	Limited if 1D Barcode
Compatibility with Medication process	All processes	Ordering, administration and monitoring processes	Ordering, administration and monitoring processes	All processes
Compatibility with actual equipment	High	Low	Low	Medium
Compatibility with actual healthcare industry investment	High	Medium	Medium	New figure
Complexity of implementation	Low	High	Medium	Medium
Cost of implementation	Low	High	Medium	Medium
ROI	Appropriate	Appropriate for patient identification but uncertain for medicines and medication dose identification	Appropriate for patient identification but uncertain for medicines and medication dose identification	Appropriate
Government support	Important	Medium	Low	Low
Pharmaceutical industry support	Medium	Medium	Medium	Medium
Technology providers support	Medium	Medium	Medium	Important

6.5.1 The relevance of a full barcode implementation

The **full barcode implementation** path relies only on barcode technology for the identification of patients, medicines and medication doses. A barcode placed on a wristband carries the patient's ID (Figure 6-4). Additional information such as patient's name, age, sex, admission date, care unit and allergies, is written directly on the wristband. Medication doses can be identified using a barcode label similar to the actual medication dose tag used in the hospital A (see Figure 6-2). The

medication dose label must carry a barcode representing a unique serial number and can display extra written information, such as medication dose number, date/hour, care unit, prescription number, physician requiring order, pharmacy identification, pharmacist responsible, patient name, patient number, bed number, administration information, medicine name, dose quantity, lot number, supplier, expiration date, refills remaining, date and quantity. Finally, medicines can be identified using a label containing a barcode which holds the pharmaceutical product code (GTIN or HIBC) or code defined by the hospital. Once again, the medicine label can also hold written information, such as the serial number, the expiry date and the batch code (Figure 6-5). Written information on either the wristband or on the medicine label can be relied upon when barcode reader is not available or it experiences lecture problems.



Figure 6-4: Patients's barcode wristband



Figure 6-5: Medicine barcode label

Barcodes emerge as the predominant solution to ensure identification in all the steps of the medication process (from activities P1.1 to P20) because of the following reasons. First, the low costs of barcode and readers play an important role in the evaluation of this particular adoption path. Low costs are considered as the most important advantage of the barcode technology by the majority of the interviewed participants. Second, barcode is a mature technology that has been widely used in different healthcare applications and adopted in several industries. It allows reducing

the complexity of the barcode integration in the medication process while its implementation entails limited changes to the actual processes and limited technological upgrades to ensure compatibility with current hospital information systems. Third, the resistance to change may be minimized when using the barcode as data carrier. Giving that healthcare givers, pharmacy professionals, and even, patients know the barcode technology and how it works, they do feel more comfortable when using it or when being identified by it. Fourth, incorporating barcode as a data carrier in the patient's wristband, medication dose label or medicine label is not a complex task as barcode can be directly marked using the available printing technologies on a rather small surface of the actual patient's wristband, medicine package or medication dose label. Fifth, barcode entails high accuracy and current barcode readers report better accuracy lecture rates than RFID readers. Finally, the adoption of barcode technology is supported by external key actors in the pharmaceutical sector, by manufacturers of pharmacy-automated equipment, and by healthcare institutions and government institutions. In fact, there are several financial assistance programs in North America and Europe promoting the barcode utilization.

However, the implementation of barcode technology entails new issues for the medication process and new sources of errors. For instance, barcode can increase the workload of healthcare givers and pharmacy professionals, as it requires a direct line of sight for reading the information on the barcode symbol. As observed by one pharmacist, this may have a positive impact on the patient's identification because physicians and nurses must read directly the patient's wristband (activities P2.1 and P17.1). Nevertheless, barcodes are more complex to handle for the pharmacy staff that must manage multiple medication doses and medicines at the same time (activities P9.3, P11.2, P11.3 and P15.2). Several participants added that the one-dimension (1D) barcode has a limited data storing capacity as it can only hold up to 12 characters. Therefore, it can only carry either the patient's id or medication dose id or medicine national code. Other participants mentioned that readers couldn't execute accurate lectures when the barcode labels are damaged or dirty. Since patients may receive different treatments, wristbands can be easily damaged. As result, physicians and nurses must read the patient's name or id registered in the wristband in order to execute his identification.

Fortunately, some 1D barcode drawbacks, such as a limited data capacity and lecture problems, have disappeared with two-dimensional (2D) barcodes. For example, the 2D barcode, such as PDF 417, Data Matrix and Aztec, can hold more information than 1D barcode. A 2D barcode can carry up to 3116 digits, 2335 alphanumeric characters, or 1556 bytes (Kato et al., 2010). The 2D barcodes can also handle a high degree of information redundancy -i.e. even if barcode is damaged, the

reader can execute accuracy lectures. As result, the lecture problems can be reduced or eliminated. Although the 2D barcode requires the purchase of new 2D barcode readers, adopting this data carrier does not entail high costs for the hospital because 2D barcodes are compatible with 1D barcode processes and printing technologies.

With a full barcode implementation, hospitals have two alternatives, namely 1D or 2D barcodes. On the one hand, if hospitals are opting for the 1D barcode, the barcode readers must get the additional information from the hospital information systems. More specifically, barcode readers must have access by Wi-Fi to the PIS, CPOE and electronic medical records. On the other hand, if hospital implements a 2D barcode, additional information can be held directly in the barcode. Nevertheless, information stored in 2D barcode is static. This means that hospital must reprint the patient's wristband or medication label in case of any change in the patient's information or medication dose information. This results in an additional workload for nurses and pharmacist professionals, as well as new sources of errors.

6.5.2 The relevance of a full RFID implementation

The **full RFID implementation** path implies the identification of people (here patients) and objects (here medicines and medication doses) with RFID tags. Similar to full barcode implementation, patient must have a wristband with a RFID tag (Figure 6-6). This tag is able to carry patient's name, id, age, sex, admission date, care unit and allergies. This information must be also registered in characters in case of lecture problems or RFID reader unavailability. The medication doses must hold a label as showed in Figure 6-2 but, in this case, label has to incorporate a RFID tag which carries all the information regarding the medication dose (Figure 6-7). Finally, medicines can carry either in their primary and/or secondary package an independent label with a RFID tag containing the medicine information: the pharmaceutical product code (GTIN or HIBC) or code defined by the hospital, the serial number, the expiry date and the batch code (Figure 6-8). Similar to the patient's wristband, medication and medicine label must also display the written medication information.



Figure 6-6: Patient's RFID wristband

Hospital identification			
Medication dose number	Date/Hour	Care Unit	
PRESCRIPTION NUMBER	Physician requiring order		
Pharmacy identification	Pharmacist responsible		
PATIENT NAME	Patient number	BED NUMBER	
Administration information			
MEDICINE NAME	Dose quantity	Lot number	Supplier
Expiration date:			
Refills remaining	Date	Quantity	

Figure 6-7: Medication dose label furnished with a RFID tag

Hospital identification
Pharmaceutical product code GTIN
MEDICINE NAME
Expiry date
Batch code

Figure 6-8: Medicine label furnished with a RFID tag

The implementation of RFID offers several advantages for the medication process. First, RFID readers don't require a direct line of sight in order to execute the lecture of data and therefore allows, anytime and without exception, the patient identification (activities P2.1 and P17.1) even if he is sleeping, unconscious, unable or unwilling to collaborate. If patient has a RFID wristband, healthcare professionals can easily read by radio wave the patient identification. Second, multiple

tags can be read at the same time, resulting in time savings and a better control of medicines and medication doses for the preparing and distributing phase (activities P9.1, P9.2, P9.3, P9.4, P11.2, P11.3 and P15.2). Third, RFID tags have a similar or superior data capacity than the 2D barcodes (up to 128 Kbytes). This attribute allows storing additional information about patient, medication dose and medicines directly in the RFID tag. Fourth, RFID readers can read but also write the information registered in the RFID tag. Therefore, RFID enables to update in real time the patient's information, the medication dose or medicine information without changing or reprinting the label or patient's wristband. This feature can also trigger medication process savings because RFID tags can be reused when the patient leaves the hospital or when the medication dose has been administered (activity P18.2). Fifth, RFID tags allow automatic multi-items reading. In this way, medicines stored in the pharmacy and medication doses waiting for distribution can be controlled in real time. This leads to several logistic management benefits, namely better visibility of medicine and medication dose inventory, increased distribution and reception accuracy, more appropriate product recall, more effective management of medicines expiration dates, reduction of medicine handling and reduction of thefts and medicine substitution. Finally, RFID tags can be furnished with sensors that are able to control environment characteristics and patient conditions. As result, pharmacy can monitor the temperature of sensitive medicines that require being stored in low temperatures while the RFID wristband can monitor the patient temperature and his localization.

Outside the medication process, RFID could also bring other benefits. Pharmacy logistics activities such as reception, storing or distribution to central or secondary pharmacy could be improved by the RFID capacity to track and trace objects in real time without human intervention.

In spite of these benefits, the participants identified several drawbacks. The most important drawback deals mainly with an uncertain ROI (return on investment). Hospitals tend to tag high value and high cost assets with this data carrier. Therefore, a full RFID implementation for medication doses and medicines would not yield an appropriate ROI. Participants to the field research were also concerned by potential problems with reading accuracy. In fact, liquid and metal products can produce incorrect lectures of RFID tags. As a third drawback, participants felt that current processes and technological systems are not ready for getting RFID information. Collisions may happen when multiple tags are read simultaneously. A pharmacist stated that *"pharmacists and current information systems are not able to manage all the information getting from multiple readings"*. He added *"Since several medicines and doses are stored and handled in a small cabinet, pharmacist can easily get the information of an incorrect medicine when he's preparing the medication doses. This can result in several errors"*. Even if anti-collision schemes have been

developed, this problem remains to be resolved. Finally, patient's RFID identification raises several privacy concerns. Information concerning the patient can be detected and modified by unauthorized readers. Several participants in our research work mentioned "*hospitals would not opt for RFID adoption if patients' information remains unprotected*". Encryption schemes have been also developed in order to ensure the security and integrity of information registered in the RFID tag. Nevertheless, healthcare givers and specially patients are still feeling that information is not adequately protected.

6.5.3 The relevance of coexistence: Migration for barcode to RFID

The *migration from barcode to RFID* is appropriate for hospitals that already have a barcode infrastructure for their medication process and wish to upgrade their data carrier. In fact, it allows a progressive implementation of RFID into the medication process since barcode basically serves as a support mechanism for ensuring the operability of medication process during RFID implementation, while technological problems with the new technology are solved or while the organization adapts itself to the new RFID system. This adoption path is considered as temporary because the final objective is to achieve the full RFID implementation. When the RFID system reaches successful implementation and organization acceptance, the barcode technology could be progressively removed from the medication process. During the migration phase, patient must hold a wristband with a barcode and a RFID tag. Similar to the wristband used for the full implementation of RFID or barcode, the wristband must hold additional information in characters (Figures 6-4 and 6-6). The medication doses, as well as medicines, are identified using a label incorporating both data carriers. Additional information concerning the medication doses and medicines must also be registered in characters (Figures 6-2, 6-5, 6-7 and 6-8). Once the migration is completed, only the RFID tag will be placed on the wristband and the label. This entails several changes in the label and the wristband, in the printing process, and in the medication process. These changes will result in extra costs and may induce further resistance.

The characteristics of the readers have to be also considered for the evaluation of this adoption path. Before the migration, readers are only able to recognize the barcode nomenclature. During the migration, the hospital has two alternatives for executing lecture from the two data carriers. On one hand, the hospital could purchase new RFID readers, which implies that healthcare professionals must rely on both barcode and RFID readers for identification of patients, medication dose and medicines. Obviously, this makes the medication process more complex. On the other hand, hospital could purchase readers that are compatible with both data carriers. Nevertheless, once the RFID technology is fully implemented, this reader will not be used to its full capacity (and therefore

this investment will not be well-spent), because the barcode lecture will be no longer be required. This can again translate into an inappropriate ROI.

The migration adoption path seems particularly fitted for the patient identification in ordering, administering and monitoring phases (activities from P1 to P3 and from P16 to P20). In fact, the patient can be always identified because of the RFID tag, even if his wristband is not visible. This migration could be achieved in a short time if the hospital invests resources to resolve privacy concerns. With respect to identification of medication doses and medicines during the preparing, distributing and administering stages (activities from P8 to P18), the migration could take a longer period due to the high RFID costs and some technology limits. As result, the use of both technologies could become a de-facto standard for the medication process.

6.5.4 The relevance of coexistence: Hybridization

The **hybridization path** relies on barcode and RFID for the identification of patients, medication and medicines. This path capitalizes on the relative advantages of both technologies. *Hybridization* could be achieved in two different ways, namely integration and combination.

Hybridization by integration requires using a label holding RFID and barcode technology for identifying medication doses and medicines, and a wristband containing both data carriers for patient's identification. *Hybridization by integration* could occur for all the steps of the medication process. At the preparing and the distributing processes (activities from P8 to P15), this path could be preferable to ensure the performance of automated equipment. Solutions such as *Fulfill Rx*, *IntelliShelf-Rx* of McKesson rely on RFID for the identification of each medicine container and on barcode for identification of doses. If this hybridization solution is adopted for the preparation stages, other automated equipment such as automated distributors or robots could operate with both technologies. This particular adoption path could combine both technologies in order to support the medication process and improve logistic management activities. While barcode can be used for identifying medicines and doses in the medication process, RFID can be used for executing logistic process. Hence, the hospital could get a more profitable ROI. *Hybridization by integration* could also have a positive impact for the ordering, administering and monitoring phases (activities from P1 to P3 and from P16 to P20). In fact, double validations can be incorporated by reading both carriers in order to improve the identification of patients. Despite these benefits, the hospital must evaluate the cost of double tagging the patient, the medication dose and the medicines with barcode and RFID technology.

Hybridization by combination requires using barcodes for identifying medication doses and medicines while the RFID wristband identifies patients. Both hybridization alternatives rely on using readers that are able to recognize the two data carriers. This means that the same reader can be used for identifying objects and people, even if they have a barcode or an RFID tag. As result, the medication process becomes less complex and the hospital realizes some savings. *Hybridization by combination* could also be favorable for all the stages of the medication process. This adoption path is based on the fact that hospitals are looking for the most effective solution while respecting strict financial constraints. For ordering, administering and monitoring processes (activities from P1 to P3 and from P16 to P20), it seems that patient's identification by RFID technology entails an appropriate and attractive ROI. In fact, ensuring the identification of patient even if his wristband is no totally visible allows the reduction of several medication errors resulting in important savings for the hospital. Moreover, hospital could obtain more financial benefits if RFID wristband is combined with other capabilities, such as temperature monitoring, movement control and patient localization. In the case of preparing and distributing processes (activities from P8 to P15), the cost, the complexity and the technical problems of tagging medication doses and medicines seem to be the main obstacle for RFID adoption. Considering that a short-term solution must be undertaken to ensure the safety of medication process, the hospital could opt for using barcode to support the preparation and distribution of medication doses. For the administering process (from P16 to P18), nurses could ensure the identification by tracking patient's RFID wristband and medication doses barcode label.

6.6 Conclusions

This paper has explored four different adoption paths for improving the medication process of an emergency department, namely full barcode implementation, full RFID implementation, migration and hybridization. The analysis of the empirical evidence obtained from the field research took into account several key dimensions, namely the characteristics of the medication process, the relative advantages and drawbacks of barcode and RFID technologies, the organizational characteristics of hospitals, and the influence of external actors.

Based on the results from the field research, it seems more likely that hospitals will opt for the coexistence of both barcode and RFID, either through hybridization or migration adoption strategies for several reasons. First, hospitals can capitalize on the potential benefits of barcode and RFID while respecting strict financial constraints. Second, the current processes and available equipment such as automated medication-preparing equipment, dose distributors and readers are compatible with either barcode technology or RFID technology. Third, the coexistence path offers a broader

potential, apart from the medication process, for improving pharmacy logistics activities and the compatibility with industry regulations.

The selected path should be aligned with the organizational characteristics of hospitals, including the in-house acquired knowledge of barcode and RFID technologies, the existing information technologies and legacy systems (CPOE, PIS, HIS or Wi-Fi), and the projects and pilot projects using any data carrier undertaken within or outside the hospital pharmacy.

Resistance to change can also modify the direction of the adoption path. The hospitals could include in the evaluation of adoption path a thorough assessment of the anticipated impacts on their organization and on healthcare professionals, technicians and staff. Process mapping (Table 6-2) seems useful to identify and analyze the impacts of a selected adoption path on individuals, activities, and potential improvements, especially with respect to the reduction of adverse events in the medication process. Once validated and accepted by the individuals involved in the medication process, process mapping may actually reduce the resistance to change.

Finally, external actors such as government institutions, the pharmaceutical industry and technology developers play an important role in the evaluation of the four adoption paths. The hospitals will tend to select the data carrier that obtains more governmental and industry support, even if the technology is not the most appropriate. When the healthcare system is publicly funded, the governmental support is indeed a key factor. Moreover, companies from the pharmaceutical industry currently locate and track the medicines throughout the supply chain with either barcode or RFID. Since hospitals receive from the pharmaceutical producers medicines tagged with either technology, they will be inclined to wait and postpone their choice for a specific data carrier.

This paper offers some important contributions. First, it demonstrates that technology implementation in hospital is complex and multifaceted. Several key dimensions, in particular the characteristics of the medication process, the relative advantages and drawbacks of barcode and RFID technologies, the organizational characteristics of hospitals, and the influence of external actors, have to be thoroughly evaluated. Second, the improvement of the medication process cannot be summed to a simple model - i.e. adopting either the barcode technology or the RFID technology. Rather, it is based on a new model for identifying patient, medicines and medication process, namely coexistence. Third, healthcare managers and technology managers could use the research framework as a reference in order to plan their implementation projects. To what extent the coexistence model influences the dynamics of the “interregnum” between an old and a new technology in general and the emergence of a dominant design in particular remains to be investigated in the future.

6.7 References

- Agency for Healthcare Research and Quality (2008). Reducing and Preventing Adverse Drug Events To Decrease Hospital Costs. Tiré de: <http://www.ahrq.gov/qual/aderia/aderia.htm>
- Bates, D.W. (2000). Using information technology to reduce rates of medication errors in hospitals. *British Medical Journal*, Vol. 320, 788-791.
- Bates, D.W. (2007). Preventing medication errors: A summary. *Journal of Health-Systems Pharmacy*, Vol. 64 (14), p. 3-9.
- Clancy, T.R. (2004). Medication error prevention: Progress of initiatives. *Journal of Nursing Administration's Healthcare Law, Ethics, and Regulation*, Vol. 6 (1), 3-12.
- Crane, J. & Crane, F. (2006). Preventing medication errors in hospitals through a systems approach and technological innovation: A prescription for 2010. *Hospital Topics: Research and Perspectives in Healthcare*, Vol. 84 (4), 3-8.
- Greenfield, S. (2007). Medication error reduction and the use of PDA technology. *Journal of Nursing Education*, Vol. 46 (3), 127-131.
- Foods and Drugs Administration FDA US (2006), Process Validation, Tiré de: www.fda.gov/CDER/GUIDANCE/pv.htm,
- Health IT Policy Committee (2009). Meaningful use. Tiré de: <http://healthit.hhs.gov>
- Hovav, A., Patnayakuni, R. & Schuff, D. (2004). A Model of Internet Standards Adoption: The Case of IPv6, *Information Systems Journal*, Vol. 14 (3), 265-294.
- ID TechEx. (2006). RFID for healthcare and pharmaceuticals 2009-2016. Tiré de: http://www.idtechex.com/research/reports/rfid_for_healthcare_and_pharmaceuticals_2009_2019_000146.asp
- Kato, H., Tan, K.T. & Chai, D. (2010). Barcodes for mobile devices, Cambridge University Press, Boston.
- Kohn, L., Corrigan, J. & Donaldson M. (2000). To err is human: Building a safer health system. Washington, D.C.: National Academy Press, 2000.
- Kye, H.H., Son, K.W. & Cho, S.K. (2008). Developing an Adoption/ Diffusion Model of RFID System to replace Bar Code, *Proc. of the 9th Asia Pacific Industrial Engineering & Management Systems Conf.*, Bali, Indonesia.
- Lai, C. L., Chien, S. W., Chen, S. C. & Fang, K. (2008). Enhancing medication safety and reduce adverse drug events on inpatient medication administration using RFID, *WSEAS transactions on communications*, Vol, 7 (11), 1045-1054.

Lai, C.-L., Chien, S.-W., Chen, S.-C. & Fang, K. (2009). Enhancing Medication Safty and reduce adverse drug events on inpatient medication administration using RFID. *WSEAS Transactions on Comunnications*. Vol. 7 (10), 1045-1054.

Lefebvre, E., Castro, L & Lefebvre, L.A. (2011). Assessing the prevailing implementation issues of RFID in healthcare: A five-phase implementation model. *WSEAS International Journal of Computers and communications*, Vol. 5 (2), 101-117.

Luton, E., Reaga, B. & Skinner, G. (2009). Patient identification within a healthcare system: the role of Radio Frequency Identification and Bar Code technologies, Proceedings of the 11th WSEAS international conference on Mathematical methods and computational techniques in electrical engineering, 264-269.

MacDonald C. (2006). Computerization can create safety hazards: A bar-coding near miss. *Annals of Internal Medicine*, Vol. 144, 510-516.

McKesson, (2004). White paper: Patient safety and nursing: transforming the work environment with nursing.

Meadows, M. (2003). Strategies to reduce medication errors. *FDA Consumer*, Vol. 37 (3), 20-27.

Michael, K., Michael, M., Tootel, H. & Baker, V. (2006). The Hybridization of Automatic Identification Techniques, in Mass Market Applications: Towards a Model of Coexistence, *IEEE Int. Conf. on Management and Innovation*, 1043-1047.

Poon, E.G., Keohane, C.A., Featherstone, E., Hays, B.S., Dervan, A., Woolf, B.A., Hayes, J., Bane, A., Newmark, L. & Ghand, T. (2008). Impact of barcode medication administration technology on how nurses spend their time providing patient care. *Journal of Nursing Administration*, Vol. 38 (12), 541-549.

