



**HAL**  
open science

**Vers un outil d'aide à la décision pour le choix entre  
internalisation/externalisation ou mutualisation des  
activités logistiques au sein d'un établissement de santé:  
cas du service de stérilisation**

Houda Tlahig

► **To cite this version:**

Houda Tlahig. Vers un outil d'aide à la décision pour le choix entre internalisation/externalisation ou mutualisation des activités logistiques au sein d'un établissement de santé: cas du service de stérilisation. Sciences de l'ingénieur [physics]. Institut National Polytechnique de Grenoble - INPG, 2009. Français. NNT: . tel-00421617

**HAL Id: tel-00421617**

**<https://theses.hal.science/tel-00421617>**

Submitted on 2 Oct 2009

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.





## DÉDICACES

*À mes parents, à mes sœurs, pour leur confiance et leur présence...*

*À mon fiancé, pour la sérénité avec laquelle il a entouré ces années...*

*À toute ma famille...*

*À la mémoire de Nadine TAGGIASCO*



## REMERCIEMENTS

Je tiens à exprimer en premier lieu ma gratitude à mon directeur de thèse, Monsieur Pierre LADET, professeur de l'Institut National Polytechnique de Grenoble. Je le remercie pour ses conseils judicieux et ses critiques qui m'ont permis de mener à bien ce travail. Au-delà de l'apport scientifique et de recherche, je remercie Monsieur LADET pour sa confiance, ses encouragements, sa gentillesse et pour tout ce que j'ai appris grâce à lui.

Je tiens aussi à exprimer toute ma reconnaissance à Mesdames Aida JEBALI et Hanen BOUCHRIHA, maître-assistantes à l'Ecole Nationale d'Ingénieurs de Tunis pour leur collaboration dans la réalisation de ce travail. Merci pour votre confiance, pour vos conseils et pour les échanges fructueux.

Je remercie Monsieur Eric MARCON, Professeur à l'université Jean Monnet de Saint-Étienne, d'avoir accepté présider le jury de ma soutenance et pour son intérêt à ce travail.

Je remercie Monsieur Michel GOURGAND, Professeur à l'Université Blaise Pascal de Clermont-Ferrand, pour avoir consacré du temps à ce travail en acceptant d'être rapporteur et pour l'analyse minutieuse qu'il a portée sur ce mémoire.

Mes remerciements s'adressent également à Monsieur Christian TAHON, Professeur à l'Université de Valenciennes, pour avoir accepté être rapporteur de ce travail. Ses remarques constructives et enrichissantes ont contribué à l'enrichissement de ce travail.

Je remercie Monsieur Lamine DHIDAH, Professeur de Médecine Préventive à la faculté de médecine de Sousse et chef du Service Hygiène Hospitalière au CHU Sahloul, pour avoir accepté d'examiner ce travail. L'intérêt qu'il a porté à ce travail m'a très honoré.

Je remercie M. Jean-Marc CHASSERY, directeur du GIPSA-lab, pour m'avoir accueillie à GIPSA-lab et de m'avoir permis d'effectuer ces travaux de recherche.

Que tous les membres du GIPSA-lab trouvent l'expression de mes sincères remerciements. J'adresse un merci particulier à Mme Marie-Thérèse DESCOTES-GENON, Mme Marie-Rose ALFARA, Mme Patricia RAYNIER, Mme Virginie MESSINA pour leur assistance.

Je tiens également à remercier le personnel du CHR de l'AIGLE pour la pertinence des réponses qu'ils ont pu m'apporter durant mon stage dans leur service de stérilisation.

Merci à toute ma famille, à mes parents et à mon fiancé qui m'ont soutenu en toutes circonstances et sans qui, ce travail n'aurait pu arriver à terme. Merci pour la confiance qu'ils ont placée en moi.

Enfin, que tous ceux qui ont participé de près ou de loin à la réalisation de ce travail, trouvent ici le témoignage de ma profonde reconnaissance.



# TABLE DE MATIÈRES

---

## INTRODUCTION GÉNÉRALE

---

### CHAPITRE 1. CONTEXTE GÉNÉRAL

---

1. Introduction	21
2. Organisation actuelle de l'hôpital	22
2.1. Organisation en établissements de santé indépendants	22
2.1.1. Chaîne de valeur de l'hôpital	22
2.1.2. Organisation interne de l'hôpital	23
2.1.3. Enjeux actuels de l'hôpital	25
2.2. Organisation en réseau d'établissements de santé	27
2.2.1. Définition	27
2.2.2. Enjeux de l'organisation en réseau	28
3. Le système hospitalier : un système complexe	29
3.1. Complexité de l'organisation en établissements de santé indépendants	29
3.2. Complexité de l'organisation en réseaux d'établissements de santé	30
4. La logistique hospitalière	31
4.1. Définitions	31
4.2. Approches de la logistique industrielle	31
4.2.1. Approche technique	31
4.2.2. Approche managériale	32
4.3. La logistique hospitalière : contexte et enjeux	32
4.4. Organisation de la logistique hospitalière	33
5. La stérilisation hospitalière	34
5.1. Définitions	34
5.2. Processus de stérilisation	35
5.2.1. La collecte et le ramassage	35
5.2.2. La pré-désinfection	35
5.2.3. La réception et le tri	35
5.2.4. Le lavage	36
5.2.5. Le conditionnement	36
5.2.6. La constitution des charges des stérilisateurs	36
5.2.7. Le contrôle	36

5.3.	Référentiels en stérilisation hospitalière	37
5.3.1.	Référentiels législatifs et réglementaires	38
5.3.2.	Référentiels professionnels	38
5.3.3.	Référentiels normatifs	38
6.	Conclusion	38

## ***CHAPITRE 2. FAIRE, FAIRE-FAIRE ET FAIRE-ENSEMBLE DANS LE CONTEXTE HOSPITALIER***

---

1.	Introduction	41
2.	Externalisation : cas de l'hôpital	42
2.1.	Définitions	42
2.2.	Contexte de la sous-traitance	43
2.2.1.	Typologie de la sous-traitance	43
2.2.2.	Objectifs de l'externalisation	44
2.3.	Externalisation des activités hospitalières	44
2.4.	Etat de l'art sur l'externalisation	45
2.4.1.	Internalisation / externalisation dans le contexte manufacturier	46
2.4.2.	Internalisation / externalisation dans le contexte hospitalier	50
3.	Mutualisation des activités hospitalières : cas d'un réseau d'établissements de santé	65
3.1.	Réseau d'établissements de santé	65
3.1.1.	Définition	65
3.1.2.	Typologie des réseaux dans le contexte hospitalier	67
3.2.	Problèmes de conception et de planification dans les réseaux	69
3.2.1.	Conception des réseaux dans le cas des systèmes industriels	69
3.2.1.	Conception et planification dans le cadre d'un réseau de systèmes de soins	70
4.	Conclusion	77

## ***CHAPITRE 3. PROBLÉMATIQUE ET DÉMARCHE***

---

1.	Introduction	79
2.	Positionnement des travaux de recherche	80
2.1.	Niveau opérationnel	80
2.2.	Niveau tactique	80
2.3.	Niveau stratégique	80
3.	Problématique et démarche	81
4.	Conclusion	84

## ***CHAPITRE 4. INTERNALISATION OU EXTERNALISATION DU SERVICE DE STÉRILISATION : CAS D'ÉTABLISSEMENTS DE SANTÉ INDÉPENDANTS***

---

1.	Introduction	87
2.	Externalisation ou internalisation du service de stérilisation : Analyse par les coûts et étude d'un cas réel	88
2.1.	Contexte de l'étude et approche proposée	88
2.1.1.	présentation du cas d'étude	88

2.1.2.	Démarche proposée : une analyse multi-critères	89
2.1.3.	La méthode ABC (Activity Based Costing)	90
2.2.	Modélisation du processus de stérilisation	92
2.3.	Modèle de calcul des coûts	94
2.4.	Résultats de l'étude	96
2.4.1.	Coût total de chaque étape du processus de stérilisation	96
2.4.2.	Coût par type de contenant	97
2.4.3.	Proposition des prestataires de sous-traitance	97
2.5.	Comparaison des différents scénarios considérés selon le critère coût	97
2.6.	Comparaison des différents scénarios considérés selon les critères : coût, qualité et proximité géographique	99
2.7.	Synthèse	100
3.	Externalisation ou internalisation du service de stérilisation : modélisation mathématique	100
3.1.	Modélisation de l'externalisation/internalisation	101
3.1.1.	Approche proposée	101
3.1.2.	Description du problème	102
3.1.3.	Hypothèses	103
3.2.	Formulation mathématique	104
3.2.1.	Indices et données	104
3.2.2.	Variables de décision	104
3.2.3.	Fonction objectif	105
3.2.4.	Contraintes	105
3.3.	Exploitation du modèle	108
3.3.1.	Données	108
3.3.2.	Résultats	108
3.3.3.	Analyses de sensibilité	109
3.4.	Synthèse	111
4.	Conclusion	111

## ***CHAPITRE 5. INTERNALISATION OU MUTUALISATION DU SERVICE DE STÉRILISATION : CAS D'UN RÉSEAU D'ÉTABLISSEMENTS DE SANTÉ***

1.	Introduction	113
2.	Un modèle de localisation-allocation-dimensionnement pour le choix internalisation/mutualisation du service de stérilisation	114
2.1.	Description du problème	114
2.2.	Approche proposée	115
2.3.	Hypothèses	116
2.4.	Formulation mathématique	117
2.4.1.	Les ensembles et les indices	117
2.4.2.	Les données	118
2.4.3.	Variables de décision	119
2.4.4.	Fonction objectif	120
2.4.5.	Les contraintes	121
2.5.	Expérimentation et résultats	127
2.5.1.	Expérimentation du modèle intégré	127
2.5.2.	Une approche heuristique basée sur le principe de décomposition	129
2.5.3.	Génération de coupes	133
2.5.4.	Modification des paramètres de CPLEX	134
2.5.5.	Comparaison des temps de résolution obtenus par les différentes approches de résolution	135
2.6.	Synthèse	138

3. Evaluation de deux stratégies d'allocation de ressources dans le cadre d'une mutualisation partielle _____	138
3.1. Introduction _____	138
3.2. Formulation mathématique _____	139
3.2.1. Stratégie d'allocation dynamique des ressources _____	139
3.2.2. Stratégie d'allocation statique des ressources _____	144
3.3. Validation des modèles _____	148
3.4. Evaluation des performances des deux stratégies d'allocation de ressources _____	149
3.4.1. Evaluation des deux stratégies dans le cas du scénario 2 _____	149
3.4.2. Evaluation des deux stratégies dans le cas du scénario 3 _____	150
3.5. Synthèse _____	151
4. Conclusion _____	151

## ***CONCLUSION GÉNÉRALE***

---

## ***RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES***

---

## **LISTE DES FIGURES**

---

Figure 1. Chaîne de valeur de l'hôpital inspirée de la chaîne de Porter.....	23
Figure 2. Représentation sectorielle de l'hôpital.....	24
Figure 3. Organisation interne de l'hôpital.....	24
Figure 4. Réseau d'établissements de santé.....	28
Figure 5. Logistique hospitalière .....	34
Figure 6. Processus de stérilisation .....	37
Figure 7. Positionnement des services dans la stratégie de l'entreprise .....	48
Figure 8. Le modèle stratégique de faire ou faire-faire.....	49
Figure 9. Modèle de Lakhel pour l'externalisation/internalisation.....	50
Figure 10. Grille d'externalisation .....	52
Figure 11. Stratégie d'externalisation .....	53
Figure 12. Systèmes décentralisé de livraison des DM.....	60
Figure 13. Systèmes centralisé de livraison des DM .....	60
Figure 14. Cadre conceptuel pour le partage de services hospitaliers.....	68
Figure 15. Répartition des quantités stérilisées.....	89
Figure 16. Principe de la méthode ABC .....	90
Figure 17. Approche proposée pour le choix internalisation/externalisation du service de stérilisation ....	91
Figure 18. Processus de stérilisation en interne.....	93
Figure 19. Répartition du coût par type de charge.....	96
Figure 20. Répartition du coût par activité du processus de stérilisation .....	96
Figure 21. Approche proposée pour le choix internalisation/mutualisation du service de stérilisation ....	102
Figure 22. Configurations possibles du processus de stérilisation.....	103
Figure 23. Présentation d'une activité externalisable .....	106
Figure 24. Quelques configurations possibles du service de stérilisation dans le cas d'un réseau d'établissements de santé .....	115
Figure 25. Approche proposée pour le choix entre internalisation ou mutualisation .....	116
Figure 26. Approche heuristique basée sur le principe de décomposition .....	130