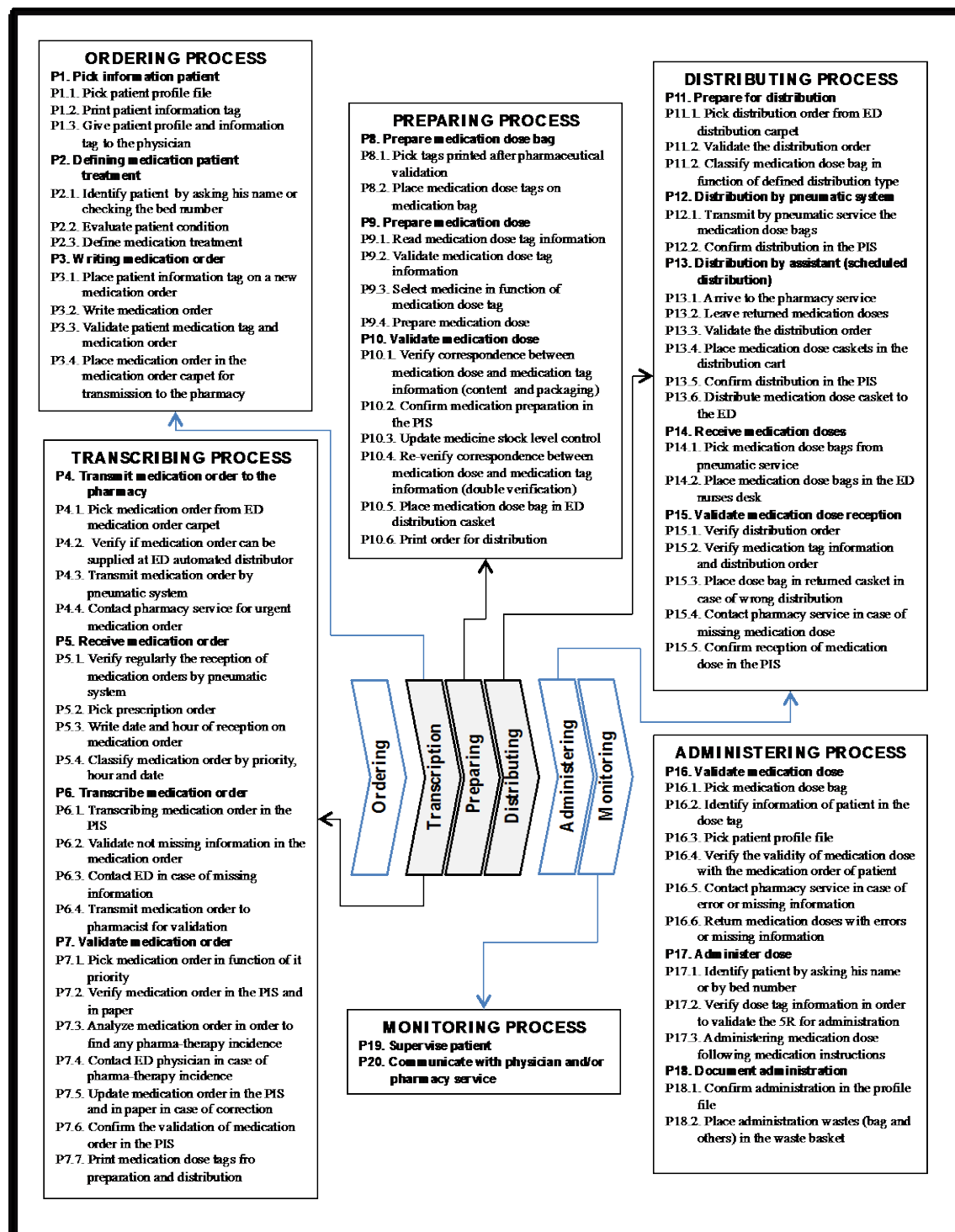
Rahimi, B., Vimarlund, V., Mokhtari, R. & Timpka, T. (2009). Integrated electronic prescribing systems: pharmacists' perceptions of impact on work performance and patient safety, Proceedings of the 9th WSEAS International Conference on Applied informatics and communications, 299-304.

Romero, A., Lefebvre, L., Lefebvre, L.A. & Castro, L. (2009). Assessing the prospectives benefits of RFID integration in hospital drug management processes through a business process approach, Proceedings Euromot 2009, Glasgow.

Runciman, W., Hibbert, P., Thomson, R., Van Der Schaaf, T., Sherman, H. & Lewalle, P. (2009). Towards an International Classification for Patient Safety: key concepts and terms. *International Journal Quality Health Care*, Vol. 21(1), 18-26

- Sakowski, J., Leonard, T., Colburn, S., Michaelsen, B., Schiro, T., Schneider, J. & Newman, J.M. (2005). Using a bar-coded medication administration system to prevent medication errors in a community hospital network. *American Journal of Health System Pharmacists*, Vol. 62, 2619-2625.
- Schmidt, M., Thoroe, L. & Schumann, M. (2010). Co-existence of RFID and Barcode in Automotive Logistics, Proceedings of Americas Conference on Information Systems.
- Trossman, S. (2007). Preventing Errors. *The American Nurse*, 13-15.
- Ulanimo, V.M., O'Leary-Kelley, C. & Connolly, P.M. (2007). Nurses' perceptions of causes of medication errors and barriers to reporting. *Journal of Nursing Care Quality*, Vol. 22, 28-34.
- Weise, E. (2006). Study: Medication errors harm 1.5M a year. *USA Today*. Tiré de: http://www.usatoday.com/news/health/2006-07-20-drug-errors_x.htm
- Wilson, J.L., Oyen, N.O., McMahon, R., Thompson, J., Manahan, K., Graner, J., Lovely, J. & Estes, L. (2005). Hospital rules-based system: The next generation of medical informatics for patient safety. *American Journal of Health System Pharmacy*, Vol. 62 (5). 499-50
- Wu, D.L., Ng, W.Y., Yeung, D.S. & Ding, H.L. (2009). A brief survey on current RFID applications. Proceedings of the eight International Conference on Machine Learning and Vybernetics, Baoding.
- Yin, R.K. (2003). Case study research: design and methods, Third ed. Sage Publications. Thousand Oaks, CA. 2003

Appendix 6.1. Actual medication process



CHAPITRE 7 DISCUSSION GÉNÉRALE

Les résultats de ce travail de recherche ont été structurés selon les trois groupes d'activités de la chaîne de valeur des médicaments, soit (i) les processus de la chaîne d'approvisionnement, (ii) les processus logistiques et (iii) les processus de médication et chaque article de thèse correspond à un groupe d'activités (chapitres 4, 5 et 6). Si une telle structure est logique, elle ne permet cependant pas d'obtenir une vision d'ensemble, ce qui représente l'objectif principal du septième et dernier chapitre. Ce chapitre s'articule donc autour de plusieurs points essentiels. Il confronte l'ensemble de résultats aux propositions émises dans le chapitre 3 (section 7.1), discute des principales limites et les contraintes dont il faut tenir compte pour l'interprétation des résultats (section 7.2), et, analyse les principales contributions de cette thèse (section 7.3).

7.1 Discussion de l'ensemble de résultats

Nous examinons dans un premier temps si les trois propositions sont validées avant d'analyser, dans un deuxième temps, si les objectifs de recherche ont été effectivement réalisés.

7.1.1 Validation des trois propositions de recherche

Premier article : Processus de la chaîne d'approvisionnement

Cet article met en évidence que le consensus entre les acteurs de la chaîne d'approvisionnement pharmaceutique afin de déterminer la meilleure stratégie technologique pour identifier et suivre les médicaments dans cette chaîne et, ainsi, éviter la contrefaçon est loin d'être atteint. Les divers acteurs font face à une incertitude technologique, ce qui se traduit par une connaissance relativement limitée des mérites des deux porteurs de données et une perception divergente de certains mérites des deux technologies selon que ces acteurs soient européens ou nord-américains. Ceci démontre qu'on se situe effectivement dans une ère de fermentation ou dans l'« interrègne » entre deux régimes technologiques. La technologie RFID est considérée comme une technologie supérieure aux codes-barres en ce qui concerne son potentiel d'améliorer la fonction logistique. Cependant, la popularité des codes-barres et les problèmes techniques associés à la technologie RFID s'avèrent être les principaux obstacles pour son adoption. Les solutions hybrides combinant les codes-barres et la technologie RFID présentent aussi des avantages importants pour la gestion de la chaîne d'approvisionnement. L'émergence du design dominant pour identifier les médicaments est donc ralentie par divers facteurs technologiques (perçus ou réels) mais aussi par facteurs inter organisationnels et ceux liées à l'environnement dans lequel opèrent ces chaînes. L'évidence

empirique obtenue confirme totalement la validité de la proposition de recherche 1 et confirme partiellement celle des propositions de recherche 2 et 3 (Figure 7.1).

Deuxième article : Processus logistiques

Les résultats du deuxième article de thèse démontrent l'importance d'analyser les niveaux d'emballage des médicaments et les inefficiences des processus logistiques afin de déterminer la solution la plus adéquate pour l'identification et le suivi des médicaments. Pour la fonction logistique de la pharmacie hospitalière, une configuration hybride combinant la technologie RFID pour identifier les boîtes et les cassettes des médicaments et les codes-barres pour identifier les emballages primaires semble être la configuration qui répond le mieux aux caractéristiques organisationnelles et aux exigences du secteur de la santé. Cette solution hybride pointe vers une coexistence entre les codes-barres et la technologie RFID comme stratégie privilégiée pour les systèmes d'identification et de suivi des médicaments. De plus, cet article analyse les impacts (réels ou perçus) de cette coexistence, tels que les bénéfices relatifs à la gestion des médicaments, les enjeux d'implantation et le développement de nouvelles relations inter-organisationnelles entre les acteurs de la chaîne de valeur de médicaments. L'évidence empirique analysée dans cet article permet donc de valider partiellement les propositions de recherche 2 et 3, et, dans une moindre mesure, proposition de recherche 1.

Troisième article : Processus de médication

Ce troisième article analyse quatre chemins d'adoption pour améliorer les processus de médication dans un service d'urgence, soit l'adoption des barres-codes seulement, l'adoption de la technologie RFID seulement, la migration des barres-codes vers RFID et l'adoption simultanée des barres-codes et de la technologie RFID. Cet article démontre l'importance d'analyser les caractéristiques des processus de médicaments, les avantages relatifs des deux porteurs de données, les caractéristiques organisationnelles et l'influence des acteurs externes afin d'évaluer la meilleure solution pour identifier et suivre les médicaments. Les résultats obtenus suggèrent que la coexistence entre les codes-barres et la technologie RFID s'avère la solution la plus efficace et la plus compatible. L'évidence empirique obtenue à partir de cet article confirme partiellement les trois propositions de recherche (Figure 7.1).

Niveau d'analyse	Chaîne d'approvisionnement		Circuit hospitalier	
Groupe d'activités	Processus de la chaîne d'approvisionnement		Processus logistiques	Processus de médication
Chapitre de thèse	Ch 4. Anti-counterfeiting technological initiatives in pharmaceutical supply chains: contrasting the European and North-American perspectives	Ch 5. Improving the hospital pharmacy logistics function through the adoption of barcodes and RFID: Towards a hybrid solution	Ch 6. Breaking the barcode and RFID myth: Adoption paths for improving the medication process	
Proposition 1	✓ La technologie RFID en tant que porteur de données pour les systèmes d'identification et de suivi des médicaments représente une technologie rivale aux codes-barres et est située dans l'ère de fermentation ou « interrègne » par rapport les codes-barres			
	✓ Validée.	✓ Validée partiellement.	✓ Validée partiellement.	
Proposition 2	✓ L'ère de fermentation ou « interrègne » entre les codes-barres et RFID en tant que porteurs de données pour les systèmes d'identification et de suivi des médicaments est prolongée ou raccourcie à cause de plusieurs facteurs, soit les facteurs technologiques, facteurs organisationnels, facteurs inter-organisationnels et facteurs liés à l'environnement externe.			
	✓ Validée partiellement.	✓ Validée partiellement.	✓ Validée partiellement.	
Proposition 3	✓ Les impacts perçus ou réels des systèmes d'identification et de suivi des médicaments basés sur les codes-barres ou la technologie RFID contribuent au prolongement de l'ère de fermentation ou à l'émergence du design dominant.			
	✓ Validée partiellement.	✓ Validée partiellement.	✓ Validée partiellement.	

Figure 7-1: Validation des propositions de recherche en fonction des trois articles de thèse

7.1.2 Discussion des résultats selon les objectifs de recherche poursuivis

L'objectif général correspondant à la première proposition de recherche est d'analyser les stratégies technologiques et les dynamiques observées pendant l'ère de fermentation ou « interrègne » entre les codes-barres et la technologie RFID en tant que porteurs de données pour les systèmes d'identification et de suivi des médicaments. Cet objectif est réalisé dans les trois articles. En effet, les trois articles offrent une même constante: trois stratégies technologiques sont considérées, soit (i) l'utilisation des codes-barres à une dimension ou à deux dimensions, (ii) l'utilisation de la technologie RFID et (iii) une solution hybride combinant ou intégrant les codes-barres et la technologie RFID. Les acteurs du secteur, peu importe leur position dans la chaîne de valeur des médicaments, expérimentent une certaine ambivalence quant aux mérites relatifs des barres codes et de la technologie RFID et favorisent les solutions hybrides comme l'option la plus efficace pour l'identification et le suivi des médicaments pour les trois niveaux de la chaîne de valeur des médicaments. Cette configuration qui émerge actuellement comme le design dominant pour identifier les médicaments permet de profiter des avantages des deux technologies : la maturité et le faible coût des codes-barres et les mérites logistiques de la technologie RFID. Pour les palettes, les boîtes ou les cassettes de médicaments, la technologie RFID est retenue tandis que les codes-barres sont plutôt utilisés pour identifier les petits volumes tels que les emballages primaires et secondaires, et, les unités de médicaments. Pour le processus de médication, la solution hybride se présente sous la forme suivante: les doses sont identifiées avec les codes-barres, et, les patients et le personnel clinique peuvent être identifiés en utilisant la technologie RFID. Notons également que les codes-barres et la technologie RFID peuvent être utilisés en même temps pour identifier et suivre les médicaments pour deux raisons principales. La première raison est d'assurer la redondance de l'information. En effet, si un lecteur expérimente des difficultés pour lire l'une des deux technologies, l'identification se fait en lisant l'autre porteur d'information. La deuxième raison serait de favoriser la migration des codes-barres vers la technologie RFID puisque plusieurs acteurs sont convaincus que cette dernière deviendra moins coûteuse et que ses limites techniques seront surmontées.

Si les sous-objectifs 1.1, 1.2 et 1.3 sont représentés dans les trois articles de thèse (Figure 7.1), nous devons admettre que le sous-objectif 1.4, soit de mieux comprendre l'évolution du progrès technologique entre deux générations des technologies en général, mène à un constat un peu déstabilisant : entre deux technologies rivales, ce n'est pas nécessairement celle qui démontre une supériorité technologique qui dominera. Les pressions sociales et politiques, l'influence d'acteurs

Objectif 1 : Analyser les stratégies technologiques et les dynamiques observées pendant l'ère de fermentation ou « interrègne » entre les codes-barres et RFID en tant que porteurs de données pour les systèmes d'identification et de suivi des médicaments. Objectif 1.1 : Examiner et analyser les plateformes technologiques mises en œuvre ou envisagées pour améliorer la gestion des médicaments tout au long de la chaîne d'approvisionnement pharmaceutique et dans les hôpitaux; Objectif 1.2 : Établir les mérites relatifs des deux technologies qui s'affrontent (les codes-barres et la technologie RFID); Objectif 1.3 : Tenter de déterminer quel sera le design dominant qui permettrait d'améliorer la gestion des médicaments tout au long de la chaîne d'approvisionnement pharmaceutique et dans les hôpitaux; Objectif 1.4 : Mieux comprendre l'évolution du progrès technologique en général.			
Niveau d'analyse	Chaîne d'approvisionnement		Circuit hospitalier
Groupe d'activités	Processus de la chaîne d'approvisionnement /	Processus logistiques	Processus de médication
Ère de fermentation ou interrègne	✓L'ère de fermentation est caractérisée par une grande vulnérabilité, de grandes incertitudes, des progrès technologiques rapides et des initiatives coûteuses. ✓Les mérites technologiques de différentes solutions ne sont pas clairement identifiés.	✓Les mérites de différentes solutions technologiques varient en fonction des niveaux d'emballage de médicaments.	✓Les mérites technologiques des configurations ne sont pas clairement définis. ✓La coexistence de deux régimes technologiques par migration, intégration ou hybridation peut influencer la dynamique observée lors de cette ère.
Solutions basées sur les codes-barres	✓Le système de vérification au point de dispensation basé sur les codes-barres Data-Matrix est la solution la plus efficace selon les européens ✓Les codes-barres peuvent être facilement reproduits et n'offrent pas de bénéfices logistiques.	✓Les codes-barres représentent une solution à court terme. ✓Les codes-barres introduisent des coûts logistiques et de nouvelles sources d'erreurs.	✓Les codes-barres semblent être la solution prédominante dû à ses mérites: maturité, faible coût, implantation rapide et exactitude de lecture. ✓Les codes-barres à deux dimensions peuvent diminuer l'impact des limites des codes-barres à une dimension.
Solutions basées sur la technologie RFID	✓RFID permet d'assurer l'intégrité de la chaîne d'approvisionnement et d'améliorer l'efficacité des processus logistiques. ✓RFID est une technologie émergente et présente plusieurs limites.	✓RFID a un impact plus important quant à l'efficacité et l'exactitude des processus logistiques et permet de diminuer les coûts de main d'œuvre et les niveaux de stock. ✓RFID requiert d'importants investissements pour assurer son implantation et son entretien.	✓RFID offre plus d'avantages grâce à ses mérites : écriture et lecture des puces ainsi que lectures multiples sans point de contact. ✓Son adoption est limitée dû à son coût, ses limites techniques et certains problèmes de confidentialité.
Solutions hybrides basées sur les codes-barres et la technologie RFID	✓Le système E-pedigree basé sur les deux technologies est une combinaison efficace. ✓Ces deux technologies se complètent en permettant de partager les bénéfices des codes-barres et de la technologie RFID et de respecter le coût d'implantation.	✓C'est la solution la plus optimale car elle respecte les restrictions financières et la pénurie de la main d'œuvre. ✓Même si elle permet de suivre les médicaments, une traçabilité totale n'est pas assurée.	✓Elle peut s'exprimer par l'intégration ou la combinaison de deux technologies. ✓Les centres hospitaliers ont tendance à favoriser une solution hybride étant donné sa compatibilité avec les processus, les équipements de la pharmacie et avec les initiatives du secteur.

Figure 7-2: Synthèse des résultats selon les objectifs de recherche qui sous-tendent la première proposition de recherche

puissants et les perceptions modélisent en grande partie le progrès technologique, du moins dans un secteur tel que celui de la santé.

7.1.2.1 Les facteurs influençant l'émergence du design dominant pour identifier les médicaments

Les résultats présentés dans les trois articles de thèse ont permis de répondre en partie à l'objectif général de recherche correspondant à la proposition de recherche 2, soit d'évaluer l'importance relative des divers facteurs (technologiques, organisationnels, inter-organisationnels et ceux liés à l'environnement externe) qui prolongent ou raccourcissent l'ère de fermentation ou « interrègne » entre les codes-barres et la technologie RFID en tant que porteurs de données pour les systèmes d'identification et de suivi des médicaments.

Un niveau de connaissances techniques relativement limité, la complexité de la solution retenue qui doit considérer, outre les porteurs de données, plusieurs composants tels que les lecteurs, les scanners et les intergiciels (middleware), et, la compatibilité avec les systèmes existants tels que les CPOE, PIS, HIS ou Wi-Fi influencent fortement les choix des acteurs du secteur de la santé, prolongent l'ère de fermentation et entravent l'émergence du design dominant pour identifier les médicaments. Cependant, plusieurs fournisseurs technologiques sont en train de développer des solutions technologiques compatibles avec la technologie RFID ou avec les deux porteurs de données, ce favoriserait l'émergence d'un design dominant pour identifier les médicaments.

Les facteurs organisationnels sont également importants, et, en particulier, l'incertitude technologique est accentuée par la complexité du système organisationnel. En effet, la gestion des médicaments tout au long de leur chaîne de valeur implique une grande variété de processus qui sont exécutés par une vaste diversité d'acteurs. De plus, le contrôle des médicaments dépend dans une grande mesure de leur niveau d'emballage. Au cours de leur cycle de vie, nous avons identifié cinq niveaux d'emballage : (i) palette, (ii) boîte ou cassette, (iii) emballage primaire, (iv) emballage secondaire et (v) unité de produit ou dose. Par conséquent, les besoins d'information varient en fonction de ces niveaux d'emballage. La complexité du système organisationnel entrave le processus de décision des acteurs car la plupart d'eux n'ont qu'une vision partielle et relativement limitée de la gestion de médicaments. Cette vision fragmentaire existe pour les différents niveaux de la chaîne d'approvisionnement pharmaceutique mais aussi dans les hôpitaux ce qui est typique des bureaucraties professionnelles.

Les facteurs liés aux relations inter-organisationnelles dans le secteur de santé jouent un rôle important au niveau de la durée de l'ère de fermentation. L'analyse des résultats empiriques montre

Objectif 2 : Évaluer l'importance relative des divers facteurs (technologiques, organisationnels, inter-organisationnels et ceux liés à l'environnement externe) qui prolongent ou raccourcissent l'ère de fermentation ou « interrègne » entre les codes-barres et RFID en tant que porteurs de données pour les systèmes d'identification et de suivi des médicaments. Objectif 2.1 : Identifier et évaluer les principaux facteurs qui favorisent la fin de l'ère de fermentation et l'émergence du design dominant; Objectif 2.2 : Identifier et évaluer les principaux facteurs qui prolongent l'ère de fermentation et qui entravent l'émergence du design dominant.			
Niveau d'analyse	Chaîne d'approvisionnement		Circuit hospitalier
Groupe d'activités	Processus de la chaîne d'approvisionnement /	Processus logistiques	Processus de médication
Facteurs technologiques	✓ Niveau de connaissances: les mérites technologiques ne sont pas clairement identifiable ✓ Compatibilité: La solution choisie doit être compatible avec les processus de différents acteurs impliqués dans la chaîne d'approvisionnement.	✓ Complexité technique: La solution choisie doit considérer l'identification de différents niveaux d'emballage des médicaments et les besoins d'information. ✓ Compatibilité. La solution choisie doit être compatible avec les technologies déjà adoptées.	✓ Complexité technique: La solution choisie doit être conforme aux procédures de médication. ✓ Compatibilité. La solution choisie doit être compatible avec les technologies déjà adoptées.
Facteurs organisationnels	✓ Complexité organisationnelle: Plusieurs acteurs impliqués dans la chaîne d'approvisionnement exécutant plusieurs types de processus.	✓ Complexité organisationnelle: Plusieurs niveaux d'emballage des médicaments avec différentes besoins d'information d'identification.	✓ Complexité organisationnelle: Plusieurs processus de médication, une grande variété de personnel médical et non-médical et plusieurs unités hospitalières impliquées.
Facteurs inter organisationnels	✓ Les différentes stratégies technologiques semblent obéir une agenda géopolitique qui n'est pas totalement définie. ✓ L'absence de réglementation nuise le développement des stratégies technologiques.	✓ L'absence de réglementation et de procédures cliniques pour standardiser l'identification de médicaments influencent le choix des acteurs. ✓ Compatibilité avec le choix technologique en amont et aval de la chaîne de processus.	✓ Le système d'identification et de suivi des médicaments choisi doit être compatible avec les équipements et procédures d'autres unités hospitalières.
Facteurs de l'environnement	✓ Tous les acteurs impliqués doivent arriver à un consensus. ✓ Le gouvernement doit réguler les stratégies technologiques disponibles dans le marché.	✓ Les développeurs de solutions technologiques doivent assurer la compatibilité des équipements et des systèmes d'information déjà adoptés dans la pharmacie hospitalière.	✓ Le gouvernement et les institutions régulatrices supportent l'adoption d'un seul porteur d'information. ✓ Les fournisseurs technologiques doivent développer des solutions technologiques compatibles avec les différentes configurations entre les codes-barres et RFID.

Figure 7-3: Synthèse des résultats selon les objectifs de recherche qui sous-tendent la deuxième proposition de recherche

que le choix technologique des acteurs varie en fonction de leur place sur la chaîne de valeur des médicaments et leur situation géographique et politique. L'élaboration de plates-formes communes pour les systèmes d'identification et de suivi des médicaments est considérée comme un pilier pour assurer la participation et la coopération de tous les acteurs. L'interopérabilité entre les différentes plates-formes dans la chaîne de valeur des médicaments et entre les divers services des centres hospitaliers devient en effet particulièrement primordiale.

Finalement, les caractéristiques de l'environnement externe ont un impact sur l'émergence du design dominant pour identifier les médicaments. D'une part, le gouvernement, les institutions nationales et internationales et les associations peuvent influencer le choix technologique des acteurs car elles sont responsables des priorités, des directives et des contraintes des systèmes de santé. D'autre part, les développeurs des solutions technologiques et les consultants exercent une forte influence sur l'émergence du design dominant pour identifier les médicaments. Ils peuvent miser sur un des deux porteurs de données ou favoriser des solutions hybrides et permettre la compatibilité de leurs solutions technologiques avec l'infrastructure déjà existante dans la chaîne d'approvisionnement et dans les centres hospitaliers.

7.1.2.2 Les impacts ayant une influence sur l'émergence du design dominant pour identifier les médicaments

Les résultats empiriques nous ont finalement permis de constater que les impacts perçus ou réels des systèmes d'identification et de suivi des médicaments basés sur les codes-barres ou la technologie RFID contribuent au prolongement de l'ère de fermentation ou à l'émergence du design dominant pour identifier les médicaments, ce qui correspond au troisième objectif de recherche et aux sous-objectifs 3.1, 3.2 et 3.3.

Nous pouvons résumer ces impacts de la façon suivante :

- Au niveau des bénéfices: L'amélioration de la qualité des soins de santé, un plus haut niveau de sécurité des patients, un contrôle plus serré de la gestion des médicaments, la diminution des médicaments contrefaits, et une réduction des erreurs de médication sont les principaux bénéfices des systèmes d'identification et de suivi des médicaments. Ces bénéfices contribuent à l'émergence du design dominant pour identifier les médicaments.
- Au niveau des stratégies de gestion de médicaments : Ces systèmes permettent d'introduire de nouveaux modes de gestion, que ce soit au niveau de la chaîne d'approvisionnement ou dans les centres hospitaliers. La possibilité d'entreprendre ces nouveaux modes de gestion favorise la définition du design dominant pour identifier les médicaments.

Objectif 3 : Évaluer les principaux impacts (perçus ou réels) de l'adoption des codes-barres et de la technologie RFID en tant que porteurs de données pour les systèmes d'identification et de suivi des médicaments. Objectif 3.1 : Identifier ces impacts et évaluer leur importance relative; Objectif 3.2 : Vérifier si ces impacts diffèrent selon les acteurs; Objectif 3.3 : Déterminer si ces impacts contribuent au prolongement de l'ère de fermentation ou à l'émergence du design dominant.			
Niveau d'analyse	Chaîne d'approvisionnement		Circuit hospitalier
Groupe d'activités	Processus de la chaîne d'approvisionnement /	Processus logistiques	Processus de médication
Au niveau des conséquences	✓Les bénéfices quant à la diminution des médicaments contrefaits et la sécurité du patient.	✓Les bénéfices quant à l'efficacité des processus logistiques et la sécurité du patient.	✓Les bénéfices quant à la diminution des erreurs de médication et la sécurité du patient.
Au niveau des stratégies	✓Contrôle plus précis des lots de médicaments et des unités de médicaments. ✓Réduction de l'inventaire et des lots de médicaments. ✓Contrôle des conditions de distribution des médicaments.	✓Réduction de l'inventaire. ✓Contrôle des conditions de stockage des médicaments. ✓Commandes des médicaments plus fréquentes.	✓Distribution uni-dose. ✓Vérification à temps réel des prescriptions et des informations de support pour l'administration de médicaments.
Au niveau de l'implantation	✓Selon plusieurs acteurs, l'implémentation de différentes stratégies est chaotique étant donné la complexité de la chaîne d'approvisionnement.	✓L'implantation de différentes solutions technologiques entraîne des réingénieries de processus. ✓Nouvelle structure de l'information et différents niveaux d'information. ✓La solution choisie doit entraîner des changements mineurs sur les processus de différents acteurs de la chaîne d'approvisionnement.	✓La solution choisie doit entraîner des changements mineurs sur les processus de médication, sur les rôles des acteurs et sur les stratégies technologiques déjà adoptées.
Au niveau relationnel	✓La solution choisie doit aussi bénéficier les processus en aval de la chaîne de valeur des médicaments et bénéficier la collaboration des acteurs impliqués.	✓La solution choisie doit aussi offrir des bénéfices pour les processus en amont et en aval de la chaîne de valeur des médicaments et bénéficier de la collaboration des acteurs impliqués.	✓La solution choisie doit offrir des bénéfices pour les processus en amont de la chaîne de valeur des médicaments et bénéficier de la collaboration des acteurs impliqués.

Figure 7-4: Synthèse des résultats selon les objectifs de recherche qui sous-tendent la troisième proposition de recherche

- Au niveau de l'implantation : L'adoption des systèmes d'identification et de suivi des médicaments est complexe à cause des caractéristiques de la solution technologique, des organisations et de l'environnement. Leur implantation entraîne d'importants changements dans les processus de gestion de médicaments. De plus, ces systèmes introduisent de nouvelles structures d'information avec différents niveaux de détails pour réaliser l'identification des médicaments. Les changements induits par l'implantation sont souvent perçus comme disruptifs, ce qui prolonge l'ère de fermentation.
- Au niveau relationnel: Les systèmes d'identification et de suivi des médicaments génèrent plusieurs bénéfices qui doivent être distribués parmi tous les acteurs de la chaîne de valeur des médicaments et ont, de plus, un impact sur les rôles des acteurs impliqués dans la gestion des médicaments et sur le niveau de collaboration entre les acteurs. Une étroite collaboration s'avère nécessaire mais parfois difficile à atteindre, ce qui peut prolonger l'ère de fermentation.

La perception des impacts varie selon le type d'acteurs. Au niveau de la chaîne d'approvisionnement, nous avons identifié qu'il n'existe pas un consensus par rapport les mérites technologiques et les impacts (bénéfices, stratégies et implantation). Ceci s'avère plus critique quand nous réalisons l'analyse au niveau de la chaîne de valeur des médicaments. Pour certains acteurs, l'adoption des systèmes d'identification et de suivi des médicaments engendre plusieurs bénéfices tandis que d'autres acteurs doivent investir d'importants efforts pour leur implantation sans nécessairement en retirer tous les bénéfices. Ceci peut causer des situations conflictuelles.

La perception de ces impacts joue un rôle important dans l'émergence du design dominant entre les codes-barres et la technologie RFID et, par conséquent, dans la durée de l'ère de fermentation ou « interrègne ». Si ces impacts sont perçus comme positifs, les acteurs du secteur de la santé auront tendance à favoriser plus rapidement une solution technologique, et, donc, accélérer l'adoption des systèmes d'identification et de suivi des médicaments. Au contraire, si ces impacts sont perçus comme négatifs, ils retarderont leur prise de décision et, par conséquent, l'ère de fermentation ou « interrègne » entre les deux technologies rivales sera prolongée.

7.2 Limites et contraintes de l'étude

Au même titre que la plupart des travaux de recherche, la présente thèse présente certaines limites et contraintes.

Une première contrainte concerne la validité externe des résultats obtenus à partir de ce travail de recherche. Malgré que la stratégie de recherche déployée renforce la validité interne par des méthodes de triangulation, la généralisation des résultats peut être mise en question en particulier au niveau du circuit

hospitalier qui a fait l'objet d'études de cas multiples. Au niveau de la chaîne d'approvisionnement, l'enquête réalisée aux États-Unis, au Canada et en Europe permet d'obtenir une validité externe plus élevée. Cependant, le nombre des participants à cette enquête (n=113) reste limité et ne permet pas de contraster les positions de chaque niveau de la chaîne d'approvisionnement pharmaceutique (par exemple, les laboratoires versus les fournisseurs des produits actifs). Thornsgate (1976) et Woodside (2009) ont affirmé que le développement de nouvelles théories peut difficilement respecter à la fois la validité interne et la généralisation des résultats (validité externe) et ce constat correspond à cette première contrainte.

Une deuxième contrainte provient de la temporalité des données empiriques. L'évolution technologique n'est pas statistique. La dynamique observée varie en fonction des phases du cycle de vie la technologie. Ceci s'avère d'autant plus critique dans l'ère de fermentation car l'environnement technologique n'est pas stable (De Vries et al., 2011). La réalisation d'études longitudinales présenterait un intérêt certain.

Une autre contrainte de l'étude est liée au fait que nous avons évalué les mérites de l'ancien régime technologique (codes-barres) et du nouveau régime technologique (RFID) à partir de la modélisation et de la simulation des processus et des appréciations émises par les participants lors de groupes de discussion, d'entrevues-semi dirigées ou de l'enquête. Des projets pilotes seraient nécessaires pour obtenir des résultats quantitatifs basés sur des indicateurs de performances tels que les taux de diminution d'erreurs de médication, de médicaments contrefaits dans la chaîne de valeur, de niveaux de stock des médicaments et du temps nécessaire pour retirer un médicament dans le cas d'un rappel de produit. Ces mêmes projets pilotes pourraient permettre de comparer quantitativement les limites respectives des deux technologies telles que la fréquence d'erreurs de lectures, le pourcentage des étiquettes de code-barres endommagées ou le temps nécessaire pour contrôler les médicaments dans les inventaires. La réalisation de projets pilotes s'avère difficile dans le cadre d'un projet doctoral en raison des ressources financières et non-financières qui devraient être investies et en raison du nombre élevé d'acteurs n'ayant pas nécessairement des objectifs similaires qui devraient être impliqués.

Finalement, la vision holistique préconisée dans la problématique spécifique est fort ambitieuse. Les trois articles de thèse analysent chacun à leur tour l'un des trois niveaux de processus de la chaîne de valeur des médicaments (les processus de la chaîne d'approvisionnement, les processus logistiques et les processus de médication) mais de façon isolée en système fermé ou *closed loop*. L'intégration de la même solution technologique aux trois niveaux de la chaîne (système ouvert ou *open loop*) n'a pu être analysée. Ceci pourrait constituer une avenue de recherche qui succèderait à ce projet.

7.3 Contributions de l'étude

La présente thèse apporte des contributions sur les plans théorique, méthodologique et pratique.

7.3.1 Les contributions théoriques

Sur le plan théorique, les contributions principales portent sur l'étude de l'ère de fermentation et sur l'émergence de standards technologiques, et plus particulièrement sur le modèle de la coexistence de deux technologies rivales.

Les théories sur le progrès technologique sont basées sur l'analyse des dynamiques observées suite à l'apparition d'une discontinuité technologique dans une industrie donnée. Dans la littérature, plusieurs études décrivent l'évolution de diverses technologies (Murmann et Frenken, 2006). À notre connaissance, peu d'articles scientifiques portent sur l'étude de l'ère de fermentation et, encore moins, sur l'interrègne entre les codes-barres et la technologie RFID. Nos résultats supportent le modèle de Tushman et Anderson (1986) sur le cycle évolutif des technologies et confirme la présence de l'ère de fermentation caractérisée par l'incertitude technologie et par la compétition entre une nouvelle technologie (dans notre cas, la technologie RFID) et une technologie déjà établie (ici les codes-barres). Nos résultats démontrent aussi que, pendant l'ère de fermentation, les acteurs déploient diverses stratégies technologiques et réalisent des investissements substantiels tels que des projets pilotes pour mieux maîtriser les compétences exigées par la nouvelle technologie et mieux la positionner par rapport à l'ancien régime technologique, leur objectif ultime étant d'aligner leurs initiatives vers une solution unique, le design dominant. Les résultats montrent également que la technologie retenue comme design dominant n'est pas nécessairement celle qui présente une supériorité technologique : même si la technologie RFID possède des atouts sur le plan logistique et est considéré comme la technologie la plus prometteuse pour améliorer la gestion des médicaments, elle n'est pas encore choisie comme design dominant. Les résultats de la thèse pointent en effet vers d'autres facteurs qui influencent ce choix : les caractéristiques du design (compatibilité, supériorité technologique et flexibilité), les mécanismes (les externalités du réseau et le rendement croissant de l'information), l'environnement externe (la réglementation, la technologie déjà implantée, la réputation, le soutien financier) et les facteurs stratégiques (le prix et le marketing), ce qui confirment certaines études précédentes (Clark, 1985; Tushman & Anderson, 1986; Weiss & Birnbaum, 1989; Anderson & Tushman, 1990; Tasse, 2000; Murmann & Frenken, 2006).

L'industrie et le marché ont intérêt à accélérer l'émergence du design dominant car cela représente l'élément déclencheur pour atteindre l'efficacité technologique (Schilling, 2000; Jones, 2003). Tandis que certains chercheurs ont conceptualisé qu'il ne peut exister qu'un seul gagnant (« *winner takes all* ») lors de ce processus de sélection (Schilling, 1998), plusieurs autres ont reconnu que la complexité des systèmes technologiques et du contexte ont rendu plus probable une dynamique de concurrence entre les solutions possibles (Garud et al, 2002; Teece, 2007).

La littérature suggère que la compétition entre deux technologies rivales aboutit à la définition d'un design dominant qui éclipsera toute compétition entre ces deux technologies. Cependant, dans le contexte que nous avons analysé, de multiples configurations technologiques peuvent coexister. Une telle coexistence a un impact profond sur le modèle du progrès technologique proposé par Tushman et Anderson mais reste très peu étudiée dans la littérature (Frenken et al., 1999, Schilling, 2002, Srinivasan et al., 2006). Une exception notable est l'étude de Schmidt et ses collègues (2010) portant sur la coexistence des codes-barres et de la technologie RFID dans le domaine de l'industrie automobile. Dans le cadre du deuxième et troisième article de thèse, nous avons montré que la coexistence peut se réaliser selon trois modèles, un modèle de convergence, un modèle de migration (des codes-barres vers la technologie RFID) et un modèle hybride capitalisant sur les avantages respectifs des deux porteurs de données sur le même niveau d'emballage des médicaments ou en fonction des différents niveaux. La distinction entre ces trois modèles de coexistence représente un intérêt certain sur le plan théorique.

7.3.2 Les contributions méthodologiques

Cette recherche présente aussi des contributions sur le plan méthodologique. Premièrement, la stratégie de recherche déployée dans cette thèse a permis d'analyser toute l'ampleur de la problématique. La démarche méthodologique empruntée préconise en effet l'étude de plusieurs cas multiples et le recours à différentes méthodes de collectes de données à la fois qualitatives et quantitatives. Ainsi, au niveau de la chaîne d'approvisionnement, nous avons analysé des documents et effectué des observations afin d'élaborer les questionnaires pour les sondages et les guides d'entrevues semi-structurées tandis qu'au niveau des processus logistiques et ceux de médication, nous avons réalisé des analyses des documents, des observations, des simulations et modélisations de processus, des entrevues semi-structurées et des groupes de discussion. Une telle démarche permet également la triangulation de données (Shah et Corley, 2006), ce qui augmente la validité interne. Elle offre au chercheur diverses possibilités, depuis le fait d'être un observateur pour évaluer la situation actuelle jusqu'au fait d'être un participant actif lors des groupes de discussion ou de la modélisation des processus.

Deuxièmement, la stratégie méthodologique retenue dans le cadre de cette thèse tente de capturer « la complexité de la problématique dans un seul système de recherche » (Woodside, 2009). En effet, l'analyse de l'évolution technologique de la technologie RFID dans le secteur de la santé demande la compréhension de plusieurs processus de gestion (trois différentes familles de processus incluant la production des médicaments jusqu'à leur administration ou élimination finale), l'analyse de plusieurs systèmes technologiques (six différentes solutions technologiques au niveau de la chaîne d'approvisionnement, trois solutions technologiques au niveau des processus logistiques et quatre solutions technologiques au niveau des processus de médication) et l'intervention de plusieurs acteurs

(sept différents types d'organisations impliquées directement, trois impliquées indirectement et une grande variété du personnel clinique et non clinique travaillant dans des centres hospitaliers). Les résultats obtenus à partir de cette stratégie méthodologique sont cependant trop diversifiés et trop nombreux pour faire l'objet d'un seul article qui regrouperait l'ensemble des résultats. Nous avons donc opté pour simplifier la présentation et la discussion des résultats de structurer les trois articles selon les trois groupes d'activités de la chaîne de valeur des médicaments.

7.3.3 Les contributions pratiques

Les résultats peuvent être utiles aux décideurs publics, aux gestionnaires et aux développeurs de solutions technologiques. Les contributions pratiques sont relatives à l'application des résultats obtenus dans la résolution des enjeux liés à l'utilisation des médicaments. En effet, les conclusions de cette étude permettront aux principaux acteurs impliqués directement ou indirectement dans la chaîne de valeur des médicaments de mieux comprendre, dans un premier temps, les processus actuels reliés à la gestion des médicaments tout au long de la chaîne de valeur et, dans un deuxième temps, les enjeux et bénéfices des différentes configurations technologiques pour les systèmes d'identification et de suivi des médicaments. De plus, ils pourront obtenir une meilleure appréciation de la dynamique de compétition entre les deux porteurs de données (barres-codes et la technologie RFID) pour les systèmes d'identification et de suivi des médicaments. Finalement, les conclusions de ce travail peuvent orienter les développements technologiques des fournisseurs d'équipements médicaux (tels que McKesson ou Swisslog) et des fournisseurs de lecteurs et de logiciels supportant l'identification et le suivi des médicaments. Ils doivent avoir intérêt à développer des solutions qui puissent lire les deux technologies afin d'assurer leur comptabilité avec les processus et les systèmes technologiques déjà existants et avec la configuration technologique qui sera choisie comme design dominant

Cette thèse doctorale présente des cartographies détaillées de différents processus relatifs à la gestion des médicaments. La cartographie des processus est un outil puissant pour analyser une situation donnée et pour obtenir les informations nécessaires pour la prise de décision (Damelio, 2009). Les gestionnaires du secteur de la santé et les développeurs technologiques peuvent utiliser cet outil pour élaborer leurs plans d'action et améliorer les processus actuels, en tenant compte des acteurs impliqués et des différents niveaux d'emballage des médicaments qui sont manipulés dans chaque processus.

Les résultats obtenus dans cette thèse peuvent être aussi utilisés pour diminuer l'incertitude technologique expérimentée par les acteurs du secteur de la santé. Malgré que les enjeux reliés à la gestion des médicaments aient des impacts importants au niveau économique, social et politique, les différentes solutions technologiques n'ont été que très peu étudiées. Une compréhension inadéquate de la dynamique de compétition entre l'ancien et le nouveau régime technologique peut mener des investissements inutiles

si la configuration technologique retenue ne correspond pas au design dominant pour l'identification et le suivi des médicaments. De plus, la stratégie technologique ne devrait pas être alignée uniquement aux facteurs technologiques et économiques du secteur de santé mais devrait aussi respecter les enjeux sociaux, politiques et institutionnels. Finalement, les résultats montrent l'importance de synchroniser les efforts technologiques entre tous les acteurs de la chaîne de valeur des médicaments. Ainsi, chaque acteur doit vérifier si sa stratégie technologique est compatible avec celle des acteurs en amont et en aval de la chaîne. Ceci démontre que l'implantation de nouvelles technologies dans le secteur de la santé n'est pas une tâche simple.

7.3.4 Les contributions relatives aux contextes québécois et canadien

Étant donné que les trois articles de thèse visaient des revues internationales, ces articles ne discutent pas des particularités du système de santé au Québec et au Canada. Même si les informations restent limitées, nous avons pu identifier quelques indices sur la gestion des médicaments au Canada et au Québec qui renforcent la pertinence de la thèse et que l'on peut résumer de la façon suivante :

La fréquence des événements indésirables liés à l'utilisation des médicaments est documentée par le MSSS. Deux rapports semestriels sur les incidents et les accidents survenus lors de la prestation de soins de santé ont récemment été publiés et couvrent respectivement les mois d'avril à septembre 2011 et les mois d'octobre 2011 à mars 2012. Ces deux documents rapportent une fréquence d'environ 200 000 événements indésirables par semestre dont plus du 30% sont liés aux erreurs de médication (MSSS 2012). Il existe aussi quelques rapports à niveau des centres hospitaliers. Par exemple, le Centre Hospitalier Universitaire de Québec CHUQ a déclaré 1505 événements indésirables lors de l'année fiscale 2008-2009, *l'Institut Universitaire de Cardiologie et de Pneumologie* en a documenté 1265 pour l'année fiscal 2009-2010 (Pelchat, 2011) et, plus récemment, *l'Hôtel-Dieu de Lévis* en a relevé 1470 en 2010-2011 (Pelchat, 2011).