## **LISTE DES TABLES**

---

Tableau 1. Quelques travaux relevant de l'approche basée sur les coûts. ....	47
Tableau 2. Les forces et les freins de l'externalisation des activités hospitalières .....	55
Tableau 3. Les aspects étudiés de l'externalisation des activités hospitalières .....	56
Tableau 4. Synthèse des travaux portant sur l'externalisation dans le secteur hospitalier .....	64
Tableau 5. Avantages et inconvénients du réseautage des banques de sang .....	73
Tableau 6. Synthèse des travaux qui ont abordé les problèmes de localisation-allocation et dimensionnement de la capacité dans le contexte hospitalier .....	77
Tableau 7. Répartition des services de l'établissement.....	88
Tableau 8. Unités d'œuvre par activité du processus de stérilisation.....	94
Tableau 9. Modèle de calcul du coût en interne .....	95
Tableau 10. Evaluation économique des scénarii considérés.....	98
Tableau 11. Choix du meilleur fournisseur selon la méthode du critère globale .....	99
Tableau 12. Tests relatifs à la variation du nombre de produits .....	109
Tableau 13. Tests relatifs à la variation du nombre de fournisseurs .....	109
Tableau 14. Sensibilité au paramètre « demande en DMS » .....	110
Tableau 15. Sensibilité au paramètre « Coût de transport » .....	110
Tableau 16. Sensibilité au paramètre « Coûts fixes et variables» .....	110
Tableau 17. Exemples considérés dans la validation du modèle de choix entre internalisation ou mutualisation du service de stérilisation.....	127
Tableau 18. Complexité relative aux exemples considérés .....	128
Tableau 19. Configuration retenue et gain en ressources.....	128
Tableau 20. Gain en ressources dans le cas de l'exemple 1 .....	129
Tableau 21. Comparaison des temps de résolution obtenus par le modèle intégré et par l'approche heuristique basée sur la décomposition.....	133
Tableau 22. Comparaison des temps de résolution obtenus par le modèle intégré et par la génération de coupes.....	134
Tableau 23. Comparaison des temps de résolution obtenus par le modèle intégré et après la modification des paramètres de CPLEX.....	135
Tableau 24. Temps de résolution des différentes approches proposées en fonction de la variation de la demande en DMS.....	136
Tableau 25. Comparaison des deux stratégies.....	148
Tableau 26. Evaluation des deux stratégies dans le cas du scénario 2.....	150
Tableau 27. Evaluation des deux stratégies dans le cas du scénario 4.....	150



## ***LISTE DES ENCADRÉS***

---

<i>Encadré 1. Modèle de la décision de choix entre internalisation ou externalisation du service de stérilisation.....</i>	<i>107</i>
<i>Encadré 2. Modèle de la décision de choix entre internalisation ou mutualisation des services de stérilisation au sein d'un réseau d'établissements de santé.....</i>	<i>126</i>
<i>Encadré 3. Modèle de choix de configuration-localisation (1<sup>er</sup> modèle).....</i>	<i>131</i>
<i>Encadré 4. Modèle de dimensionnement (2<sup>ème</sup> modèle).....</i>	<i>133</i>
<i>Encadré 5. Formulation mathématique de la stratégie dynamique d'allocation des ressources.....</i>	<i>144</i>
<i>Encadré 6. Contraintes relatives à la stratégie d'allocation statique des ressources .....</i>	<i>147</i>



## INTRODUCTION GÉNÉRALE

Les hôpitaux sont des systèmes qui réclament une gestion de plus en plus optimisée et qui sont soumis à des contraintes réglementaires et budgétaires de plus en plus accrues [Giarraputo, 1990]. En effet, les établissements de soins et de santé sont aujourd'hui confrontés aux mêmes contraintes que les entreprises de production de biens. La "chaîne de soins" doit assurer un service optimal au patient qui aligne moindre coût et meilleure qualité en même temps. Dans ce contexte il apparaît indispensable de mener une réflexion sur l'organisation des systèmes hospitaliers et leur optimisation.

L'hôpital est une entreprise multi-services (soins, hôtellerie, pharmacie, stérilisation, maintenance, ...). Certaines activités peuvent être considérées ou non comme des activités métier. Aujourd'hui, la convergence des objectifs de l'hôpital vers les objectifs de la société conduit à une nécessaire interrogation sur le contenu des activités offertes aux patients en répondant aux questions de quoi *faire*, de quoi ne *plus faire*, de quoi *faire-faire* et de quoi *faire-ensemble*. Dans un contexte pareil, la sous-traitance des fonctions logistiques en milieu hospitalier constitue un enjeu complexe dans un contexte budgétaire contraint et structurant. L'option entre « faire » (internalisation), « faire-faire » (externalisation) ou « faire-ensemble » (mutualisation) est, en effet, l'une des plus sensibles en matière de logistique hospitalière.

Dans ce travail de thèse, nous nous intéressons à la problématique de choix de la meilleure configuration des activités logistiques dans le contexte hospitalier. Nous considérons les trois possibilités suivantes : (1) internalisation en assurant l'activité par les ressources propres à l'établissement ; (2) externalisation en confiant l'activité dans sa globalité ou en partie à un prestataire externe ; (3) mutualisation en réalisant cette activité dans le cadre d'un regroupement de ressources d'un réseau d'établissements de soins. Nous nous intéressons particulièrement à l'activité de stérilisation.