- Si les médicaments contrefaits ne représentent pas une forte menace pour le système de santé au Canada, le phénomène existe quand même. Le Service Canadien des Renseignements Criminels (2010) constate en effet que des médicaments contrefaits peuvent rentrer dans la chaîne d'approvisionnement malgré la présence de plusieurs mesures de contrôle et qu'une importante quantité de produits pharmaceutiques contrefaits sont vendus sur Internet. En 2009, la Gendarmerie Royale du Canada a démantelé un réseau de distribution clandestin de médicaments contrefaits pour le dysfonctionnement érectile (Gendarmerie Royale du Canada, 2009) et a saisi récemment avec l'aide de la police de Toronto milliers de comprimés de Viagra et de Cialis d'une

valeur d'un million de dollars dans un entrepôt dans la région de Toronto (Gendarmerie Royale du Canada, 2011).

- Le secteur de la santé canadien et québécois est aussi confronté au vol de médicaments, ce qui a été documenté en 2012 par plusieurs journaux. Selon Lecavalier (2012), plus de 3 millions de médicaments sont volés annuellement au Québec et Ontario.
- Il ne faut pas négliger les exportations et les importations des médicaments au Canada. En 2010, un peu plus de la moitié de la production canadienne des médicaments a été exportée, soit 5,8 milliards de dollars dont 35,1% provient du Québec (ISQ, 2010). De plus, la plupart des médicaments consommés par les canadiens sont importés, soit 12,2 milliards de dollars en 2010 (Industrie Canada, 2012). Pour assurer l'entrée des médicaments canadiens dans la chaîne d'approvisionnement internationale et effectuer des contrôles sur les médicaments importés, il serait souhaitable de favoriser la compatibilité du standard canadien ou québécois avec ceux à l'international.

Certaines stratégies ont été poursuivies pour assurer l'identification et le suivi des médicaments au Canada et au Québec. Au niveau du Canada, le projet de codage à barres des produits pharmaceutiques représente une des initiatives les plus prometteuses pour réaliser l'identification des médicaments tout au long de la chaîne d'approvisionnement et dans les centres hospitaliers. Depuis 2007, un groupe de travail avec des acteurs de tous les niveaux de la chaîne de valeur des médicaments a comme objectif de définir le standard technologique pour ce type de système (ISMP, 2010). Cependant, ce projet connaît aussi les mêmes difficultés que le système E-pedigree aux États-Unis quant au choix du porteur de données. En février 2010, son principal promoteur, l'*Institut pour l'utilisation sécuritaire des médicaments*, a publié un rapport technique décrivant les caractéristiques du système de codage (Énoncé technique conjoint sur l'identification automatisée des médicaments par codes-barres et les exigences relatives à la base de données sur les produits). Même si ce document recommandait et illustrait l'utilisation des codes-barres à une et à deux dimensions, la technologie RFID était considérée comme une autre option pour réaliser cette sérialisation (ISMP, 2010). Dans le cadre de notre recherche, certains participants ont mentionné qu'une telle ouverture quant au choix entre les codes-barres et la technologie RFID a constitué un obstacle à l'identification des médicaments au Canada.

Au Québec, le MSSS et quelques centres hospitaliers ont entrepris certaines démarches pour identifier et suivre les médicaments. Depuis 2007, le MSSS a défini un projet de 3 phases pour introduire le système automatisé et robotisé de distribution des médicaments SARDM (MSSS, 2010). Selon le dernier rapport de résultats de ce projet, le SARDM a été implanté dans 26 institutions de santé du Québec incluant sept centres hospitaliers, neuf hôpitaux et dix centres de santé et de services sociaux CSSS (MSSS, 2010).

Afin d'assurer le fonctionnement de ce système, les médicaments doivent être identifiés au niveau de l'unité. Étant donné que plusieurs équipements automatisés et robotisés utilisent les codes-barres pour identifier les médicaments, la plupart des centres hospitaliers ont décidé d'adopter cette technologie comme le porteur de données. Cependant, il n'existe pas de standard commun entre les centres hospitaliers qui permet d'identifier totalement les médicaments au niveau de l'unité et certains pharmaciens qui ont participé dans notre étude ont constaté qu'ils doivent utiliser le même code d'identification pour des médicaments avec la même composition pharmaceutique mais provenant de différents laboratoires. Le centre hospitalier universitaire Ste. Justine à Montréal a entrepris plusieurs initiatives pour améliorer la sécurité du patient par rapport les erreurs de médication. L'identification et le suivi des médicaments sont réalisés grâce aux codes-barres (Brisseau et al., 2011). Cependant, un chef pharmacien a précisé dans le cadre de notre étude qu'il est nécessaire d'obtenir le soutien du gouvernement et des fournisseurs technologiques pour assurer l'adoption et la diffusion de ce type de systèmes dans les centres hospitaliers du Québec.

Il existe quelques initiatives qui encouragent l'utilisation de la technologie RFID. L'hôpital du Sacré-Cœur de Montréal possède un système de gestion des inventaires des médicaments à double cassette : RFID 2BIN-iD développé par Logi-D. Dans ce système, les médicaments (emballage primaire et secondaire) sont identifiés par l'intermédiaire des codes-barres, pendant que les cassettes sont identifiées par des puces de RFID (Logi-D, 2011). Depuis l'implantation de ce système, les pharmaciens de cet hôpital ont constaté des bénéfices quant à la diminution de niveaux de stock des médicaments et de la rotation des inventaires. D'autres hôpitaux au Québec sont en train d'intégrer la même solution technologique pour gérer l'approvisionnement d'autres actifs ou fournitures médicales (Logi-D, 2011). Une autre initiative qui peut encourager l'utilisation de la technologie RFID pour l'identification et le suivi des médicaments est celle entreprise par le centre hospitalier universitaire de McGill CUSM. Actuellement, ce centre se trouve dans une phase d'évaluation des impacts de l'utilisation de la technologie RFID comme porteur de l'information pour l'approvisionnement des médicaments dans les blocs opératoires. Ce système pourrait apporter des bénéfices quant à la fonction logistique de la pharmacie hospitalière et à la sécurité du patient.

Même si le secteur de la santé au Québec semble préférer l'utilisation des codes-barres comme porteur de données pour l'identification et le suivi des médicaments, la possibilité offerte par le projet de codage à barres des produits pharmaceutiques d'utiliser la technologie RFID comme porteur de l'information et certaines initiatives entreprises par des hôpitaux incluant l'utilisation de la technologie RFID ou des solutions hybrides suggèrent qu'il n'existe pas de consensus quant le design dominant entre les deux

technologies. Suite aux résultats de cette thèse, la coexistence des deux technologies semble être la meilleure stratégie technologique à suivre dans le contexte québécois.

CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS

L'adoption des technologies d'information et de communication (TIC) dans le secteur de la santé est souhaitable puisque ces technologies permettent (i) l'amélioration de la qualité des soins et de l'efficience (ceci inclut la réduction des erreurs médicales), (ii) la diminution des coûts d'opération, (iii) la diminution des coûts administratifs et (iv), l'introduction de nouvelles procédures de soins (OCDE, 2010). Malgré de tels bénéfices, le rapport de l'OCDE concernant six pays membres de l'OCDE, soit l'Australie, le Canada, l'Espagne, les États-Unis, les Pays-Bas et la Suède, constate que l'adoption des TIC est retardée en raison notamment de l'absence de standards d'implantation communs qui seraient acceptés par tous les acteurs du secteur de la santé (OCDE, 2010). En effet, les diverses initiatives pour favoriser l'adoption des TIC dans ce secteur ne sont pas totalement compatibles entre elles, ce qui rend plus complexe la définition d'une politique commune au niveau d'un pays ou d'une région géographique (Tajima, 2012). Ceci représente un défi sérieux pour le secteur de la santé qui doit assurer l'interopérabilité des TIC (De la Torre et al., 2011).

Cette thèse porte sur une application spécifique des TIC, soit les systèmes d'identification et de suivi des médicaments dans la chaîne d'approvisionnement pharmaceutique et dans les hôpitaux. Elle examine deux technologies rivales qui se qualifient comme porteurs de données pour ces systèmes, soit les codes-barres et la technologie RFID. De nombreux questionnements se posent quant aux mérites relatifs de ces deux technologies, ce qui entrave l'émergence d'un design dominant, design qui est pourtant essentiel pour une adoption et une diffusion plus large des systèmes d'identification et de suivi des médicaments dans le secteur de la santé (Tajima, 2012). Le passage entre l'ancien régime technologique (codes-barres) et le nouveau régime technologique (RFID) ne se fait pas facilement et est caractérisé par une ère de fermentation pendant laquelle l'incertitude est élevée. Cette ère de fermentation représente aussi ce que certains ont appelé l'« interrègne » entre la nouvelle et l'ancienne technologie. La problématique spécifique vise une meilleure compréhension de l'ère de fermentation ou de l'« interrègne » entre deux technologies rivales, phénomène pour lequel nos connaissances collectives restent limitées. Cette problématique s'adresse à un type d'actif particulièrement important pour le secteur de la santé, soit les médicaments. Elle favorise une vision holistique de la gestion des médicaments en couvrant à la fois la chaîne d'approvisionnement et le circuit des médicaments dans les hôpitaux. Trois objectifs principaux sont poursuivis : 1) analyser les stratégies technologiques et les dynamiques observées pendant l'ère de fermentation ou « interrègne » entre les codes-barres et la technologie RFID en tant que porteurs de données pour les systèmes d'identification et de suivi des médicaments, 2) évaluer l'importance relative des divers facteurs (technologiques, organisationnels, inter-organisationnels et ceux liés à l'environnement externe) qui prolongent ou raccourcissent cette ère de fermentation ou « interrègne » et 3)

évaluer les principaux impacts (perçus ou réels) de l'adoption des codes-barres et de la technologie RFID en tant que porteurs de données pour les systèmes d'identification et de suivi des médicaments.

Les résultats obtenus à partir de ces trois articles de thèse ont permis de réaliser plusieurs contributions sur les plans théorique, méthodologique et pratique et constituent une base sur laquelle il est possible de s'appuyer pour d'autres pistes de recherche futures. D'autres avenues de recherche pourraient en effet succéder à ce projet. Sur le plan théorique, trois modèles de coexistence entre les barres-codes et la technologie RFID, soit la convergence, la migration et la solution hybride ont été proposés: il serait souhaitable d'explorer ces trois modèles dans les projets d'implantation réels. Les trois objectifs de recherche énoncés précédemment pourraient être poursuivis pour l'identification et le suivi d'un autre type d'actifs dans le secteur de la santé ou même dans une industrie différente. Par exemple, l'industrie alimentaire affronte des enjeux similaires au niveau de la gestion de la chaîne d'approvisionnement dont, entre autres, l'existence d'une chaîne froide, une forte réglementation, et l'introduction de produits frelatés qui pose des problèmes de sécurité dans la chaîne alimentaire. Cette industrie cherche aussi à implanter un système d'identification et de suivi des produits alimentaires. Les conclusions tirées de cette thèse de recherche peuvent-elles s'appliquer à l'industrie alimentaire? Il serait également intéressant d'approfondir nos connaissances sur le rôle et l'influence du gouvernement et des institutions régulatrices du secteur de la santé qui exercent une pression normative sur l'adoption et la diffusion des innovations technologiques et, dans notre cas, sur l'implantation des systèmes d'identification et de suivi des médicaments. Cependant, nous n'avons pas identifié si ces organisations prennent leurs décisions en fonction de pressions externes. Les institutions gouvernementales et régulatrices sont-elles influencées par des pressions coercitives ou mimétiques provenant d'autres pays (par exemple, le FDA) ou des institutions internationales telles que l'OMS ou l'EFPIA? Dans un autre ordre d'idées, il est aussi pertinent d'approfondir notre connaissance sur les risques liés aux systèmes d'identification et de suivi des médicaments et sur ceux résultant du choix technologique entre les codes-barres et la technologie RFID comme porteur de l'information. L'adoption d'une nouvelle solution technologique entraîne des transformations sur la structure et sur les processus d'une organisation et ces transformations pourraient introduire de nouvelles causes d'erreurs et créer des événements indésirables. Une étude sur la gestion des risques dans un tel contexte apparaît comme souhaitable. De toute évidence, les avenues de recherche qui découlent de la thèse sont multiples et laissent au chercheur une large latitude pour des projets futurs.

RÉFÉRENCES

- Abernathy, W. J., & Utterback, J. M. (1978), Patterns of Innovation in Industry. *Technology Review*, Vol. 80 (7).
- Abernathy, W. J., & Clark, K. B. (1985). Innovation: Mapping the Winds of Creative Destruction. *Research Policy*, Vol. 14(1), 3-22.
- Abernathy, W. J., & Utterback, J. M. (1978). Patterns of Innovation in Industry. *Technology Review*, Vol. 80 (7).
- Abraham, J. & Reddy, M.C. (2010). Challenges to inter-departmental coordination of patient transfers: A workflow perspective, *International Journal of Medical Informatics*, Vol. 79 (2), 112-122.
- Acha, V., (2004). Technology Frames: The Art of Perspective and Interpretation in Strategy, SPRU Working paper series, #109.
- Aegate. (2010). German Association of Pharmacists announces a collaborative programme with Aegate to evaluate system to protect patients from counterfeit medicines. Tiré de <http://www.aegate.com/aegate-news/germanassociation-of-pharmacists-abda-announce-a-collaborative-programme-with-aegate-toevaluate-system-to-protect-patients-from-counterfeit-medicines.html>.
- Agarwal, R. & Prasad, J. (1997), The Role of Innovation Characteristics and Perceived Voluntariness in the Acceptance of Information Technologies. *Decision Sciences*, Vol. 28, 557–582.
- AHQ. (2006). La pratique pharmaceutique dans les établissements du Québec, analyse et recommandations. Montreal. Quebec: Association des hôpitaux du Québec.
- Amaratunga, D. and Baldry, D. (2001). Case study methodology as a means of theory building: performance measurement in facilities management organisations. *Work Study*, Vol. 50 (3), 95-105.
- Andalo, D. (2007). Wholesale: ripples made by Pfizer. *The Pharmaceutical Journal*, Vol. 279 (7468), 259–262.
- Anderson, P., & Tushman, M. L. (1990). Technological Discontinuities and Dominant Designs: A Cyclical Model of Technological Change. *Administrative Science Quarterly*, Vol. 35 (4), 604-633.
- Anderson, A. R., Jack, S. L., & Dodd, S. D. (2005). The Role of Family Members In Entrepreneurial Networks: Beyond the Boundaries of the Family Firm. *Family Business Review*, Vol. 18(2), 135.
- Ansari, S. and Garud, R. (2009), Inter-generational transitions in socio-technical systems: The case of mobile communications, *Research Policy*, Vol. 38 (2), 382-392.

- Arlotto, P. & Oakes, J. (2003). Return on investment: maximizing the value of healthcare information technology. Chicago: HIMMS
- Armstrong, M. (2006). Competition in Two-sided Markets. *RAND Journal of Economics*, Vol. 37 (3).
- Arthur, W.B. (1987). Competing Technologies: An Overview. In: Dosi, G., (Ed.) Technical Change and Economic Theory, New York: Columbia University Press.
- Arthur, W.B. (1988). Self-reinforcing mechanisms in economics, in Anderson et Arrow (ed.), The Economy as an Evolving Complex System, Addison Wesley Publish, Comp.
- Arthur, W.B. (1989). Competing technologies, increasing returns and lock-in by historical events, *The Economic Journal*.
- Arthur, W. B. (1996), Increasing Returns and the New World of Business, *Harvard Business Review*, Vol. 74 (4), 100-109.
- Aarts, J., Peel, V. & Wright, G. (1998). Organizational issues in health informatics: a model approach, *International journal of medical informatics*, Vol. 52 (1-3), 235-242.
- Ash, J. (1997), Organizational factors that influence information technology diffusion in academic health sciences centers, *Journal of the American Medical Informatics Association*, Vol. 4 (2), 102-111.
- Ash, J.S., Sittig, D.F., Dykstra, R., Campbell, E. & Guappone, K. (2009), The unintended consequences of computerized provider order entry: findings from a mixed methods exploration, *International journal of medical informatics*, Vol. 78, 69-76.
- ASSTSAS, (2006). Guide de prévention : Manipulation sécuritaire des médicaments dangereux, Montréal, Québec, 158 p
- Axelrod, R., Mitchell, W., Thomas, R. E., Bennett, D. S., & Bruderer, E. (1995). Coalition Formation in Standard-Setting Alliances. *Management Science*, Vol. 41 (9), 1493-1508.
- Axway (2008). Counterfeiting, Diversion, Fraud, A layered, standards-based approach to protecting the pharmaceutical supply chain: Axway. Tiré de : <http://www.axway.se>
- Babbie, E., (2001). Practice of social research. Ed. Belmont, CA: Wadsworth Thomson Learning.
- Bacheldor, B. (2007). HP, Nosco, SupplyScope, Systech Intl. Team Up on E-Pedigree Solution. Tiré de: <http://www.rfidjournal.com/article/view/3670>
- Barbareau, S. (2006). La contrefaçon des médicaments: un phénomène en pleine expansion. *Med Trop*, Vol. 66, 529-532.

- Bardaki, C., Pramadari, K. & Doukidis, G.I. (2007), RFID-enabled supply chain collaboration services in a networked retail business environment, Proceedings of 20th Bled eConference eMergence: Merging and Emerging Technologies, Processes, and Institutions June, Vol. 4 (6).
- Barlas, S. (2008). Complying with Track and Trace Contract Pharma electronic journal. Tiré de: <http://www.contractpharma.com/articles/2008/05/complying-with-track-and-trace>
- Barlas, S. (2009), Pharmacy Product Tracing Likely to Go National: Costs to Pharmacies Worrisome, *Pharmacy and Therapeutics*, Vol. 1 (4), 1-14.
- Barlas, S. (2011), Track-and-Trace Drug Verification: FDA Plans New National Standards, Pharmacies Tread With Trepidation, *Pharmacy and Therapeutics*, Vol. 36 (4), p. 203.
- Barney, J. B. (1991). "Firm resources and sustained competitive advantage." *Journal of Management*, Vol. 17, 99-120.
- Barringer, B.R. & Harrison, J.S. (2000). Walking a tightrope: creating value through interorganizational relationships. *Journal of Management*, Vol. 26 (3), 367-403.
- Basta, N. (2008). 2008 Product Security Perspective: Protecting the Brand, Pharmaceutical Commerce. Tiré de : http://www.pharmaceuticalcommerce.com/frontEnd/991serialization_anticonterfeiting_pedigree_RFID_taggants_barcode.html
- BearingPoint (2006) RFID in Healthcare: Poised for growth. *Bearingpoint*. Tiré de: <http://www.bearingpoint.com/portal/site/bearingpoint/menuitem.443cfd9615bc47fa53d0a11045f084a0/?vgnextoid=78570f7e0cc90110VgnVCM100000de03620aRCRD>
- Beaubrun, R. & Pierre, S. (2001). Technological developments and socio-economic issues of wireless mobile communications, *Telematics and Informatics*, Vol. 18 (2), 143-158.
- Begun, J.W., White, K.R. & Mosser, G. (2011). Interprofessional care teams: the role of the healthcare administrator, *Journal of Interprofessional Care*, Vol. 25 (2), 119=123.
- Bendavid, Y., Borck, H., Philippe, R. (2010), Redesigning the Replenishment Process of Medical Supplies in Hospitals with RFID. *Business Process Management Journal*. Vol. 16 (2), 991-1013.
- Bendavid, Y. & Boeck, H. (2011a). Using RFID to Improve Hospital Supply Chain Management for High Value and Consignment Items, *Procedia Computer Science*, Vol. 5, 849—856.
- Bendavid, Y. & Boeck, H. (2011b). RFID-Enabled Traceability System for Consignment and High Value Products: A Case Study in the Healthcare Sector, *Journal of Medical Systems*, 1
- Benge, A.K. & Isberg, S. (2006), Radio Frequency Identification in the Pharmaceutical Supply Chain: Combating Counterfeit Drugs, University of Baltimore, 1st edition.

- Benner, M. J., & Tushman, M. L. (2003). Exploitation, Exploration, and Process Management: The Productivity Dilemma Revisited. *Academy of Management Review*, Vol. 28 (2238-256).
- Bergman, B., Neuhauser, D., & Provost, L. (2011). Five main processes in health-care: a citizen perspective. *BMJ quality & safety*, Vol. 20 (Suppl 1), p. i41.
- Bertrand, G., Bisaillon, S. & De Marcellis-Warin, N. (2011). Stratégies déployées au Québec, *Risques & qualité en milieu de soins*, Vol. 2, 85-93.
- Besen, S. M., & Farrell, J. (1994). Choosing How to Compete: Strategies and Tactics in Standardization. *The Journal of Economic Perspectives*, Vol. 8 (2), 117-131.
- Bessen, S. (1992), AM versus FM : the battle of the bands, *Industrial and Corporate Change*, Vol. 1 (2), pp : 375-396.
- Bobée, J. (2009). How technology can help to fight counterfeits? Apport de la technologie dans la lutte contre la contrefaçon de médicaments. *STP pharma pratiques*, Vol. 19 (1), 29-40.
- Boeck, H., Lefebvre, L.-A. & Lefebvre, E. (2008). Technological Requirements and Derived Benefits from RFID Enabled Receiving in a Supply Chain. In Ahson, S. A. and Ilyas, M. (Eds.), *RFID Handbook: Applications, Technology, Security and Privacy*, Boca Raton: CRC Press, 712.
- Boeck, H. & Fosso, S. (2008). RFID and Buyer-Seller Relationships in the Retail Supply Chain. *International Journal of Retail & Distribution Management*, Vol. 36 (6), 433-360.
- Bolin, M. & Harenstam, A. (2008). An empirical study of bureaucratic and post-bureaucratic characteristics in 90 workplaces, *Economic and industrial Democracy*, Vol. 29 (4), 541-564.
- Bond, C. A., Raehl C.L. & Franke, T. (2002), Clinical Pharmacy Services, Hospital Pharmacy Staffing, and Medication Errors in the United States Hospitals, *Pharmacotherapy*, Vol. 22 (2).
- Bondenheimer, T. (2005). High and Rising Health Care Costs. Part 2: Technologic Innovation, *Medicine and public issues*, Vol. 142 (11), 932-937
- Bondenheimer, T. & Fernandez, A. (2005). High and rising health care costs. Part 4: can costs be controlled while preserving quality?, *Annals of internal medicine*, Vol. 143 (1), 234-256
- Bonser, A., Bobée, J.M. & Friedrich, M (2009). EFPIA Coding and Identification of Pharmaceutical Products Project Update. 07 December 2009.
- Boonstra, A. & Broekhuis, M. (2010). Barriers to the acceptance of electronic medical records by physicians from systematic review to taxonomy and interventions, *BMC Health Services Research*, Vol. 10 (231).

- Borgatti, S.P. & Foster, P.C. (2003). The Network Paradigm in Organizational Research: A Review and Typology. *Journal of Management*, Vol. 29 (6), 991-1013.
- Boulet, F. (2001), Les erreurs médicamenteuses ou l'épée de Damoclès, *Pharmactuel*, , Vol. 34, (6), pp : 161-165.
- Brass, D., Galaskiewicz, J., Greve, H. & Tsai, W. (2004). Taking stock of networks and organizations: A multilevel perspective. *Academy of Management Journal*. Vol. 47 (6), 795-817.
- BRIDGE. (2009). Case Study, Bridge WP6 project-Pharma Traceability Pilot. Tiré de : <http://www.bridge-project.eu/index.php/bridge-public-deliverables/en/>
- Brisseau, L., Chiveri, A., Lebel, D., & Bussi res, J.F (2011), A Pilot Study of Bar Codes in a Canadian Hospital, *The Canadian Journal of Hospital Pharmacy*, Vol. 64 (1).
- Brooks, M. & Button, K. (2006). Market structures and shipping security. *Maritime Economics # 38; Logistics*, Vol. 8, 100-120.
- Brown, S.A., Massey, A.P., Montoya-Weiss, M. M. & Burkman, J.R. (2002). Do I really have to? User acceptance of mandated technology. *European Journal of Information Systems*, 283
- Bureau de Concurrence Canada (2007), étude du secteur canadien des médicaments génériques. Tiré de : <http://www.bureaudelaconcurrence.gc.ca/eic/site/cb-bc.nsf/fra/02495.html#Annexe1>
- Burt, R.S. (1987). Social contagion and innovation: Cohesion versus structural equivalence. *American Journal of Sociology*, Vol. 92 (6), 1287–1335.
- Bussières, J.F. & Lebel, D. (2009), Utilisation des codes-barres dans le cadre du circuit du médicament en établissement de santé, *Pharmactuel*, Vol. 42 (2), 131-138.
- Bussi res J.F. & Lebel D. (2010), Are you GS1 conformed? A one hospital experience. (BARCODE), *The Canadian Journal of Hospital Pharmacy*, Vol. 63 (4), 333-334.
- Bwalya, K.J. & Healy, M. (2010). Harnessing e-Government Adoption in the SADC Region: a Conceptual Underpinning, *Electronic Journal of e-Government*, Vol 8 (1), 23-32.
- Campion, T.R., Waitman, L.R., May, K.A. & Ozdas, A. (2010), Social organizational and contextual characteristics of clinical decision support systems for intensive insulin therapy: A literature review and case study, *International Journal of Medical Informatics*, Vol. 79 (1), 31-43.
- Campbell, E., Sittig, D. & Ash, J. (2006). Types of Unintended Consequences Related to Computerized Provider Order Entry, *J Am Med Inform Assoc*. Vol. 13 (5), 547–556.

- Carpenter, W.R., Reeder-Hayes, K., Bainbridge, J., Meyer, A.M., Amos, K.D., Weiner, B.J. & Godley, P.A. (2011). The role of organizational affiliations and research networks in the diffusion of breast cancer treatment innovation, *Medical care*, Vol. 49 (2), 172-180.
- Castro, L. & Fosso Wamba, S. (2007). An inside look. *Journal of Technology Management and Innovation*, Vol. 2 (1), 128-141.
- Chandra, C. (2008), The case for healthcare supply chain management: insights from problem-solving approaches, *International Journal of Procurement Management*, Vol. 1 (3), 261-279.
- 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 (5), 268-279.
- Chau, P.Y.K. & Hu, P.J.H. (2001), Information Technology Acceptance by Individual Professionals: A Model Comparison Approach, *Decision Sciences*, Vol. 32 (4), 699—719.
- Chau, P.Y.K. & Hu, P.J.H. (2001), Investigating healthcare professionals' decisions to accept telemedicine technology: an empirical test of competing theories, *Information & management*, Vol. 39 (4), 297—311.
- Chen, C.C, Wu, J. & Crandall, R.E. (2007), Obstacles to the adoption of radio frequency identification technology in the emergency rooms of hospitals, *International Journal of Electronic Healthcare*, vOL. 3 (2), 193—207.
- Chen, Y., Brennan, N. & Magrabi, F. (2010). Is email an effective method for hospital discharge communication? A randomized controlled trial to examine delivery of computer-generated discharge summaries by email, fax, post and patient hand delivery, *International Journal of Medical Informatics*, Vol. 79 (3), 167-172.
- Chesbrough, H. W. (2003). Open Innovation: the new imperative for creating and profiting from technology. *Harvard Business School Press*, USA.
- Cheung, M. S. & Myers, M. B. (2008). Managing knowledge sharing networks in global supply chains. *International Journal of Management and Decision Making*, Vol. 9, 581-599.
- Christensen, C. M., Suarez, F. F., & Utterback, J. M. (1998). Strategies for Survival in Fast-Changing Industries. *Management Science*, Vol. 44 (12), S207-S220.
- Christensen, M.C. & Reimer, D. (2009), Information and communication technology in U.S. health care: Why is adoption so slow and is slower better?, *Journal of Health Politics, Policy and Law*, Vol. 34 (6), 1011-1034.

- Christiansen, T., Bech, M., Lauridsen, J. & Nielsen, P. (2007). Demographic Changes and Aggregate Healthcare Expenditure in Europe, *ENEPRI Policy Brief*, No. 4.
- Chwelos, P., Benbasat, I. & Dexter, A.S. (2001). Research Report: Empirical Test of an EDI Adoption Model. *Information Systems Research*, Vol. 12 (3), 304-321.
- Clark, K. B. (1985). The Interaction of Design Hierarchies and Market Concepts in Technological Evolution. *Research Policy*, Vol. 14 (5), 235-251.
- Clock, A. (2008). Pharmaceutical Counterfeiting a Global Healthcare Menace: A New Technology Tool. Tiré de : <http://www.google.ca/search?q=pharmaceutical+counterfeiting+a+global+healthcare+menace&ie=utf-8&oe=utf-8&aq=t&rls=org.mozilla:fr:official&client=firefox-a>
- Clymer, N., & Asaba, S. (2008), A New Approach for Understanding Dominant Design: The Case of the Ink-Jet Printer. *Journal of Engineering and Technology Management*, Vol. 25 (3), 137-156.
- Connolly, M.P., Hoorens, S. & Chambers, G.M. (2010). The costs and consequences of assisted reproductive technology: an economic perspective, *Human Reproduction Update*, Vol. 16 (6), 603-613.
- Conrad, D.A. & Perry, L. (2009). Quality-based financial incentives in health care: can we improve quality by paying for it?, *Annual review of public health*, Vol. 30, 357-371.
- Conseil Canadien de la santé. (2010). Guide de référence de la santé. Tiré de : http://www.guidesanteenligne.com/news_detail.asp?ID=140795.
- Cooper, J. R. (1998). A multidimensional approach to the adoption of innovation. *Management Decision*, Vol. 36 (8), 493-502.
- Cosumano, M. et Rosenbloom, R. (1991), Strategic maneuvering and mass-market dynamics : the triumph of HS over Beta, *Havard Business school*, Working paper 91=048.
- Couture, I., Blanchet, M. & Moreau-Rancourt, M.E. (2011), Évaluation de l'impact clinique de l'implantation du bilan comparatif des médicaments à l'Hôpital de l'Enfant-Jésus du Centre hospitalier affilié universitaire de Québec, *Pharmactuel*, Vol. 34 (3).
- Cowan, R. and Foray, D. (1995), Quandaries in the economics of dual technologies and spillovers from military to civilian research and development, *Research Policy*, Vol. 24 (6), 851—868.
- Crane, R. (1979), The politics of international standards : France and the color TV war, Norwood, N J : Ablex Publishing Co.
- Crane, V., (2000), New perspectives on preventing medication errors and adverse drug events, *J Health Syst Pharm*. Vol. 57, 690-697

Cross, G. (2004). How e-business is transforming supply chain management. *Journal of business strategy*, Vol. 1, 36-39.

CSBP (2009), Enforcement committee, California State Board Pharmacy. Tiré de : http://www.pharmacy.ca.gov/meetings/agendas/2009/09_apr_bd_enf.pdf

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 (2), 87-110.

Cusumano, M. A., Mylonadis, Y., & Rosenbloom, R. S. (1992). Strategic Maneuvering and Mass-Market Dynamics: The Triumph of VHS over Beta. *The Business History Review*, Vol. 66 (1), 51-94.

Cusumano, M. A., & Gawer, A. (2002). The Elements of Platform Leadership. *MIT Sloan Management Review*, Vol. 43 (3), 51-58.

Daleiden, B. (2009). PDMA drug pedigree reemerges...or does it? Tracelink.com, (November 10, 2009), Tiré de : http://www.tracelink.com/blog/Supply_Network_Blog/post/PDMA-drug_pedigreereemerges-or-does-it/

Damanpour, F. & Wischnevsk, J. D. (2006). Research on innovation in organizations: Distinguishing innovation-generating from innovation-adopting organizations. *Journal of Engineering and Technology Management*, Vol. 23 (4), 269-291

Damelio, R. (2009), Basics of process mapping, Productivity Press.

Danas, K. and Ketikidis, P. & Roudsari, A. (2002), A virtual hospital pharmacy inventory: An approach to support unexpected demand, *Journal of Medical Marketing: Device, Diagnostic and Pharmaceutical Marketing*, Vol. 2 (2), 125-130.

Davenport, T.H. & Short, J.E. (1990). The New Industrial Engineering: Information Technology & Business Process Redesign. *Sloan Management Review*, 11-27.

David, P. (1985), Clio and the economics of QWERTY, *American Economic Review*, Vol. 75 (2), pp : 332-337.

Davis, F. D., Bagozzi, R. P. & Warshaw, P. R. (1992), Extrinsic and Intrinsic Motivation to Use Computers in the Workplace," *Journal of Applied Social Psychology*, Vol. 22 (14), 1111- 1132.

De la Torre, I., Gonzalez, S. & Lopez-Coronado, M. (2011). Analysis of the EHR Systems in Spanish Primary Public Health System: The Lack of Interoperability, *Journal of Medical Systems*, 1-9.

De Marcellis-Warin, N. (2004). La sécurité des patients: de la prévention à la récupération des erreurs et des dysfonctionnements du système de soins, *PCM le pont*, Vol 102 (5), 50-53

- De Marcellis-Warin, N. (2004). Risk-management in health care systems: Lessons from the nuclear industry, *Risk, Decision and Policy*, Vol. 9 (3), 237-252.
- De Vries, H.J., De Ruijter, J.P.M. & Argam, N. (2011), Dominant design or multiple designs: the flash memory card case, *Technology Analysis & Strategic Management*, Vol 23 (3), 249-262.
- Deutsch, E., Duftschmid, G. & Dorda, W. (2010). Critical areas of national electronic health record programs—Is our focus correct?, *International Journal of Medical Informatics*, Vol. 79 (3), 211-222.
- Dimaggio, P. & Powell, W. (1983). The Iron Cage Revisited: Institutional Isomorphism and Collective Rationality in *Organizational Fields*. Vol. 48 (2), 147-160.
- Dimmick, J., Ramirez, A. J. R., Wang, T. & Lin, S. F. (2007). ‘Extending Society’: The role of personal networks and gratification-utilities in the use of interactive communication media. *New Media & Society*, Vol. 9 (5), 795-810.
- Djellal, Gallouj, C. & Gallouj, F. (2004), De l'hôpital-fonction de production à l'hôpital service complexe et nœud de réseaux. *Revue Française des Affaires sociales*, Vol. 1, 223-248.
- Djellal, F. & Gallouj, F. (2007). Innovation in hospitals: a survey of the literature, *The European Journal of Health Economics*, Vol. 8 (3), 181—193.
- Dodgson, M., Gann, D. & Salter, A. (2006). The role of technology in the shift towards open innovation: The case of Procter & Gamble. *R&D Management*, Vol. 36 (3), 333-346.
- Dolfsma, W. and Leydesdorff, L. (2009). Lock-in and break-out from technological trajectories: Modeling and policy implications, *Technological Forecasting and Social Change*, Vol 76 (7), 932-941.
- Duyck, P., Pynoo, B., Devolder, P., Voet, T., Adang, L. & Vercruysse, J. (2008). Introduction and Background, *Methods Information Medicine*, Vol. 47, 149—156.
- Dumitru, D., (2009), *The Pharmacy Informatics Primer*, Bethesda, Maryland: American Society of Health-System Pharmacists, 251 p.
- Dutta, A. and Lee, H.L. and Whang, S. (2007), RFID and operations management: technology, value, and incentives, *Production and Operations Management*, Vol. 16 (5), 646-655.
- Easterby-Smith, S. (1991), *Management Research : An Introduction*, London, sage Publications.
- Economides, N., & Katsamakas, E. (2006). Two-Sided Competition of Proprietary vs. Open Source Technology Platforms and the Implications for the Software Industry. *Management Science*, Vol. 52 (7), 1057-1071.

EFPIA. (2008). Towards safer medicines supply, Business case. Brussels: European Federation of Pharmaceutical Industries and Associations, Business case, Version 4.0, January, Brussels, 21 p.

EFPIA. (2010). Verification of Pharmaceutical Products at the Point of Dispense - Status of the EFPIA project. Tiré de : <http://www.efpia.eu/content/default.asp?PageID=559&DocID=8773>

Eisenmann, T., Parker, G., & Alstyne, M. W. V. (2006). Strategies for Two- Sided Markets. *Harvard Business Review*, Vol. 84 (10), 92-101.

Environnement Canada (2009). Menaces émergentes – les produits pharmaceutiques polluent les lacs et les rivières. Tiré de : <http://www.ec.gc.ca/scitech/default.asp?lang=Fr&n=64B32D19-1>.

Ernst, H. (1997), The use of patent data for technological forecasting: the diffusion of CNC-technology in the machine tool industry, *Small Business Economics*, Vol. 9 (4), 361-381.

Faber, P. (2007). RFID Strategy - Pharmaceutical E-Pedigrees and RFID', Tiré de : http://www.industryweek.com/articles/rfid_strategy_--_pharmaceutical_e-pedigrees_and_rfid_15180.aspx

Farrell, J., & Saloner, G. (1985). Standardization, Compatibility, and Innovation. *The RAND Journal of Economics*, Vol. 16 (1), 70-83.

Farrell, J., & Saloner, G. (1992). Converters, Compatibility, and the Control of Interfaces. *The Journal of Industrial Economics*, Vol. 40 (1), 9-35.

Farrell, J. & Klemperer, P. (2007), Coordination and lock-in: Competition with switching costs and network effects, *Handbook of industrial organization*, Vol. 3, 1967—2072.

FDA. (2006). FDA Counterfeit Drug Task Force Report: 2006 Update. Tiré de: <http://www.fda.gov/Drugs/DrugSafety/ucm172759.htm>

Fein, A.J. (2005). Drive the right supply chain behavior. *Journal of Supply chain strategy*, Vol. 1 (6), 22-29.

Fichman R. G., Kohli, R., Krishnan, R. & Kane, G.C. (2011), The Role of Information Systems in Healthcare: Current Research and Future Trends, *Information Systems Research*, Vol. 22 (3), 419–428.

Finkenzeller, K. (2003), RFID Handbook - Fundamentals and Applications in Contactless Smart Cards and Identification, 2nd Edition, Chichester, England: Wiley

Fishbein, M., & Ajzen, I. (1975), Belief, Attitude. Intention and Behavior: An introduction to Theory and Research. Addison-Wesley, Reading, MA.

Ford, D. & Ryan, C. (1981), Taking technology to market, *Harvard Business Review*, Vol. 58 (2).

- Ford, E.W., Schech, A. & Phillips, M.T. (2008). Predicting computerized physician order entry system adoption in US hospitals: Can the federal mandate be met?, *International Journal of Medical Informatics*, Vol. 78 (8), 539-544.
- Fosso Wamba, S., Lefebvre, L. & Lefebvre, E. (2006). Enabling intelligent B-to-B eCommerce supply chain management using RFID and the EPC network: a case study in the retail industry. Proceedings of the 8th international conference on Electronic commerce: The new e-commerce: innovations for conquering current barriers, obstacles and limitations to conducting successful business on the internet, redericton, *New Brunswick, Canada*.
- Fosso Wamba, S., Lefebvre, L. & Lefebvre, E. (2007) Integrating RFID technology and EPC network into a B2B retail supply chain: a step toward intelligent business processes, *Journal of Technology Management and Innovation*, Vol.2 (2).
- Foster R. (1986). *Innovation, theAttacker's Advantage* . Simon and Schuster: New York.
- Fouin, C. (2008). Comment sécuriser sa Supply Chain - Partie 1. Approche théorique. Techniques de l'Ingénieur. Tiré de : <http://www.techniques-ingenieur.fr/page/ag5165niv10001/reduire-la-vulnerabilite-de-la-supply-chain.html>
- Fowler, F.J., (2002). Survey research methods. Thousand Oaks, CA: Sage Publications
- Frenken, K., Marengo, L. &Valente, M., (1999). Interdependencies, neardecomposability and adaptation. In: Brenner, T. (Ed.), Computational Techniques for Modelling Learning in Economics. Kluwer Academic Publishers, Boston.
- Frenken, K., Saviotti, P.P. & Trommetter, M. (1999), ariety and niche creation in aircraft, helicopters, motorcycles and microcomputers, *Research Policy*, Vol. 28 (5), 469-488.
- Gagnon, Y. C. (2005). L'étude de cas comme méthode de recherche. Presses de l'Université du Québec, Canada, 128 p.
- Gallaughier, J. M., & Wang, Y.-M. (2002). Understanding Network Effects in Software Markets: Evidence from Web Server Pricing. *MIS Quarterly*, Vol. 26 (4), 303-327.
- Gallagher, S. (2007), The Complementary Role of Dominant Designs and Industry Standards. *Engineering Management, IEEE Transactions on*, Vol. 54 (2), 371-379.
- Gallouj, K. (2008). Innovation et changements institutionnels dans les services de soins aux personnes âgées (SSPA), *Gérontologie et société*, Vol. 3, 11-38.
- Gandal, N. (1994). Hedonic Price Indexes for Spreadsheets and an Empirical Test for Network Externalities. *The RAND Journal of Economics*, Vol. 25 (1), 160-170.

Gao, J.Z. and Prakash, L. and Jagatesan, R., (2007), Understanding 2D-barcode technology and applications in m-commerce-design and implementation of a 2D barcode processing solution, Proceedings of 31st Annual International on Computer Software and Applications Conference, Vol. 2, 49-56.

Garud, R., Gehman, J. & Karnoe, P. (2010). Categorical Associations : Nuclear Power in the Energy Field, 2010 Academy of Management Annual Meeting, Montréal, Canada.

Gaukler, G. M. & Seifert, R. W. (2007). Applications of RFID in supply chains. Springer Series in Advanced Manufacturing, *Trends in Supply Chain Design and Management Technologies and Methodologies*, 29-48.

Gendarmerie Royale du Canada (2009). La GRC démantèle un réseau de distribution de médicaments d'ordonnance contrefaits. Tiré de: <http://www.rcmp-grc.gc.ca/qc/nouv-news/com-rel/2009/08/090807-fra.htm>

Gendarmerie Royale du Canada (2011). La GRC saisit des médicaments liés au mode de vie contrefaits et des marchandises de contrefaçon valant plusieurs millions de dollars. Tiré de: <http://www.rcmp-grc.gc.ca/on/news-nouvelles/2011/11-05-17-gta-rgt-fes-pelf-fra.htm>

Gill, T.G., Kalyuga, S., Geri, N., Geri, Y., Ng'ambi, D., Murphy, W.F., Kuechler, W., Vaishnavi, V., Gullberg, C. and Westelius, A. (2011). When what is Useful is Not Necessarily True: The Underappreciated Conceptual. *Informing Science: the International Journal of an Emerging Transdiscipline*, Vol. 14, 32-49.

Gimpel, G. (2009). Decision models and the use of wireless technology, Proceedings fo the 17th European Conference on Information Systems, 14 pages.

Globerman, S., Mintzberg, H. (2001a). Managing the care of health and the cure of disease - Part I: differentiation. *Health Care Management Review*, Vol. 26, 56-69.

Globerman, S., Mintzberg, H. (2001b). Managing the care of health and the cure of disease - Part II: integration. *Health Care Management Review*, Vol. 26, 70-84.

Goda, P., Toth, T. & Kollar, K. (2008). How to use the Reductionist approach for evaluating subsystems to research the elements of the development, *Bulletin of the Szent Istvan University*, Vol. 26 (3), 431-445.

Goes, B.J. & Park, S.H, (2000). Interorganizational links and innovation: The case of hospital services, *The Academy of Management Journal*, Vol. 40 (3), 673-696.

Gombrich, P.P. (1990), Portable handheld terminal, US Patent 4,916,441.

Granovetter, M. (1985). Economic Action and Social Structure: The Problem of Embeddedness. *The American Journal of Sociology*, Vol. 91 (3), 481- 510.