La question d'externalisation est intéressante à étudier aussi bien pour le système hospitalier que pour le prestataire externe. En ce sens, le système hospitalier doit disposer d'outils l'aidant à choisir entre internalisation ou externalisation, le type d'externalisation à adopter et éventuellement le prestataire à contracter. Le prestataire, de sa part, doit proposer une solution qui satisfait le besoin de l'hôpital en termes de qualité et de délai tout en respectant la réglementation en vigueur. Cette solution doit également tenir compte de l'aspect hygiène et qualité de soins tout en garantissant un coût intéressant pour le système hospitalier.

Notre problématique suscite plusieurs questions d'ordre stratégique à savoir : quels est le meilleur choix entre internalisation, externalisation ou mutualisation ? Quelles activités doit-on externaliser lesquelles garder en interne et à quel fournisseur potentiel doit-on les confier ? Où localiser un service externalisé ou mutualisé ? Comment le dimensionner ?

Pour répondre à ces questions ou pour y contribuer, nous avons structuré l'ensemble de ce mémoire en cinq chapitres.

Dans *le premier chapitre*, nous commençons par présenter le contexte hospitalier en général et celui de l'externalisation en particulier. Nous situons le cadre général de nos travaux et nous portons une attention particulière sur l'organisation actuelle des établissements de santé : établissements « indépendants » ou « regroupés en réseau ». Nous nous intéressons aux activités logistiques et plus particulièrement à l'activité de stérilisation.

Le *deuxième chapitre*, présente dans une première partie un état de l'art des travaux qui ont abordé la question d'externalisation dans le secteur hospitalier en général et notamment l'externalisation du service de stérilisation. En s'inspirant du cas manufacturier, nous classons les travaux rencontrés dans la littérature selon deux approches principales : l'approche basée sur les analyses qualitatives (représentant le point de vue des pharmaciens) et l'approche basée sur les évaluations économiques (représentant le point de vue des gestionnaires). Nous remarquons que la thématique d'externalisation est encore émergente dans le monde de l'hôpital et que rares sont les travaux qui ont développé des outils d'optimisation (représentant le point de vue ingénieur) pour étudier le choix entre internalisation ou externalisation dans le contexte hospitalier. C'est dans cette perspective que nos recherches se sont orientées.

Dans la deuxième partie de ce chapitre, Nous présentons un état de l'art des travaux qui ont porté sur les problèmes de conception et de planification des réseaux dans le contexte hospitalier. Nous portons une attention particulière aux problèmes de localisation-allocation. Ce type de problème nous intéresse plus particulièrement et a été utilisé dans le cinquième chapitre de cette thèse. En effet, la décision de choix entre internalisation ou mutualisation du service de stérilisation a été modélisée sous forme d'un problème de localisation-allocation tout en intégrant les décision de dimensionnement des ressources (humaines et matérielles).

Dans le *troisième chapitre*, nous positionnons nos travaux de recherche qui portent sur le niveau stratégique, nous introduisons ainsi notre problématique de recherche et nous présentons la démarche que nous suivrons pour la résoudre.

Le *quatrième chapitre* porte sur l'étude de la décision de choix entre internalisation ou externalisation du service de stérilisation dans le cadre d'une organisation en établissements de santé indépendants.

Nous abordons ce problème selon deux approches différentes. Ainsi nous structurons ce chapitre en deux parties. Dans la première partie, nous étudions la question de choix entre internalisation ou externalisation du service de stérilisation par une analyse basée sur les coûts. Nous proposons pour cela une structure pour le calcul du coût basée sur la méthode *ABC (Activity Based Costing)*. Nous appliquons ensuite cette approche sur un cas d'étude réel, celui du Centre Hospitalier Régional de l'AIGLE en France. Notre objectif est de calculer le coût par type de conditionnement et le coût de chaque activité du processus de stérilisation pour pouvoir se comparer aux prestataires externes.

Dans la deuxième partie du chapitre, nous proposons une approche qui consiste à déterminer le meilleur choix entre internalisation ou externalisation du service de stérilisation qui soit à coût minimal et qui respecte les contraintes imposées par le processus de stérilisation. Nous modélisons ce problème sous forme d'un programme mathématique (programme linéaire mixte) que nous validons sur notre cas d'étude présenté dans le chapitre précédent. Nous évaluons la

robustesse de notre modèle par des analyses de sensibilité en variant des paramètres du modèle tels que la demande en « Dispositifs Médicaux Stériles » ou de la capacité de production.

Le *cinquième chapitre* porte sur la décision de choix entre internalisation ou mutualisation des services de stérilisation dans le cadre d'un réseau d'établissements de santé.

Nous proposons dans ce chapitre un modèle mathématique multi-périodes, multi-produits de localisation-allocation pour le choix entre internalisation ou mutualisation totale du service de stérilisation au sein d'un réseau d'établissements de santé. Notre objectif est de déterminer la meilleure configuration du service de stérilisation ainsi que la localisation et le dimensionnement adéquat du service de stérilisation mutualisé à coût minimal. Nous considérons aussi l'alternative « mutualisation partielle » et nous explorons deux stratégies de regroupement : (1) une stratégie avec allocation statique des ressources au service mutualisé, et (2) une stratégie avec allocation dynamique des ressources au service mutualisé. La première stratégie considère que la quantité de ressources à transférer (à allouer) depuis les hôpitaux du réseau vers le service mutualisé se fait une seule fois, dès que la décision de mutualisation est prise et reste inchangée sur le reste de l'horizon. Dans le cas de la deuxième stratégie d'allocation, le transfert de ressources existantes au niveau des hôpitaux du réseau vers le service de stérilisation mutualisé se fait de façon dynamique. Désormais, dès que la décision de mutualisation est prise, la quantité de ressources à transférer peut changer d'une période à l'autre, en fonction des quantités de Dispositifs Médicaux Stériles à traiter.

Nous formulons les deux stratégies d'allocation de ressources que nous proposons dans ce chapitre sous forme de programmes linéaires mixte que nous validons sur un exemple pseudo-réel.