- Grover, V. (1993). An empirically derived model for the adoption of customer-based interorganizational systems. *Decision Science*, Vol. 24 (3), 603-640.
- Gulati, R., Nohria, N. & Zaheer, A. (2000). Strategic Networks. *Strategic Management Journal*. Vol. 21 (3), 203-215.
- Gunasekaran, A., Ngai, E.W.T. & McGaughey, R.E. (2006), Information technology and systems justification : a review for research and applications, *European Journal of Operational Research*, Vol. 173, 507-517.
- Habhab, S. (2006). L'innovation incrémentale et ses déterminants. Association Internationale du Management Stratégique (AIMS) (Annecy), Suisse.
- Hagedoorn, J., Carayannis, E., & Alexander, J. (2001). Strange Bedfellows in the Personal Computer Industry: Technology Alliances between IBM and Apple. *Research Policy*, Vol. 30 (5), 837-849.
- Hammervoll, T. & Toften, K. (2010). 'How can supply chain managers classify and differentiate supply chain partners?', *International Journal of Networking and Virtual Organisations*, Vol. 7 (1), 112-131.
- Hargadon, A. B., & Douglas, Y. (2001). When Innovations Meet Institutions: Edison and the Design of the Electric Light. *Administrative Science Quarterly*, Vol. 46 (3), 476-501.
- Hagedoorn, J., Carayannis, E., Alexander, J., (2001). Strange bedfellows in the personal computer industry: technology alliances between IBM and Apple. *Research Policy*, Vol. 30 (5) , 837-849.
- Hargrave, T. J., & Van De Ven, A. H. (2006). A Collective Action Model of Institutional Innovation. *Academy of Management Review*, Vol. 31(4), 864-888.
- Hayrinen, K., Lammintakanen, J. & Saranto, K. (2010). Evaluation of electronic nursing documentation—Nursing process model and standardized terminologies as keys to visible and transparent nursing, *International Journal of Medical Informatics*, Vol. 79 (7), 554-564
- Hebert, M. & Benbasat I. (1994), Factors Influencing the Adoption of Bedside Terminals by Nursing Staff: A Field Study of the Diffusion of Innovations in Hospitals, *Hospital and Health Services Administration*, Vol. 39 (3), 369-383.
- Heese, H. S. (2007). Inventory inaccuracy, double marginalization, and RFID adoption. *Production and Operations Management*, Vol. 16 (5), 542-553.
- Helper, C.D. & Strand, L.M. (1999), 'Opportunities and responsibilities in pharmaceutical care', *American Journal of Hospital Pharmacy*, Vol. 47 (3), 533-543
- Henderson, R. M. & Clark, K. B. (1990). Architectural innovation: The reconfiguration of existing product technologies and the failure of established firms. *Administrative Science Quarterly*, Vol. 35, 9-30.

- Henderson, R. M., et Clark, K. B. (1990). Architectural innovation: The reconfiguration of existing product technologies and the failure of established firms. *Administrative Science Quarterly*, Vol. 35, 9-30.
- Henderson, R. M. (1995). Of Life Cycles Real and Imaginary: The Unexpectedly Long Old Age of Optical Lithography, *Research Policy*, Vol. 24 (4), 631-643.
- Hikmet, N., Bhattacharjee, A., Menachemi, N., Kayhan, V.O. & Brooks, R.G. (2008). The role of organizational factors in the adoption of healthcare information technology in Florida hospitals, *Health Care Management Science*, Vol. 11 (1), 1-9.
- Hilbe, J., Schuic, E., Linder, B. & Them, C. (2010). Development and alarm threshold evaluation of a side rail integrated sensor technology for the prevention of falls, *International Journal of Medical Informatics*, Vol. 79 (3), 173-180
- Hingley, M., Taylor, S. & Ellis, C. (2007). Radio frequency identification tagging: Supplier attitudes to implementation in the grocery retail sector. *International Journal of Retail & Distribution Management*, Vol. 35 (10), 803- 820.
- Holden, R.J. (2010). Physicians' beliefs about using EMR and CPOE: In pursuit of a contextualized understanding of health IT use behavior, *International Journal of Medical Informatics*, Vol. 79 (2), 71-80
- Holden, R.J. and Karsh, B.T. (2010), The technology acceptance model: its past and its future in health care, *Journal of biomedical informatics*, Vol. 43 (1), 159-172.
- Horbst, A., Kohi, C.D., Knaup, P. & Ammenwerth, E. (2010). Attitudes and behaviors related to the introduction of electronic health records among Austrian and German citizens, *International Journal of Medical Informatics*, Vol. 79 (2), 90-96.
- Hovav, A., Patnayakuni, R. & Schuff, D. (2004) A Model of Internet Standards Adoption: The Case of IPv6, *Information Systems Journal*, Vol. 14 (3), 265-294.9
- HSC. (2005). Follow the pill, understanding the U.S. commercial pharmaceutical supply chain: Kaiser Family Foundation. White paper, March, 2005, 32 pages.
- Hu, P.J., Chau, P.Y.K., Sheng, O.R.L. & Tam, K.Y. (1999). Examining the technology acceptance model using physician acceptance of telemedicine technology, *Journal of management information systems*, 91-112.
- Huberman, A.M. & Miles, M.B. (2002). The qualitative researcher's companion, Sage Publications, Inc.
- Hughes, P. (1983), *Networks of power : electrifications in western society 1880-1930*, Batimore : The Johns Hopkins University Press.
- Hugos, M.H. (2011), *Essentials of Supply Chain Management*, John Wiley & Sons, pages 348.

Hureau, J. & Queneau, P., (2004), Sécurisation du circuit du médicament dans les établissements de soins, Rapport.

Huyskens, C. & Loebbecke, C. (2007). RFID adoption: Theoretical concepts and their practical application in fashion. Dans IFIP International Federation for Information Processing, 235, Organizational dynamics of technology-based innovation: Diversifying the research agenda, Eds. McMaster, T., Wastell, D., Ferneley, E., & Degross, J. (Boston: Springer), 345-361.

Iacovou, C.L., Benbasat, I. & Dexter, A.S. (1995). Electronic data interchange and small organizations: adoption and impact of technology. *MIS Quarterly*, Vol. 19 (4), 465-485.

ICIS, (2010). Dépenses de santé – Médicaments, Institut canadien d'information sur la santé. Tiré de : http://secure.cihi.ca/cihiweb/dispPage.jsp?cw_page=statistics_results_topic_drugs_f

ICIS (2011), Dépenses en médicament au Canada, 1985-2011, Institut Canadien d'information sur la santé, Ottawa (Ont.).

ICIS (2012), Tendances de dépenses nationales en santé, 1985-2011, Institut Canadien d'information sur la santé, Ottawa (Ont.).

IHealthbeat (2005), iHealthBeat rounds up coverage on Bush's EMR proposal, Tiré de : <http://www.ihealthbeat.org/articles/2005/1/31/ihealthbeat-rounds-up-coverage-on-bushs-emr-proposal.aspx?topic=herbs%20and%20phrs>

Institute of Medicine (1985), Assessing medical technologies, Institute of Medicine, Washington, DC, National Academy Press

Industrie Canada (2012). Profile de l'industrie pharmaceutique, Tiré de: http://www.ic.gc.ca/eic/site/lsg-pdsv.nsf/fra/h_hn01703.html

Institut de la statistique du Québec (2011). Commerce international de marchandises du Québec, *Économie*, Vol. 11 (1).

Iskandar, B.Y., Kurokawa, S. & Leblanc, L.J. (2001). Adoption of electronic data interchange: the role of buyer-supplier. *Engineering Management, IEEE Transactions on*, Vol. 48 (4), 505-517.

ISMP (2010), Énoncé technique conjoint sur l'identification automatisée des médicaments par codes-barres et les exigences relatives à la base de données sur les produits, Institut pour l'utilisation sécuritaire des médicaments au Canada. Tiré de : http://www.ismp-canada.org/fr/codage_barres/download/enonce_technique_conjoint.pdf

Jagers, A. S. (2010). 2D Datamatrix Barcoding in Pharma: Towards safer drug supply. *RF Waves*, Vol. 1, 8-10.

- Jamal, A. and McKenzie, K. and Clark, M. (2009). The impact of health information technology on the quality of medical and health care: a systematic review, *Health Information Management Journal*, Vol. 38 (3), 26-37.
- Jen, W. & Chao C.C. (2008). Measuring mobile patient safety information system success: An empirical study, *International Journal of Medical Informatics*, Vol. 77 (10), 689-697.
- Jenkins, J., Mills, P., Maidment, R. & Profit, M. (2007), Pharma Traceability Business Case Report, BRIDGE, Tiré de: http://www.bridge-project.eu/data/File/BRIDGE_WP06_Business_Case_Report.pdf
- Jenkins, M. (2010). Technological Discontinuities and Competitive Advantage: A Historical Perspective on Formula 1 Motor Racing 1950—2006, *Journal of Management Studies*, Vol. 47 (5), 884-910.
- Jiménez, A. (2011), Líneas estratégicas No. 1: Nuevas tecnologías, *Farmacia Hospitalaria*, Vol. 35 (1), 1-7.
- Johansson, P.E., Petersson, G.I. & Nilsson, G.C. (2010). Personal digital assistant with a barcode reader—A medical decision support system for nurses in home care, *International Journal of Medical Informatics*, Vol. 79 (4), 232-242
- Jones, N. (2003). Competing after radical technological change: The significance of product line management strategy. *Strategic Management Journal*, Vol. 24 (13), 1265.
- Kalorama Information (2008). RFID Opportunities in Healthcare in the U.S., Kalorama.
- Kaplan, B. & Duchon, D. (1994). "Combining Qualitative and Quantitative Methods in Information Systems Research: A Case Study,"ell, J.A." in *Evaluating Health Care Information Systems: Methods and Applications*, J.G. Anderson, C.E. Aydin and S.J. Jay (eds.), Sage, Thousand Oaks, CA, 1994, 45-68.
- Kaplan, B. (1997), Addressing organizational issues into the evaluation of medical systems, *Journal of the American Medical Informatics Association*, Vol. 4 (2), 94-105.
- Kaplan, S. (1999). Discontinuous innovation and the growth paradox. *Strategy & Leadership*, Vol. 27 (2), 16-21.
- Kaplan, S. & Henderson, R., (2005). Inertia and incentives: bridging organizational economics and organizational theory. *Organization Science*, Vol. 16 (5), 509–521.
- Kaplan, B. and Maxwell, J. (2005). Qualitative research methods for evaluating computer information systems. *Evaluating the Organizational Impact of Healthcare Information Systems*, Vol. 1, 30-55.
- Kaplan, S. & Tripsas, M., (2008). Thinking about technology: Applying a cognitive lens to technical change, Elsevier, *Research Policy*, Vol. 37, 790-805

- Kato, H. and Tan, K.T. and Chai, D. (2010), *Barcodes for mobile devices*, Cambridge Univ Pr, premier edition.
- Katz, M.L. & Shapiro, C. (1994), Systems competition and network effects, *The Journal of Economic Perspectives*, Vol. 8 (2), 93—115.
- Kelly, B. (2004). Securing the Drug Supply from Counterfeiting Protects Brand Profits. *Pharmaceutical Manufacturing and Packaging Sourcer* (Winter '04).
- Khalifa M. & Davison M. (2006), SME adoption of IT: the case of electronic trading systems, *IEEE Transactions on Engineering Management*, Vol.53 (2), 275-284.
- Kim, D.-j., & Kogut, B. (1996). Technological Platforms and Diversification. *Organization Science*, Vol. 7 (3), 283-301.
- Kim, D. (2005), An integrated supply chain management system: a case study in healthcare sector, *E-Commerce and Web Technologies*, 218-227.
- Kohn, L., Corrigan, J., & Donaldson, M. (2000). *To err is human: building a safer health system*: Natl Academy Pr.
- Kolodner, R.M., Cohn, S.P. & Friedman, C.P. (2008). Health information technology: Strategic initiatives, real progress, *Health Affairs*, Vol. 27 (5), W391-w395.
- Kralewski, J.E., Dowd, B.E., Cole-Adeniyi, T., Gans, D., Malakar, L. & Elson, B. (2008). Factors influencing physician use of clinical electronic information technologies after adoption by their medical group practices, *Health care management review*, Vol. 33 (4), 361-369.
- Lamotte, L. (1999), La reconfiguration des hopitaux : un defi d'ordre professionnel, *Rupture*, Vol. 6.
- Lambert, D.M., Cooper, M.C. & Pagh, J.D. (1998). Supply chain management: implementation issues and research opportunities, *The International Journal of Logistics Management*, Vol 9 (2), 1-20.
- Langabeer, J. (2007). *Health care operations management: a quantitative approach to business and logistics*: Jones & Bartlett Publishers.
- Langabeer, J. & Rose, J. (2003). *Creating demand driven supply chains*. Oxford, UK: Spiro publishing.
- Langley, A. (1999). Strategies for theorizing from process data. *Academy of Management review*, Vol. 24 (4), 671-710.
- Latzer, M. (2009). Information and communication technology innovations: radical and disruptive?, *New Media & Society*, Vol 11 (4), 599-607.

- Leape, L. L. (2005). Five Years After To Err Is Human: What Have We Learned? *JAMA*, Vol. 293 (19), 2384-2390.
- Lecavalier C. (2012), 1 100 000 doses volées par année, Agence QMI. Tiré de : <http://fr.canoe.ca/infos/societe/archives/2012/02/20120228-080707.html>
- Lee, C.P., & Shim, J.P. (2007), An exploratory study of radio frequency identification (RFID) adoption in the healthcare industry, *European Journal of Information Systems*, Vol. 16 (6), 712-714.
- Lefebvre, L. A., Lefebvre, É., Bendavid, Y., Fosso Wamba, 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 (2), 101-111.
- Lefebvre E., Romero, A., Lefebvre, L.A., Krissi, C, (2011). Technological strategies to deal with counterfeit medicines: the European and North-American perspectives, *International Journal of Education and Information Technologies*, Vol. 5 (3), 275-284.
- Lerner, J. (1997). An Empirical Exploration of a Technology Race. *The RAND Journal of Economics*, Vol. 28 (2), 228-247.
- Lettieri, E., Masella, C. & Zamboni, P. (2008). A cognitive map to design a performance-oriented RIS-PACS, *International Journal of Healthcare Technology and Management*, Vol. 9 (1), 45-59.
- Lin, C., Huang, Y.A., Jalleh, G., Liu, Y.C. & Tung, M.L. (2010). An exploratory study of factors affecting adoption and implementation of b2b e-commerce in australian health care organizations'. *International Journal of Electronic Commerce Studies*, Vol. 1, (2), 77-96.
- Lin, A.Y.C. & Tsai, Y.T. (2009), Occurrence of pharmaceuticals in surface waters: Impact of waste streams from hospitals and pharmaceutical production facilities, *Science of Total Environment*, Vol. 407 (12), 3793, 3802.
- Liu, J., Higgins, A., & Tan, Y.-H. (2010). IT enabled redesign of export procedure for high-value pharmaceutical product under temperature control: the case of Drug Living Lab. 11th Annual International Conference on Digital Government Research, Puebla.
- Logi-D, (2012), Salle de presse, Disponible dans: <http://logi-d.net/fr/news.htm>
- Lorenzi, N.M., Riley, R.T., Blyth, A.J.C., Southon, G. & Dixon, B.J. (1997). Antecedents of the people and organizational aspects of medical informatics, *Journal of the American Medical Informatics Association*, Vol 4 (2), 79-93.
- Lynas, K. (2010), A step forward for medication safety: Stakeholders agree to a common standard for barcoding pharmaceuticals, *Canadian Pharmacists Journal*, Vol. 143 (2), 62-62.

- Mackert, M. & Whitten, P. (2009). Telepharmacy and ePharmacy: Siamese or discrete?, *International Journal of Healthcare Technology and Management*, Vol. 10 (1/2), 66-81.
- Maguire, S., Hardy, C., & Lawrence, T. B. (2004). Institutional Entrepreneurship in Emerging Fields: Hiv/Aids Treatment Advocacy in Canada, *Academy of Management Journal*, Vol. 47: 657-679.
- Mackert, M. & Whitten, P. (2009). Telepharmacy and ePharmacy: Siamese or discrete?, *International Journal of Healthcare Technology and Management*, Vol. 10 (1/2), 66-81
- Madlberger, M. (2009). What Drives Firms to Engage in Interorganizational Information Sharing in Supply Chain Management?, *International Journal of e-Collaboration*, Vol. 5 (2), 18-42.
- Marshall, C. & Rossman, G. B. (1999). *Designing Qualitative Research*. 3rd Ed. London: Sage Publications.
- Magnusson T. & Berggren, C. (2011). Entering an era of ferment--radical vs incrementalist strategies in automotive power train development, *Technology Analysis & Strategic Management*, Vol. 23 (3), 313-330.
- Markevelich, A. & Ronald, B., (2006). RFID : The changes it will bring, Strategic Finance, *Institute of American Accountants*, 46-49.
- Martin, C., Williams-Jones, B., & de Ortuzar, M.G. (2011), Ethical Health Technology Assessment in Latin America: Lessons from Canada and Argentina, *Acta Bioethica*, Vol. 17 (2), 225-236.
- Maruster, L. & Jorna, R.J. (2005), From data to knowledge: a method for modeling hospital logistic processes, *Information Technology in Biomedicine, IEEE Transactions on*, Vol. 9 (2), 248-255.
- Massaro T. (1993). Introducing physician order entry at a major academic medical center: I. Impact on organizational culture and behavior. *AcademicMedicine*, Vol. 68 (1), 20-5.
- Matalka, M. S., Visich, J. K., & Suhong, L. (2009). Reviewing the drivers and challenges in RFID implementation in the pharmaceutical supply chain. *International Journal of Electronic Business*, Vol. 7, 473-490.
- Matheson, C. (2009). Understanding the Policy Process: The Work of Henry Mintzberg, *Public Administration Review*, Vol. 69 (6), 1148-1161.
- McKinsey and Company (2008). Breaking away from the pack: Enhancing Canada's Global Competitiveness. Tiré de: http://ww1.mckinsey.com/ideas/canada_report/index.asp
- Meiller, Y. and Bureau, S. and Zhou, W. and Piramuthu, S. (2010), Adaptive knowledge-based system for health care applications with RFID-generated information, *Decision Support Systems*, Vol. 51 (1), 198-207.

- Menachemi, N. & Brooks, R.G. (2006). Exploring the return on investment associated with health information technologies. Florida State University College of Medicine: Center
- Menon, D. & Stafinski, T. (2009). Health Technology Assessment in Canada: 20 Years Strong?, *Value in Health*, Vol. 12, s14-s19.
- Mettler, T. & Rohner, P. (2009), E-procurement in hospital pharmacies: an exploratory multi-case study from Switzerland, *Journal of theoretical and applied electronic commerce research*, Vol. 4 (1), 23-38.
- Michael, K. & McCathie, L. (2005), The pros and cons of RFID in supply chain management, Proceedings of International Conference on Mobile Business, 623-629.
- Michael, R., Michael, M. Tootel, H. & Baker, V. (2006), The Hybridization of Automatic Identification Techniques, in Mass Market Applications: Towards a Model of Coexistence, IEEE Int. Conf. on Management and Innovation, , 1043-1047.
- Mingers, J. (2001) "Combining IS Research Methods: Towards a Pluralist Methodology," *Information Systems Research*, Vol. 12 (3), 240-259.
- Mintzberg H. (1989). Mintzberg on management. Inside our strange world of organizations. Free Press, New-York.
- Mongan, J.J. and Ferris, T.G. & Lee, T.H. (2008). Options for slowing the growth of health care costs, *New England Journal of Medicine*, Vol. 358 (14), 1509-1514.
- Mom, G. (2009), Compétition et coexistence: la motorisation des transports terrestres et le lent processus de substitution de la traction équine, *Le mouvement social*, Vol. 4, 13—39.
- MSSS (2005), Les systèmes automatisés et robotisés utilisés pour la distribution des médicaments dans les établissements de santé au Québec, Direction des communications du ministère de Santé et de Services Sociaux, Québec, 116 pages, Tiré de : <http://publications.msss.gouv.qc.ca/acrobat/f/documentation/2005/05-719-01>
- MSSS (2007), "La politique du médicament", direction des communications du ministère de Santé et de Services Sociaux, Québec, 81 pages. Tiré de : <http://publications.msss.gouv.qc.ca/acrobat/f/documentation/2006/06-728-01.pdf>
- MSSS (2010), Réunion Ordinaire du Conseil d'Administration. Ministère de Santé et de Services Sociaux, Tiré de : http://agence.santemontreal.qc.ca/fileadmin/asssm/Info-CA/2010/2010-12-07-vol6no3/CA2010-12_08.8SARDM.pdf
- MSSS (2011), Plan stratégique 2011-2015, Ministère de la Santé et des Services Sociaux. Tiré de à : <http://www.santepop.qc.ca/fichier.php/603/Plan%20strat%20MSSS%202010-2015.pdf>

MSSS (2012), Rapport semestriel des incidents et accidents survenus lors de la prestation des soins et services de santé au Québec (du 1er octobre 2011 au 31 mars 2012), Québec, 111 pages.

Mun, I.K., Kantrowitz, A.B., Carmel, P.W., Mason, K.P. & Engels, D.W. (2007), Active RFID system augmented with 2D barcode for asset management in a hospital setting, *IEEE International Conference on RFID*, 205—211.

Murphy, S. A. (2009). Logistics technology: Pfizer places an accent on security. *Logistics Management*, Tiré de : http://www.logisticsmgmt.com/article/336994-Logistics_technology_Pfizer_places_an_accent_on_security.php

Mustaffa, N.H. & Potter, A. (2009). Healthcare supply chain management in Malaysia: a case study, *Supply Chain Management: An International Journal*, Vol. 14 (3), 234-243.

Murmann, J.P. & Frenken, K. (2006), Toward a systematic framework for research on dominant designs, technological innovations, and industrial change, *Research Policy*, Vol 35 (7), 925-952.

Myers, M.D. and Klein, H.K. (2011). A set of principles for conducting critical research in information systems, *MIS Quarterly*, Vol. 35 (1), 17-36.

Myerson, J. M. (2007). *RFID in the Supply Chain. A Guide to Selection and Implementation*, New York: Auerbach Publications.

Nair, A., et Ahlstrom, D. (2003), Delayed creative destruction and the coexistence of technologies, *Journal of Engineering and Technology Management*, Vol. 20 (4), 345-365.

Nasir, M., Norman, A., Fauzi, S. et Azmi, M. (2011), An RFID-Based Validation System for Halal Food, *International Arab Journal of Information Technology*, Vol. 8 (2), 204-211.

Naslund, D. (2002). Logistics needs qualitative research-especially action research. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, Vol. 32 (5), 321-338.

Nathanson, D. and Wimmer, T. (2010). *Barcode & RFID enabling greater visibility through standards*, White paper VDC Research.

Navis, C., & Glynn, M. A. (2010). How New Market Categories Emerge: Temporal Dynamics of Legitimacy, Identity, and Entrepreneurship in Satellite Radio, 1990-2005. *Administrative Science Quarterly*, Vol. 55(3), 439-471.

Nickerson, J. V., & Muehlen, M. Z. (2006). The Ecology Of Standards Processes: Insights From Internet Standard Making. *MIS Quarterly*, Vol. 30, 467-488.

Nieto, M., Lopéz, F. & Cruz, F. (1998), Performance analysis of technology using the S curve model: the case of digital signal processing (DSP) technologies, *Technovation*, Vol. 18 (6-7), 439-457.

Nold, E.G. & Williams, T.C. (1985), Bar codes and their potential applications in hospital pharmacy, *American Journal of Health-System Pharmacy*, Vol. 42 (12), 2722-2732.

Numerato, D. and Salvatore, D. and Fattore, G. (2011). The impact of management on medical professionalism: a review, *Sociology of Health & Illness*, Vol. 34 (4), 626-644.

O'Connor, M. (2008), A clinical trial at the Halifax Health Medical Center shows the devise helps patients better control pain while also saving nurses time, RFID Journal. Tiré de: <http://www.rfidjournal.com/article/articleview/4094>

OECD (2005). Manuel d'Oslo: principes directeurs pour le recueil et l'interprétation des données sur l'innovation. Les éditions de l'OCDE, 3e édition, 185 p.

OECD. (2008). The economic impact of counterfeiting and piracy: OECD. Paris: OECD publishing.

OCDE (2009). Eco-santé OCDE 2010: Statistiques et Indicateurs: OECD. Paris: OECD, 29 juin 2010.

OECD (2011), OECD Health Data 2011, Health Expenditure and Financing. Tiré de: http://stats.oecd.org/index.aspx?DataSetCode=HEALTH_STAT

Ohashi, K., Ota, S., Ohno-Machado, L. & Tanaka, H. (2010), Smart medical environment at the point of care: Auto-tracking clinical interventions at the bed side using RFID technology, *Computers in Biology and Medicine*, Vol. 40 (6), 545-554.

OMS (2000). The World Health Report 2000. Health Systems: Improving Performance. Geneva: WHO, 2000

OMS. (2005). *Counterfeit medicines*: WHO. Tiré de : http://www.wpro.who.int/health_topics/counterfeit_medicines/

OMS, (2010). Medicines: counterfeit medicines. WHO Fact sheet N°275. Tiré de : <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs275/en/>

Orszag, P.R. & Emanuel, E. J. (2010). Health Care Reform and Cost Control, *New England Journal of Medicine*, Vol. 363, 601-603

Palaniswami, S., Jenicke, L., Okonkwo, P., & Kang, H. (2010). Risk assessment and security measures in supply chain networks. *International Journal of Procurement Management*, Vol. 3, (1), 1-11.

Paré, G. & Sicotte, C. (2004), Les technologies de l'information et la transformation de l'offre de soins, *Cahier du GRESI*, Vol. 4, 04-12.

- Paré G., Sicotte C. & Jacques H. (2006). The effects of creating psychological ownership on physicians' acceptance of clinical information systems. *Journal of American Medicine Information Association*. Vol. 13, 197–205.
- Parent, M., Lamarre, D., Duchrme, P. & Giroux, C. (2001), L'exercice de la pharmacie au Québec : la nécessaire adoption aux nouvelles réalités du XXIème siècle, Ordre des Pharmacies du Québec, Montreal. Quebec, 41 pages
- Parker, G. G., & Van Alstyne, M. W. (2005). Two-Sided Network Effects: A Theory of Information Product Design. *Management Science*, Vol. 51 (10), 1494-1504.
- Passer, H. (1972), Electrical manufacturers, 1875-1899 : a study in competition, entrepreneurship, technical change and economic change, New York : Acno Press.
- Patel, M. & Wang, J. (2010), Applications, challenges, and prospective in emerging body area networking technologies, *IEEE Wireless Communications*, Vol. 17 (1), 80-88.
- Pedersen, C.A., Schneider, P.J. & Scheckelhoff, D.J. (2005). ASHP national survey of pharmacy practice in hospital settings: dispensing and administration. *American Journal health-system pharmaceutical*, Vol. 62, 378-390.
- Pelchat, P. (2011), Administration de médicaments: des centaines d'erreurs à l'hôpital. Tiré de: <http://www.cyberpresse.ca/le-soleil/actualites/sante/201104/27/01-4394006-administration-de-medicament-s-des-centaines-derreurs-a-lhopital.php>
- Petersen, L.A., Woodard, L.C.D., Urech, T., Daw, C. & Sookanan, S. (2006). Does pay-for-performance improve the quality of health care?, *Annals of internal medicine*, Vol. 145 (5), 265—272.
- Pitta, D.A. & Laric, M.V. (2004). Value chains in health care, *Journal of Consumer Marketing*, Vol 21 (7), 451—464.
- Porter, M. & Olmsted, E. (2006), Redefining Health-Care, created value-based competition on results, Harvard Business School Press, 528 p.
- Potdar, M., Chang, E., & Potdar, V. (2006). 'Applications of RFID in pharmaceutical industry'. *Presented at IEEE International Conference on Industrial Technology*, December 2006, (2860-2865).
- Premkumar, G. & Ramamurthy, K. (1995). The role of interorganizational and organizational factors on the decision mode for adoption of interorganizational systems. *Decision Science*, Vol. 26 (3), 303-336.
- Rahim, M.M., Shanks, G. & Johnston, R.B. (2001). A cross industry comparison of inter-organisational systems implementation activities, *Electronic Commerce Research*, Vol. 11 (2), 215-243.

- Rajasekaran, M.P., Radhakrisnan, S., Subbaraj, P. (2008). Remote monitoring of post-operative patients using wireless sensor networks, *International Journal of Healthcare Technology and Management*, Vol. 9 (3), 247-257
- Rand Corp. (2005), *The Diffusion and Value of Healthcare Information Technology*, published by RAND Corp, New York.
- Reeves, P. (1979), The Ethnographic Paradigm(s), *Administrative Science Quarterly*, Vol. 24, 527-538.
- Richards, S.H. and Coast, J. and Peters, T.J. (2003). Patient-reported use of health service resources compared with information from health providers, *Health & Social Care in the Community*, Vol. 11 (6), 510—518.
- Rittenburg, J. (2007). *Follow-up comments to the April 13, 2007, IMPACT technology review held in Prague, Czech Republic: IMPACT*.
- Rivard-Royer, H., Landry, S. & Beaulieu, M. (2002), Hybrid stockless: A case study: Lessons for health-care supply chain integration, *International Journal of Operations & Production Management*, Vol. 22 (4), 412-424.
- Roach, B. & Wunder, G. (2008), Electronic Pedigrees and Counterfeit Pharmaceuticals: The US Experience with RFID, *Regional Business*, 137-165.
- Rochet, J.-C., & Tirole, J. (2003). Platform Competition in Two-Sided Markets. *Journal of the European Economic Association*, Vol. 1 (4), 990-1029.
- Rogers, E., Shoemaker, F., (1971) Aligning supply chain management characteristics and inter-organizational information system types: An Exploratory Study, *IEEE Transactions on Engineering Management*, Vol. 49 (3), 282-292
- Rogers, E. (1995) *Diffusion of Innovations*. Free Press, New York.
- Rogers, E. (2003). *Diffusion of innovation*. The Free Press, New York, NY, 512 p.
- Rosenberg, N. (1982). Inside the black box: Technology and economics. *Cambridge University Press*, Cambridge, 304 p.
- Rosenbloom, R.S. & Cusumano, M.A., (1987). Technological pioneering and competitive advantage: the birth of the VCR industry. *California Management Review*, Vol. 29 (4), pp;51–76.
- Rosenkopf, L. & Tushman, M.L. (1995). Network evolution over the technological cycle: lessons from the flight simulation community. Working paper, Department of Management, University of Pennsylvania.

- Ross, S.E., Schilling, L.M., Fernald, D.H., Davidson, A.J. & West, D.R., (2010). Health information exchange in small-to-medium sized family medicine practices: Motivators, barriers, and potential facilitators of adoption, *International Journal of Medical Informatics*, Vol. 79 (2), 123-129
- Saloner, G., & Shepard, A. (1995). Adoption of Technologies with Network Effects: An Empirical Examination of the Adoption of Automated Teller Machines. *The RAND Journal of Economics*, Vol. 26 (3), 479-501.
- Sanderson, S.W. & Uzumeri, M., (1995). Managing product families: the case of the Sony Walkman. *Research Policy*, Vol. 24, 761–782.
- Schaeffer, R. (2009). Closing the medication safety loop. *Computers in Healthcare*, Vol. 30 (3), 30-32.
- Schaper, L.K. & Pervan, G.P. (2007). ICT and OTs: A model of information and communication technology acceptance and utilisation by occupational therapists, *International Journal of Medical Informatics*, Vol. 76, S212–S221.
- Schapranow, M.P., Faehnrich, C., Zeier, A. & Plattner, H. (2011), Simulation of RFID-aided Supply Chains: Case Study of the Pharmaceutical Supply Chain, Proceedings of Third International Conference on Computational Intelligence, Modelling and Simulation, 340—345.
- Schilling, M. A. (2002). Technology Success and Failure in Winner-Take-All Markets: The Impact of Learning Orientation, Timing, and Network Externalities. *Academy of Management Journal*, Vol. 45 (2), 387-398.
- Schmidt, M., Thoroe, L. & Schumann, M. (2010). Co-existence of RFID and Barcode in Automotive Logistics, Proceedings of Americas Conference on Information Systems, Paper 84.
- Schmitt, K.F. and Wofford, D.A. (2002), Financial analysis projects clear returns from electronic medical records. *Healthcare financial management: journal of the Healthcare Financial Management Association*, Vol. 56 (1), 52-62.
- Schneller, E., Smeltzer, L., & Burns, L. (2006). *Strategic management of the health care supply chain*. Jossey-Bass, San Francisco, Calif.
- Schumpeter, J. (1934). The theory of economic development. *Harvard University Press*, Cambridge, Massachusetts, 324 p.
- Schumpeter, J. (1999). Théorie de l'évolution économique. Éditions Dalloz, 371 p.
- Schuremberg, B.K., (2006). Bar codes versus RFID: A battle just beginning, Health Data Management.
- Schuster, E., Allen, S., Brock, D. (2007). Global RFID: the value of the EPCglobal network for supply chain management. Springer Verlag.

Seddon, P.B. (1997), A respecification and extension of the Delone and McLean model of IS success, *Information Systems Research*, Vol. 8 (3), 240-252.

Service Canadien des Renseignements Criminels (2010). La contrefaçon des médicaments au Canada. Tiré de: http://www.cisc.gc.ca/pharmaceuticals/pharmaceuticals_f.html

Shah, S.K. & Corley, K.G. (2006), Building Better Theory by Bridging the Quantitative--Qualitative Divide, *Journal of Management Studies*, Vol. 43 (8), 1821-1835.

Shah, R.Y., Prajapati, P.N. & Agrawal, Y.K. (2010), Anticounterfeit packaging technologies, *Journal of Advanced Pharmaceutical Technology \& Research*, Vol. 1 (4), 368-375.

Shamos, M.H. (1993), Patient and healthcare provider identification system, US Patent 5,193,855

Sharma, A., Thomas, D., et Konsynski, B. (2011), When Is RFID Perceived as a Radical Technology?, *Exploring the Grand Challenges for Next Generation E-Business*, Vol. 52 (2), 289-297.

Sheppard, I. and Hyland, S. and Koczmara, C.(2009), Pharmaceutical bar coding: Moving forward in Canada, *ISMP Canada*, Vol. 20(3), 28-30.

Sijs, H., Bouamar, R., Gelder, T., Aarts, J. & Beg, M. (2010). Functionality test for drug safety alerting in computerized physician order entry systems, *International Journal of Medical Informatics*, Vol. 79 (4), 243-251

Sittig, D., Wright, A., Simonaitis, L., Carpenter, J.D., Allen, G.O. & Doebebling, B.N., (2010). The state of the art in clinical knowledge management: An inventory of tools and techniques, *International Journal of Medical Informatics*, Vol. 79 (1), 44-57

Snowdon, A.W., Shell, J., Leitch, K., Ont, O. & Park, J.J. (2011). Health Information Technology in Canada's Health Care System: Innovation and Adoption, *Intelligent Decision Technologies*, 763-768.

Soete, L. and Turner, R. (1984), Technology diffusion and the rate of technical change, *The Economic Journal*, Vol. 94 (375), 612-623.

Soh, P.-H. (2010), Network Patterns and Competitive Advantage before the Emergence of a Dominant Design. *Strategic Management Journal*, Vol. 31 (4), 438-461.

Son J. Y. & Benbasat I. (2007), Organizational Buyers' Adoption and Use of B2B Electronic Marketplaces: Efficiency-and Legitimacy-Oriented Perspectives, *Journal of Management Information Systems*, Vol.24 (1), 55-99.

Sood, S., Prakash, N. & Agrawal. R.K. (2008). Telepharmacy and ePharmacy: Siamese or discrete?, *International Journal of Healthcare Technology and Management*, Vol. 9 (5/6), 485-494.

- Spekman, R. E. & Sweeney II, P. J. (2006). RFID: From concept to implementation. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, Vol. 36 (10), 736-754.
- Srinivasan, R., Lilien, G. L., & Rangaswamy, A. (2004). First in, First out? The Effects of Network Externalities on Pioneer Survival. *Journal of Marketing*, Vol. 68 (1), 41-58.
- Srinivasan, R., Lilien, G. & Rangaswamy, A. (2005), The emergence of dominant designs, *Journal of Marketing*, Vol. 68, 41-55.
- Srinivasan, R. (2010). Supply chain immunity: a methodology for risk management. *International Journal of Services Sciences*, Vol. 3 (1), 1-20.
- Stone, P.W., Chapman, R.H., Sandberg, E. A., Lijas, , B. & Neumann, J. (2000). Measuring costs in cost-utility analyses. *International journal of technology assessement in health care*, Vol. 16 (1), 111-124.
- Strauss, A. & Corbin, J. (1990). Basics of qualitative research: Grounded theory procedures and techniques. Sage Publications.
- Suarez, F. F. (2004), Battles for Technological Dominance: An Integrative Framework. *Research Policy*, Vol. 33 (2), 271-286.
- Suarez, F. F. (2005). Network Effects Revisited: The Role of Strong Ties in Technology Selection. *Academy of Management Journal*, Vol. 48 (4), 710-720.
- Sullivan, L. (2008). UPDATE: Walgreens Gets RFID. Tiré de : <http://www.rfid-world.com/news/210601882>
- Supply Chain Council Management Professionals (2012). Définitions. Tiré de : <http://cscmp.org/aboutcscmp/definitions.asp>
- Swedberg, C. (2005), Pittsburgh Hospital Pilots Hybrid System, RFID Journal, Tiré dans: <http://www.rfidjournal.com/article/view/1863>
- Swedberg, C. (2010a), Nyack Hospital Tracks Medication Compliance, RFID Journal, Tiré de : <http://www.rfidjournal.com/article/view/7631>
- Swedberg, C. (2010b), Hospital Robot Tracks Controlled Substances, High-Value Meds, RFID Journal, Tiré de: <http://www.rfidjournal.com/article/view/7825>
- Swinehart, K. & Green R. F. (1995). Continuous improvement and TQM in health care: an emerging operational paradigm becomes a strategic imperative, *International Journal of Health Care Quality Assurance*, Vol. 8(1), 23 – 27.

- Tajima, M. (2007). Strategic value of RFID in supply chain management. *Journal of purchasing and supply management*, Vol. 13 (4), 261 – 275
- Tajima, M. (2012). The Role of Technology Standardization in RFID Adoption: The Pharmaceutical Context, *International Journal of IT Standards and Standardization Research*, Vol. 10 (1), 48—67.
- Tamro. (2009). Pharmaceutical Distribution in Sweden. Tiré de : <http://www.tamro.se/en/the-company/our-industry/pharmaceutical-distribution-insweden/>.
- Tan M. & Teo, T.S.H. (2000), Factors influencing the adoption of the Internet banking, *Association for Information Systems*, Vol. 15, 1-42.
- Tasse, G. (2000), Standardization in Technology-based Markets. *Research Policy*, Vol. 29 (4-5), 587-602.
- Taylor, P. (2009). Sweden will host EFPIA serialisation project. SecuringPharma, Tiré de : <http://www.securingspharma.com/15/articles/130.php>
- Taylor, P. (2010). Cutting out the middleman: the rise of direct distribution in pharma. SecuringPharma, Tiré de: <http://www.securingspharma.com/40/articles/370.php>
- Teece, D. J., Pisano, G. & Shuen, A. (1997). Dynamic capabilities and strategic management. *Strategic Management Journal*. Vol. 18 (7), 509-533.
- Teece, D.J. (2000). Managing Intellectual Capital:Organizational, Strategic and Policy Dimensions. Oxford: Oxford University Press.
- Teo, H., Wei, K.K. & Benbasat, I. (2003). Predicting intention to adopt interorganizational linkages: an institutional perspective. *MIS Quarterly*, Vol. 27 (1), 19.
- Thomas, L., (1975), *The lives of a cell*, New York, Bantam Books.
- Thorngate, W. (1976), "In General" vs. "It Depends": Some Comments of the Gergen-Schlenker Debate, *Personality and Social Psychology Bulletin*, Vol. 2 (4), 404-410.
- Timmermans, S., & Berg, M., (2003), *The gold standard: The challenge of evidence-based medicine and standardization in health care*, Temple Univ Pr, Philadelphia
- Tornatzky, L. G. & Fleischer, M. (1990). *The process of technology innovation*. Lexington Books, Lexington, MA, 303 p.
- Tounsi, M. & Qureshi, B. (2008). A Bluetooth intelligent e-healthcare system: analysis and design issues, *International Journal Mobile Communications*, Vol. 6 (6), 683-695.

- Trudel, M.C. & G. Paré (2004), Les barrières à l'innovation technologique dans les hôpitaux : étude du premier cas d'adoption du système PACS au Québec, *Gestion*, Vol. 29, 36-44.
- Tung, P.C., Chang, S.C. & Chou, C.M. (2008). An extension of trust and TAM model with IDT in the adoption of the electronic logistics information system in HIS in the medical industry, *International Journal of Medical Informatics*, Vol. 77 (5), 324-335
- Tushman, M. L., & Rosenkopf, L. (1992), A dynamic model of process and product innovation. *Omega*, Vol. 3 (6), 639-656.
- Tushman, M.L. & Anderson, P. (1986), Technological discontinuities and organizational environments, *Administrative science quarterly*, 439-465.
- Tzeng, S.F., Chen, W.H. & Pai, F.Y. (2010), Evaluating the business value of RFID: Evidence from five case studies, *International Journal of Production Economics*, Vol. 112 (2), 601-613.
- Utterback, J. M., & Abernathy, W. J. (1975). A Dynamic Model of Process and Product Innovation. *OMEGA*, Vol. 3 (6), 639.
- Utterback, J. M., & Suárez, F. F. (1993). Innovation, Competition, and Industry Structure. *Research Policy*, Vol. 22 (1), 1-21.
- Utterback, J. M. (1994). Mastering the dynamics of innovation. *Harvard Business School Press*, Boston, 53 p.
- Van Merode, G.G., Groothuis, S. & Hasman, A. (2004), Enterprise resource planning for hospitals, *International Journal of Medical Informatics*, Vol. 73 (6), 493-501.
- Venkatesh, V., Morris, M. G., Davis, G. B. & Davis, F. D. (2003). User acceptance of information technology: Toward a unified view. *MIS Quarterly*, Vol. 27 (3), 425-478.
- Verhoeven, F., Steehouder, M.F. & Hendix, R.M.G. (2009). Factors affecting health care workers' adoption of a website with infection control guidelines, *International Journal of Medical Informatics*, Vol. 78 (10), 663-678.
- Vilamovska, A.M., Hatzianandreu, E., Schindler, R., Oranje, C., Vries, H. & Krapels, J. (2008). Study on the requirements and options for RFID application in healthcare, Tiré de : http://ec.europa.eu/information_society/activities/health/docs/studies/200807-rfid-ehealth.pdf
- Voss, V. (1999), Research Methodology in operation management, *Eden seminar*, Brussels, February.
- Wade, J. (1996). A Community-Level Analysis of Sources and Rates of Technological Variation in the Microprocessor Market. *Academy of Management Journal*, Vol. 39 (5), 1218-1244.

- Waguespack, D. M., & Fleming, L. (2009). Scanning the Commons? Evidence on the Benefits to Startups Participating In Open Standards Development. *Management Science*, Vol. 55 (2), 210.
- Wailgum, T., (2006). RFID Decision Time. CIO Mafazine, September 15, 2006, pp 37-38.
- Wan, X.Y., & Xu, G.Q. (2011), Application research of pharmaceutical industry management system based on ERP and CRM, *Applied Mechanics and Materials*, Vol. 101-102 (1), 55-59.
- Wang, S.W., Chen, W.H., Ong, C.S., Liu, L. & Chuang, Y.W. (2006), RFID application in hospitals: a case study on a demonstration RFID project in a Taiwan hospital, Proceedings of the 39th Annual Hawaii International Conference on System Sciences, Vol, 8, 184a - 195a.
- Weicher, M., Chu. W., Lin, W.C., Le V. & Yu, D. (1995). Business Process Reengineering Analysis and Recommendations. Baruch College.
- Weilert, M. and Tilzer, L.L. (1991), Putting bar codes to work for improved patient care, *Clinics in Laboratory Medicine*, Vol. 11 (1), 227.
- Weisbrod, B., (1991), The Health Care Quadrilemma : an Essay on Technological Change, Insurance, Quality of Care, and Cost Containment, *Journal of Economic Literature*, Vol. 29, 523-552.
- Weiss, A.R. and Birnbaum, P.H. (1989), Technological infrastructure and the implementation of technological strategies, *Management Science*, 1014-1026.
- Wesel, R. (2010), RFID Helps Medlog Monitor Pharmaceutical Cold Chain, RFID Journal, Tiré de: <http://www.rfidjournal.com/article/print/7494>
- Weset, R. (2006), German Hospital Expects RFID to Eradicate Drug Errors, RFID Journal. Tiré de: <http://www.rfidjournal.com/article/view/2415>
- West, J. (2003). How Open Is Open Enough?: Melding Proprietary and Open Source Platform Strategies. *Research Policy*, Vol. 32 (7), 1259-1285.
- White, A., Johnson, M., & Wilson, H. (2008). RFID in the supply chain: lessons from the European early adopters. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, Vol. 38 (2), 88-107.
- Wicks, A.M. and Visich, J.K. and Li, S. (2006), Radio frequency identification applications in hospital environments, *Hospital topics*, Vol. 84 (3), 3-9.
- Wideman, M.V. (2005), Barcode medication administration: Lessons learned from an intensive care unit implementation, DTIC Document.