Enfin, nous concluons notre mémoire en présentant un bilan final de notre travail et en ouvrant quelques perspectives de recherches



# Chapitre 1: Contexte général

---

*Dans ce chapitre, nous situons le cadre général de nos travaux. Nous exposons le contexte actuel qui a incité les établissements de santé à repenser leurs processus opérationnels et leurs structures organisationnelles pour s'orienter vers de nouvelles stratégies telle que l'externalisation. Nous décrivons l'organisation actuelle des établissements de santé (établissements indépendants ou regroupés en réseau d'établissements de santé) et nous portons une attention particulière sur les activités logistiques et sur la stérilisation en particulier.*

---

## 1. Introduction

Le contexte hospitalier actuel incite les établissements de santé à une gestion plus rigoureuse et objective des ressources dans l'objectif de maîtriser les dépenses de santé et pour répondre à la mutation imposée par leurs tutelles et leurs usagers. Désormais, de nouvelles exigences de productivité sont venues s'ajouter à celles de qualité et de sécurité des soins prodigués au patient.

Ces dernières années, la situation des systèmes de santé rappelle celle du monde industriel et des entreprises de production de biens dans les années 80. En effet, au cours des vingt dernières années, on a assisté à de multiples tentatives d'importation et d'adaptation à l'hôpital de méthodes de gestion empruntées au monde de l'entreprise, et ceci dans le but de profiter de l'expérience gestionnaire dans ce domaine.

Les systèmes de santé ont ainsi reconnu de nombreuses restructurations hospitalières. Ces restructurations ont amené, un grand nombre d'hôpitaux à revoir leurs processus opérationnels et à s'investir dans des projets de modernisation de leurs infrastructures et de leurs organisations en s'orientant vers de nouvelles stratégies telles que l'externalisation des activités de support ou la mutualisation de ressources communes.

L'externalisation est une stratégie nouvelle dans le monde de l'hôpital qui consiste à confier à un fournisseur externe l'ensemble ou une partie de l'ensemble des services jugés comme ne faisant pas partie du cœur de métier de l'hôpital. La mutualisation consiste plutôt en un partage de ressources pour la réalisation d'activités communes.

Ces deux stratégies visent une optimisation dans l'organisation des services et une optimisation dans l'allocation des ressources au sein de l'hôpital ou entre différents établissements de santé.

Dans ce chapitre, nous présentons deux formes d'organisation des systèmes de santé : les systèmes de santé indépendants et les réseaux d'établissements de santé. Nous reportons les enjeux relatifs à l'une ou l'autre des deux organisations, organisations complexes confrontées à tant de contraintes que de défis. Nous mettons l'accent sur les activités logistiques et sur la stérilisation en particulier puisque nous nous intéressons dans ce travail à l'étude de la meilleure configuration entre internalisation, externalisation ou mutualisation du service de stérilisation.

## **2. Organisation actuelle de l'hôpital**

Les établissements hospitaliers sont confrontés aujourd'hui à une mutation imposée par leur tutelle et leurs usagers. Cette mutation devrait les conduire à mettre en place une organisation plus efficiente et les forcer à aller vers une gestion beaucoup plus objective et rigoureuse des ressources. Ainsi, une réflexion sur l'organisation des systèmes hospitaliers et leurs modalités de pilotage à travers la conception de réseaux de production de soins est devenue une priorité pour faire face à l'accroissement de la demande et atteindre les objectifs de qualité des soins et de maîtrise des dépenses.

Dans la perspective d'une prise en charge globale des patients et compte tenu des coûts des infrastructures hospitalières et des durées de séjour, on assiste aujourd'hui à une mutation de la structure « éclatée » (décentralisée) du système hospitalier à la structure « mutualisée » (centralisée ou groupée) ; cette mutation fait surgir deux formes d'organisation dans le monde de l'hôpital : (1) l'organisation en établissements de santé indépendants, et (2) l'organisation en réseaux d'établissements de santé.

### **2.1. Organisation en établissements de santé indépendants**

Dans le cadre d'une organisation en établissements de santé indépendants, chaque hôpital possède ses propres ressources et fonctionne de façon indépendante du reste des établissements de sa région.

#### **2.1.1. Chaîne de valeur de l'hôpital**

Pour étudier l'organisation interne de l'hôpital, nous nous basons sur la « chaîne de valeur » de Porter [Porter, 1986] utilisée dans le secteur manufacturier pour décomposer une entreprise en activités principales et activités de support.

La valeur est ce que les clients sont prêts à payer. Une valeur supérieure s'obtient en pratiquant un prix inférieur à ceux des concurrents pour des avantages équivalents ou en fournissant des avantages uniques qui font plus que compenser un prix plus élevé [Porter, 1986].

Dans le monde de l'hôpital, Nobre [Nobre, 1998] affirme que la création et l'accroissement de la valeur produite par l'hôpital est soit une augmentation de la satisfaction des patients à coût constant, soit une réduction des coûts pour une même satisfaction des patients.

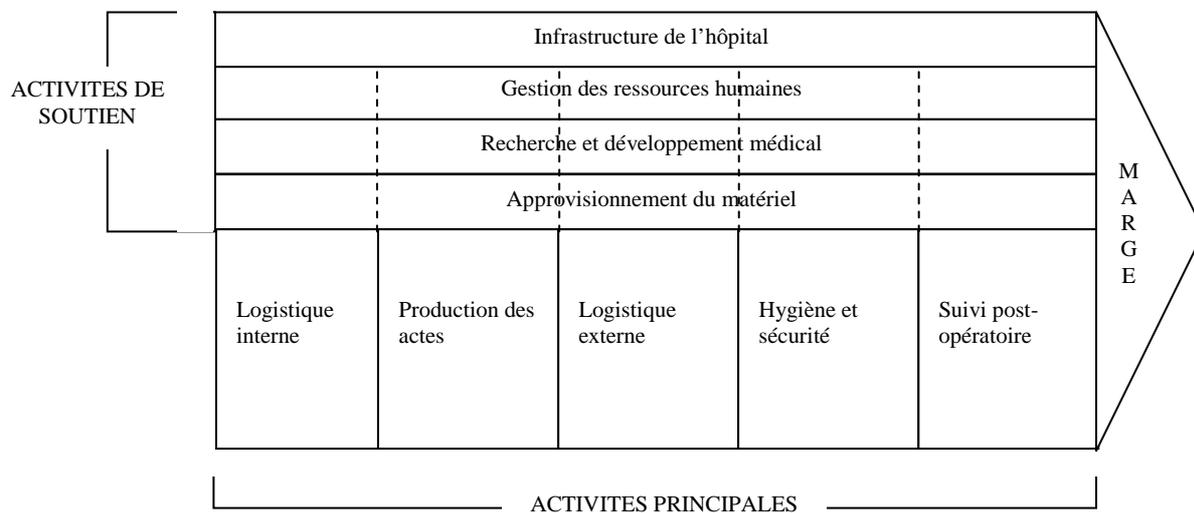
La chaîne de valeur permet de décomposer l'activité de l'entreprise en séquence d'opérations et d'identifier les sources d'avantages concurrentiels potentiels [Stratégor, 1993].

Porter [Porter, 1986] considère que la firme acquiert un avantage concurrentiel en exerçant des activités créatrices de valeur et de marge. L’auteur décompose l’entreprise en :

- activités principales, définies comme les activités qui impliquent la création matérielle et la vente du produit, son transport jusqu’au client ainsi que le service après-vente,
- activités de soutien, qui viennent à l’appui des fonctions principales et se soutiennent les unes les autres en assurant diverses fonctions de l’ensemble de l’entreprise.

Cette même décomposition en activités principales et activités de support peut être adoptée dans le cas d’un établissement de santé. Les activités créatrices de valeur ou activités principales sont en relation avec le processus de soin du patient et regroupent essentiellement la logistique interne et externe, la production de l’acte médical, l’hygiène et le suivi postopératoire. Les activités de soutien viennent en appui des activités principales en assurant : (1) l’infrastructure (activités administratives, affectation des ressources, suivi de performance, etc.), (2) la gestion des ressources humaines (définition des profils des postes, recrutement, formation, etc.), (3) la recherche et le développement médical et (4) l’approvisionnement du matériel (achat, choix des fournisseurs, stratégies d’approvisionnement, etc.) [Besombs et al., 2004].

La chaîne de valeur de l’hôpital inspirée de la chaîne de Porter est représentée par la figure 1.



**Figure 1.** Chaîne de valeur de l’hôpital inspirée de la chaîne de Porter

### 2.1.2. Organisation interne de l’hôpital

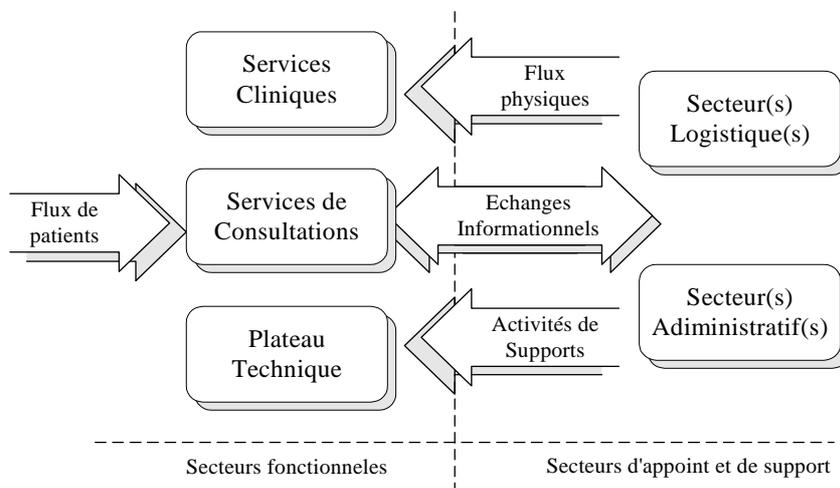
Moison et Tonneau [Moison et Tonneau, 1999] classifient les unités internes de l’hôpital en cinq secteurs, qui peuvent être groupés en deux grandes catégories :

- *Les secteurs liés à la trajectoire du patient*
  - Les services cliniques : également appelés unités de soins. Ce secteur implique des ressources matérielles (lits) et du personnel médical (médecins) et para-médical (infirmières, aide-soignantes...).
  - Les services de consultation : ces services peuvent être inclus dans les services cliniques mais tendent à être groupés dans des unités de consultations polyvalentes.
  - Le plateau technique : lieu de réalisation des actes thérapeutiques ou d’aide au diagnostic. Ce plateau regroupe le plateau d’imagerie médicale, de biologie et de chirurgie.

▪ *Les secteurs d'appoint et de support :*

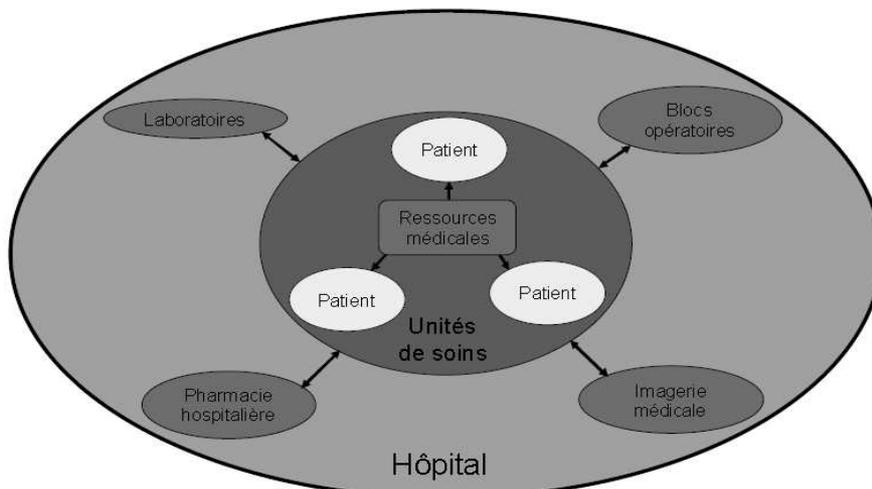
- Le secteur logistique : il gère les activités de restauration, de stérilisation, de blanchisserie, de transport des malades, de stockage, de préparation et de distribution des produits médicaux (consommables, médicaments, etc.). Certaines de ces activités peuvent être prises en charge totalement par l'hôpital ou bien sous-traitées chez des sociétés externes ou par d'autres hôpitaux.
- Le secteur administratif : ce secteur regroupe la direction générale, le service financier, le service de gestion des ressources humaines et le service informatique. Il assure des tâches telles que la gestion administrative des dossiers des patients.