Wigand, R.T., Mande, D.M., & Wood, J.D. (2011), Information Management and Tracking of Drugs in Supply Chains within the Pharmaceutical Industry, Eighth International Conference on Information Technology: New Generations, 500-507.

Woodside, A.G. (2009), Bridging the chasm between survey and case study research: Research methods for achieving generalization, accuracy, and complexity, *Industrial Marketing Management*, Vol. 39 (1), ppé 64-75.

Wu, S. and Chaudhry, B. and Wang, J. and Maglione, M. and Mojica, W. and Roth, E. and Morton, S.C. and Shekelle, P.G. (2006), Systematic review: impact of health information technology on quality, efficiency, and costs of medical care, *Annals of internal medicine*, Vol. 144 (10), 742-752.

Wyld, D. C. & Jones, M. A. (2007). RFID is no fake: the adoption of radio frequency identification technology in the pharmaceutical supply chain, *International Journal of Integrated Supply Management*, Vol. 3 (2), 156-171.

Yao, W. and Chu, C.H. and Li, Z. (2011), The Adoption and Implementation of RFID Technologies in Healthcare: A Literature Review, *Journal of Medical Systems*, 1-19.

Scheme. *Informing Science: the International Journal of an Emerging Transdiscipline*, Vol. 14.

Yi, M.Y., Jackson, J.D., Park, J.S. & Probst, J.C. (2006). Understanding information technology acceptance by individual professionals: Toward an integrative view, *Information & Management*, Vol. 43 (3), 350-363.

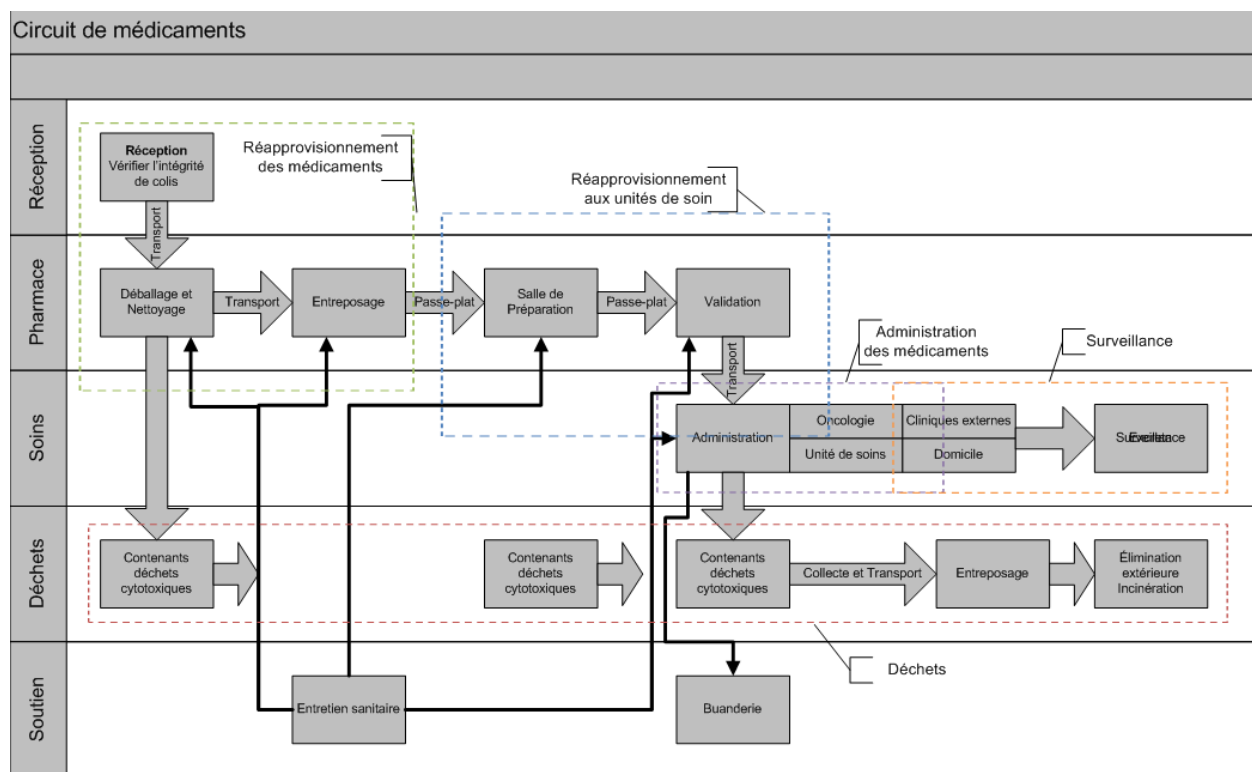
Yin, R.K. (2003). Case study research: Design and methods, Newbury Park, CA: Sage Publications.

Zahra, S. A. (1996). Technology Strategy and Financial Performance: Examining the Moderating Role of the Firm's Competitive Environment. *Journal of Business Venturing*, Vol. 11 (3), 189.

ANNEXES

ANNEXE A – Le circuit hospitalier des médicaments

Le diagramme résumé du circuit hospitalier :



Les processus détaillés du circuit hospitaliers, les outils et les technologies utilisés :

PROCESSUS	OUTILS UTILISÉS	TECHNOLOGIES
Rédaction d'une ordonnance	Dossier du patient (papier ou en ligne)	Non
Relevé de l'ordonnance	Dossier des soins (papier ou en ligne)	Lecteur de code à barres
Envoi de l'ordonnance à la pharmacie	Télécopieur, système à air comprimé, convoyeur	Système à air comprimé
Réception de l'ordonnance et hiérarchisation par priorité	Papier ou support électronique	Lecteur de codes à barre
Saisie manuelle et enregistrement dans le dossier pharmacologique	Logiciel du dossier pharmacologique	Non
Vérifications (âge, poids, taille, duplication, allergie, intolérance, duplication, interaction, pertinence, dose, etc.)	Logiciel du dossier pharmacologique	Non
Intervention, si nécessaire	Logiciel du dossier pharmacologique, dossier du patient (papier ou en ligne)	Non
Envoi de l'intervention	Téléphone, télécopieur, système à air comprimé, convoyeur	Système à air comprimé

PROCESSUS	OUTILS UTILISÉS	TECHNOLOGIES
Gestion des exceptions (hors liste, programme d'accès spécial, recherche clinique)	Différents outils	Non
Préparation individuelle, si nécessaire	Pompes, robots	Pompes, robots
Emballage individuel, si nécessaire	Robots	Emballeuse, robots
Étiquetage, si nécessaire	Imprimantes	Robots, lecteur de codes à barres
Vérification de la correspondance entre le contenu et le contenant	Rapports (papier), lecteur de codes à barres	Robots, lecteur de codes à barres
Expédition des premières doses de médicaments	Système à air comprimé, convoyeur, chariot	Système à air comprimé, robots, cabinets
Services quotidiens ou à fréquence variable des médicaments	Système à air comprimé, convoyeur, chariot	Système à air comprimé, robots, cabinets
Emballage et préparation des médicaments pour les patients qui ont un congé temporaire	Système à air comprimé, convoyeur, chariot	Robots, lecteur de codes à barres
Réception des médicaments	Poste de soins	Cabinets
Entreposage des médicaments	Chariots, tablettes, cabinets, cassettes	Cabinets
Planification des doses à administrer	Cartes-fiches, feuilles de suivi de l'administration des médicaments	Cabinets
Préparation, si nécessaire	Comptoirs de l'utilité propre	Non
Étiquetage, si nécessaire	Étiquettes manuelles ou fournies par la pharmacie	Non
Tournée des chambres et administration des médicaments aux patients	Cabinets, chariots, plateaux, cassettes	Cabinets, lecteur de codes à barres
Vérification de l'identité du patient, du médicament, de l'horaire et de la dose à administrer	Chariots, plateaux, cassettes	Lecteur de codes à barres
Enregistrement des doses administrées	Dossier du patient (papier ou en ligne), avec ou sans code à barres	Lecteur de codes à barres
Évaluation de la pharmacothérapie du patient	Dossier du patient (papier ou en ligne)	Non
Gestion des déchets des médicaments	Poubelles appropriées aux types de déchets	Lecteur de codes à barres
Gestion de la documentation, incluant les stupéfiants et les drogues contrôlées	Dossier du patient, registres légaux, déchiqueteuse	Lecteur de codes à barres, cabinets
Impression des rapports pour les infirmières et les médecins	Imprimantes	Non
Communications avec la pharmacie (d'aspect technique ou pharmaceutique)	Téléphone, télécopieur, système informatique	Non
Évaluation avant l'ajout à la liste locale concernant les ajouts et codifications à apporter à la liste locale et à la règle	Procès-verbal	Non
Approbation de la décision concernant les ajouts et modifications	Procès-verbal, bulletins, communiqués, intranet	Non
Mandat, appel d'offres et entente	Ententes de groupe	Non
Création de l'item dans les différents systèmes	Logiciel d'approvisionnement, pharmacie, robot etc.	Non

PROCESSUS	OUTILS UTILISÉS	TECHNOLOGIES
Achat des médicaments chez les grossistes ou les fabricants	Logiciel d'approvisionnement	Non
Réception des médicaments et traçabilité	Logiciel d'approvisionnement	Lecteur de codes à barres
Gestion des drogues contrôlées et des stupéfiants selon la Loi sur les aliments et drogues	Logiciel de gestion des drogues contrôlées	Lecteur de codes à barres, cabinets
Entreposage	Tablettes	Cabinets
Saisie automatique des données sur les médicaments reçus	Logiciel d'approvisionnement	Lecteur de codes à barres
Emballage en lots, si nécessaire	Logiciel, robot	Emballieuse, robots
Préparation en lots, si nécessaire (produits stériles et non stériles)	Logiciel, pompes, réfrigérateur, congélation	Pompes, robots
Étiquetage des emballages et des préparations (avec ou sans code à barres)	Imprimantes	Robots, lecteur de codes à barres
Gestion des retours pour récupération	Logiciel d'approvisionnement	Lecteur de codes à barres
Approvisionnement des cabinets utilisés la nuit		Cabinets
Approvisionnement des armoires d'urgence et des chariots de réanimation		Cabinets
Approvisionnement des réserves situées aux étages (médicaments au commun)	Chariots, tablettes, cabinets, cassettes	Cabinets
Gestion des produits périmés pour crédit auprès des fabricants et des grossistes	Logiciel d'approvisionnement	Lecteur de codes à barres
Plaintes, ruptures, étiquetages, etc.	Ententes de groupe	Non
Soins pharmaceutiques à l'étage	Dossier du patient (papier ou en ligne)	Non
Participation aux activités paracliniques interdisciplinaires	Dossier du patient (papier ou en ligne)	Non
Gestion de la documentation et des archives selon le calendrier de conservation	Archives, déchiqueteuses	Non
Réévaluation de l'utilisation	Procès-verbal	Non
Déclaration et divulgation des incidents et des accidents	Registre de déclaration et de divulgation des incidents et des accidents, dossier pharmacologique	Non
Enseignement aux étudiants en pharmacie et aux professionnels de l'établissement		Non

ANNEXE B – Questionnaire utilisé pour le sondage et les entrevues semi-structurées



Ensuring the integrity of the pharmaceutical supply chain : the case of counterfeit medicines

This questionnaire will remain strictly confidential

Part I: The counterfeit medicine phenomenon

Are you aware of the counterfeit medicine phenomenon?

Not at all				Very much
------------	--	--	--	-----------

How would you evaluate the current progression of this phenomenon?

Very slow				Very rapid
-----------	--	--	--	------------

Is your organization aware of the counterfeit medicine phenomenon?

Not at all				Very much	Not applicable
------------	--	--	--	-----------	----------------

Has your organization modified its strategic actions due to the problem of counterfeit medicine?

Not at all				Very much	Not applicable
------------	--	--	--	-----------	----------------

How many times in the last five years has your organization reported an occurrence of counterfeit medicine to the authorities?

1	2	3 < 5	> 5	Not applicable
---	---	-------	-----	----------------

How would you rate the effectiveness of the current legal framework protecting the pharmaceutical distribution system in your country?

	Not effective			Very effective
Legislation				
Enforcement				
Penal sanctions				

How would you rate the effectiveness of current legislation?

	Not effective			Very effective	Not applicable
Province/State					
National					
Regional (ex: EU)					
International (ex: WHO)					

Part II: Technology Strategies

How would you rate the effectiveness of the following current systems for identification of medicines in order to ensure the integrity of the pharmaceutical supply chain?

Systems for identification of medicines	Not effective			Very effective
E-pedigree - track & trace concept: <i>The verification of a pharmaceutical product at an item level via the electronic record of its chain of custody as it moves through the supply chain from the manufacturer to the pharmacy</i>				
End-to-end verification system: <i>The verification of pharmaceutical products at an item level at their point of dispensing through access to a global manufacturer's database</i>				

How would you rate the effectiveness of the following current technologies for authentication and traceability of medicines in order to ensure the integrity of the pharmaceutical supply chain?

Technologies for authentication and traceability of medicines	Not effective			Very effective
RFID technologies: <i>Radio Frequency Identification (RFID) is defined here as a wireless automatic identification technology that identifies objects and gathers data without human intervention or data entry. As a wireless technology, it allows for the transmission of information without a physical connection or line of sight</i>				
2D Datamatrix barcodes: <i>DataMatrix is a two-dimensional matrix symbology which can be read by two-dimensional imaging scanners or vision systems. It was designed to pack a lot of information into a very small space. It can be read even if a level of code damage is observed</i>				

Do you agree with the following?

	Totally disagree			Totally agree
RFID is an enabler of the E-pedigree - track & trace system				
RFID is an enabler of the end-to-end verification system				
Datamatrix barcode is an enabler of the E-Pedigree - track and trace system				
Datamatrix barcode is an enabler of the end-to-end verification system				
Both RFID and Datamatrix are applicable for the E-pedigree - track and trace system				
Both RFID and Datamatrix are applicable for the end-to-end verification system				

How would you rate the relative importance of the following potential advantages and drawbacks of RFID technology in order to ensure the integrity of the pharmaceutical supply chain?

	Advantages of RFID	Not important			Very important
Technology	Non line of sight required				
	Multiple tag and multi-item readings				
	Read and write capabilities				
	Superior data capacity				
	Data sharing between partners				
	Added intelligence (ex: event triggering)				
Data management	Real time data collection				
Security	Difficult to reproduce				
	Full track and trace system				
	Mass serialization				
Supply Chain management	Inventory control while keeping stocks visible				
	Shipping/receiving accuracy				
	Product recall				
	Expiration date management				
	Reduction of material handling				
	Reduction of thefts and product substitutions				

	Drawbacks of RFID	Not important			Very important
Technology	Lack of standards common and established				
	Potential problems with liquid products				
	Potential problems with accuracy of reading				
Data management and privacy	Concern about ownership of data				
	Conflicting issues about responsibilities for implementation				
	Privacy concerns				
Financing issues	Costs (ongoing, acquisition, replacement, maintenance)				
Others	Popularity of barcodes				

How would you rate the relative importance of the following potential advantages and drawbacks of Datamatrix barcode technology in order to ensure the integrity of the pharmaceutical supply chain?

	Advantages of Datamatrix	Not important			Very important
Technology	Superior data capacity than 1D barcode				
	Small size				
	Robustness: error correction system				
	Limited upgrades to work with current systems				

	Advantages of Datamatrix	Not important				Very important
	High accuracy and good read rates					
	Direct marking on the package					
	Multi-directional reading					
	Readability even with low contrasts					
	Usable with current printing technologies					
	Compatible infrastructure with 1D barcode systems					
Security	Mass serialization					
Costs	Low cost technologies					
	Short term workable solution					
Others	Proven technology in various industries					
	Recognizable by consumers					
	Human readability					
	Drawbacks of Datamatrix	Not important				Very important
Technology	Line of sight required					
Supply Chain management	No benefits in term of logistic management					
Security	Easy to reproduce					
Financial issues	Item-by-item scanning, higher labor costs					

Part III: Background Information

Please indicate your position among the following stakeholders acting in the pharmaceutical supply chain:

Supply chain members:

Active Pharmaceutical Ingredient Manufacturers
 Pharmaceutical Companies
 Final Product Manufacturers
 Distribution Centers
 Wholesalers
 Retailers
 Consumers

Other stakeholders:

Associations of Members
 Governmental agencies
 Control entities
 IT Providers
 IT Consultants
 International/Regional/Domestic Organizations
 Others:

Additional Contact

The number of respondents is critical for this study. Could you please indicate the coordinates of another person we could also contact to complete this questionnaire?

Name :

Organization:

Contact Phone :

E-mail :

End of the survey. Thank you for your time.

ANNEXE C – Revue de littérature sur les mérites relatifs aux codes-barres et à la technologie RFID

Avantages de codes-barres (Data Matrix)	
Capacité de stockage de données supérieure aux codes-barres 1D	EFPIA, 2009b
Petite taille	Bobée, 2009b; EFPIA, 2009b
Robustesse: système de correction des erreurs	Bobée, 2009b; Koroneos, 2005
Mises à jour limitées pour être fonctionnelles sur les systèmes actuels	Dahod & Kontnik, 2004
Haute précision et bon taux de lecture	Bobée, 2009a; Koroneos, 2005
Marquage direct sur l’emballage	GS1 France, 2007
Lecture multidirectionnelle	GS1 France, 2007
Capacité de lecture malgré de faibles contrastes	GS1 France, 2007
Utilisables avec les technologies d’impression actuelles	GS1 France, 2007
Infrastructure compatible avec les systèmes pour codes-barres 1D	Dahod & Kontnik, 2004
Sérialisation de masse	EFPIA, 2009b
Technologies abordables	Aichlmayr, 2007; Brooks, 2006; EFPIA, 2009b
Solutions fonctionnelles sur le court terme	Bobée, 2009b; EFPIA, 2009b
Technologies éprouvées dans diverses industries	Bobée, 2009b; Brooks, 2006
Reconnaissables par les consommateurs	adapté de Deisingh, 2004
Lecture manuelle	EFPIA, 2009b
Limites des codes-barres (Data Matrix)	
Lecture visuelle directe requise	Bobée, 2009a; Howe, et al., 2007; Roberti, 2008
Pas de bénéfice en termes de gestion Logistique	Bobée, 2009b
Faciles à reproduire	Bobée, 2009a; Howe, et al., 2007
Lecture à l’unité, coûts de main-d’œuvre supérieurs	HDMA, 2003; Koroneos, 2005

Avantages de RFID	
Pas de lecture visuelle directe requise	Brooks, 2006; Aichlmayr, 2007; Lefebvre, Bendavid et Lefebvre 2008; Pormieks et Glinters, 2008; Chen at al., 2008
Lectures multiples d'étiquettes et items	Brooks, 2006; Tajima, 2007; Lefebvre, Bendavid et Lefebvre 2008; Pormieks et Glinters, 2008
Possibilité de lecture et d'écriture	Lefebvre, Bendavid et Lefebvre 2008; Luton, Regan et Skinner, 2009
Plus grande capacité de stockage de Données	Lefebvre, Bendavid et Lefebvre 2008; Pormieks et Glinters, 2008; Luton, Regan et Skinner, 2009
Partage des données entre partenaires	Tajima, 2007; Lefebvre, Bendavid et Lefebvre 2008
Intelligence ajoutée (ex: déclenchement d'évènement)	Tajima, 2007; Lefebvre, Bendavid et Lefebvre 2008
Collection des données en temps réel	Schuster, Allen et Brock, 2007; Lefebvre, Bendavid et Lefebvre 2008; White, Johnson et Wilson, 2008
Difficiles à reproduire	Chakrabarti, 2003
Système complet de suivi et localisation	HDMA, 2003; Sujovit, 2009
Sérialisation de masse	HDMA, 2003; Howe, Goldner, Fenning, 2007
Contrôle des inventaires avec visibilité des stocks	Kelly, 2004; Brooks, 2006; Tajima, 2007; Pormieks et Glinters, 2008
Fiabilité expédition/réception	Tajima, 2007; Pormieks et Glinters, 2008
Rappel des produits	Sujovit, 2009
Gestion des dates d'expiration	Sujovit, 2009
Réduction de la manutention	Kelly, 2004; FDA, 2006; Tajima, 2007;
Réduction des vols et des substitutions de produits	FDA, 2006; Pormieks et Glinters, 2008
Limites de RFID	
Absence de standards communs et établis	FDA, 2006; White, Johnson et Wilson, 2008; Murfy 2009
Problèmes potentiels avec produits liquides	Dahod et Kontnik, 2004; FDA, 2006
Problèmes potentiels de fiabilité de lecture	White, Johnson et Wilson, 2008; Bobée, 2009
Inquiétude concernant la propriété des données	FDA, 2006; White, Johnson et Wilson, 2008
Opinions contradictoires concernant les responsabilités pour l'implantation	White, Johnson et Wilson, 2008
Problème de confidentialité	FDA, 2006; Weier, 2006; Pormieks et Glinters, 2008]
Coûts (acquisition, remplacement, maintenance, exécution)	Brooks, 2006; Aichlmayr, 2007; Pormieks et Glinters, 2008; Fosso Wamba et al., 2009; Luton, Regan et Skinner, 2009
Popularité des codes-barres	Tajima, 2007