Dans l'alignée de cette classification, Kharraja [Kharraja, 2003] propose une représentation sectorielle par une décomposition interne de l'hôpital en (1) secteurs fonctionnels regroupant les services cliniques, de consultation et le plateau technique, et (2) secteurs d'appoint (services logistiques et administratifs). Entre ces deux secteurs circulent un flux physique et un flux informationnel. Cette décomposition est représentée par la figure 2.



**Figure 2.** Représentation sectorielle de l'hôpital [Kharraja, 2003].

Dallery [Dallery, 2004] présente une organisation interne de l'hôpital autour des unités de soins qui coordonnent leur fonctionnement avec le bloc opératoire et les unités périphériques telles que les laboratoires, l'imagerie médicale et la pharmacie hospitalière. L'organisation interne telle que vue par Dallery est présentée par la figure 3.



**Figure 3.** Organisation interne de l'hôpital [Dallery, 2004].

D'une façon générale, l'hôpital présente une organisation "tricéphale" qui comporte trois structures coexistantes : les unités de soins, les plateaux techniques et l'administration, et les activités logistiques. Ces organisations nécessitent d'être bien structurées et fortement coordonnées entre elles.

Ce problème de coordination est surtout présent au niveau de la logistique du fait de l'existence de deux types de logistique ou plutôt d'une « logistique à deux vitesses » souvent gérés différemment et de manière indépendante : la logistique de support (concernant les activités d'approvisionnement et de distribution) et la logistique du flux de patients.

Dans le cadre de cette thèse, nous nous intéressons uniquement au secteur d'appoint et plus précisément aux activités logistiques. Nous étudions le problème de choix de la meilleure configuration des activités logistiques dans le cas d'établissements de santé indépendants ou organisés en réseau. Plus précisément, nous considérons les trois alternatives suivantes : l'internalisation (faire), l'externalisation (faire-faire) et la mutualisation (faire-ensemble). Notre problématique de recherche sera détaillée dans le troisième chapitre.

### **2.1.3. Enjeux actuels de l'hôpital**

Dans le contexte actuel de rationalisation des dépenses de santé, d'évolution rapide des pratiques médicales, de croissance et de diversité de la demande de soins, l'hôpital est confronté à d'autant plus de défis. S'ajoute à ceci le contexte réglementaire de plus en plus contraignant, l'accréditation et la mise en place de pôles qui obligent les établissements de santé à repenser leur mode d'organisation et de gestion. Face à ces contraintes, l'hôpital est tenu par de nombreux enjeux. Désormais comme dans toute démarche industrielle, il convient de privilégier le triptyque « coût/qualité/délai ». Le but étant de trouver le meilleur arbitrage entre les trois critères sauf que lorsqu'il s'agit de la prise en charge de patients, le critère qualité domine les deux autres en raison de sa liaison directe avec la sécurité du patient [Minvielle, 1996].

Les changements que connaît l'hôpital aujourd'hui font naître au sein de celui-ci une évolution dans la prise en charge des patients mais aussi une modification quant à la maîtrise et la gestion économique de certains services de soins ainsi que des services de soutien tels que les services logistiques.

#### ***2.1.3.1. Maîtrise des dépenses de santé***

Dans un contexte de vieillissement de la population (la population de plus de 65 ans va doubler dans les 50 années à venir, sachant que les coûts de soins de cette population s'élèvent à 4 fois les coûts de soins des populations plus jeunes [KEARNEY, 2004]) et de développement d'une médecine de plus en plus technicisée conjugués à une montée des contraintes de toutes natures (contraintes légales, renforcement des normes, exigence accrue en termes de qualité, sécurité et hygiène, etc.), les dépenses de santé ne font qu'augmenter.

Les coûts induits par les activités de l'hôpital ont atteint aujourd'hui des proportions importantes au point qu'il est devenu impératif de mettre en place une organisation plus efficiente et d'aller vers une gestion beaucoup plus rigoureuse des ressources dans l'objectif de maîtriser les coûts tout en veillant à l'amélioration de la qualité des soins.

La maîtrise des dépenses de santé constitue ainsi un enjeu majeur. Une maîtrise de ces dépenses repose en grande partie sur la maîtrise des modes de production de soins et les choix organisationnels faits par le système de santé. Mais, il se trouve nécessaire d'impliquer une vision partagée des acteurs comme préalable à toute action, et une réconciliation du médical et de l'économique autour de l'analyse et de la gestion des processus.

### **2.1.3.2. Amélioration de la qualité des soins**

L'un des axes majeurs du *Plan Hôpital 2007* est l'amélioration continue de la qualité de soins dans les établissements hospitaliers tout en réduisant les coûts logistiques induits [Mannarini, 2006].

Donabedian [Donabedian, 1996] distingue deux composantes de la qualité des soins : la qualité technique qui relève de l'application de la science médicale et technologique de manière à maximiser les bénéfices sans augmenter les risques, et la qualité interpersonnelle qui relève de la rencontre des valeurs et normes socialement définies, propres à chaque individu. D'une manière générale, les critères de qualité peuvent être classés selon trois axes : la structure, les résultats et les processus.

- La structure a un impact sur la qualité des soins dans le sens qu'elle influence la probabilité d'une prise en charge performante. En effet, une structure bien conçue utilisant des ressources efficaces permet de préserver et d'améliorer la qualité des soins.
- Les résultats sont définis par le changement de l'état du patient. Ce changement permet de mesurer la qualité de soins, en effet un changement d'état positif pour le patient reflète une bonne qualité du service rendu.
- Les processus font références aux pratiques professionnelles des médecins et soignants ainsi qu'aux processus organisationnels. Les processus logistiques, par exemple, sont des éléments qui peuvent (à des degrés différents) impacter la satisfaction du patient. La qualité des soins pourrait être ainsi améliorée de manière significative en analysant les processus de soins et les processus ou sous-processus de support connectés.

La qualité ne peut dès lors être atteinte par un « simple » effort des services hospitaliers, mais requiert une stratégie intégrée et une réflexion sur les moyens et les ressources déployées par les différents types d'acteurs et de services.

### **2.1.3.3. Satisfaction d'une demande en perpétuelle évolution**

L'analyse des caractéristiques de la demande de soins est extrêmement importante pour la formulation de politiques à adopter dans le secteur de la santé. En effet, une connaissance adéquate de l'étendue des déterminants de la demande de soins est importante pour mettre en place les stratégies adéquates en vue d'accroître l'efficacité du système de santé à travers une utilisation effective des services et une allocation efficace des ressources.

Le vieillissement de la population est l'un des facteurs ayant le plus d'impact sur la modification de la demande de soins et notamment son accroissement en terme de volume. S'ajoute à cela une augmentation du niveau de vie qui entraîne une augmentation de la demande de soins et fait surgir des exigences du patient sur la qualité des soins et les modes de sa prise en charge. En plus, le développement des techniques médicales et de la chirurgie ambulatoire ont réduit la durée de séjour du patient à l'hôpital et ont généré une augmentation de la demande de soins.

### **2.1.3.4. Optimisation des ressources**

L'évolution rapide des connaissances et de la technologie médicale a donné lieu à une gamme de procédés thérapeutiques coûteux, complexes et souvent invasifs. Beaucoup de nouvelles techniques exigent par exemple un personnel nombreux et hautement spécialisé, et deviennent ainsi rapidement onéreuses. Ceci a entraîné un besoin de rationalisation des ressources au sein des établissements de santé.

En ce sens, une utilisation efficace des ressources employées au sein des services de l'hôpital ou partagées entre un ensemble d'hôpitaux s'avère une source d'optimisation intéressante pour une meilleure gestion hospitalière. Ceci est intéressant surtout que l'hôpital se trouve aujourd'hui

confronté à une rareté de certaines ressources devenues trop chers ou peu disponibles. D'où le besoin de penser à des outils de gestion pour une allocation efficace des ressources au sein de l'hôpital ou aussi entre un ensemble d'hôpitaux.

## 2.2. Organisation en réseau d'établissements de santé

La complexité des processus, est telle que pour atteindre les objectifs de coût/qualité/délais, il est aujourd'hui parfois nécessaire de s'organiser en réseau. La performance globale est collective. Elle n'est pas seulement collective entre plusieurs personnes d'une même entreprise, elle est aussi collective entre plusieurs entreprises par des jeux d'alliances et de coopération de toute nature [Benda, 2004].

Aujourd'hui, nous retrouvons la notion de coopération dans le contexte hospitalier. En effet, au-delà de l'organisation interne de l'établissement, les Agences Régionales de l'Hospitalisation (ARH) préconisent le travail en réseau et les rapprochements entre les centres de santé.

### 2.2.1. Définition

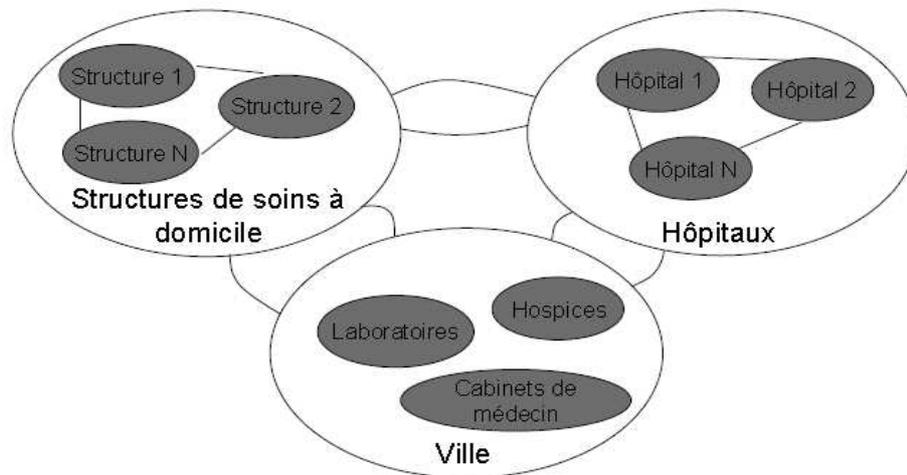
Selon Larcher [Larcher, 1998], un réseau d'établissements de santé constitue « une forme organisée d'actions collectives apportées par des professionnels en réponse à un besoin de santé des individus et/ou de la population, à un moment donné, sur un territoire donné ». Il permet de cumuler deux sources d'efficacité : celle de l'adaptation locale et celle de la synergie globale.

L'organisation en réseaux de soins est apparue en 1980 avec les réseaux ville-hôpital. Ensuite, en 1995, elle s'est développée avec les réseaux inter-établissements (Art. L 712 3-2 du code la santé publique) et les réseaux expérimentaux (Art. L 162-31-1 du code de la sécurité sociale) et, en 1999, avec les réseaux ambulatoires (décret n° 99-940 du 12 novembre 1999).

L'organisation des hôpitaux sous forme de réseaux en mutualisant les ressources communes permet de réduire le nombre de services et d'augmenter l'efficacité et l'efficience grâce aux synergies (alliances) et aux économies en coût. Toutefois, réduire le nombre de services existants à des « services mutualisés » communs pour tout le réseau peut engendrer des problèmes d'ordre culturel et organisationnel.

Il existe à l'heure actuelle une grande variété de réseaux et de partenariats qui se différencient par leurs acteurs, leurs objectifs et leurs structures [Meyer, 1995]. La notion de réseaux est généralement associée à la constitution de réseaux de soins autour d'activités ou de pathologies spécifiques [Gadreau et *al.*, 1999]. En ce sens, différents centres de soins doivent coopérer ensemble pour assurer le bon déroulement de la prise en charge du patient. Cette coopération implique un partage de ressources entre plusieurs établissements de santé. Ces établissements sont tour à tour fournisseurs de ressources et bénéficiaires des services résultant de ce partage.

La figure 4 est une représentation schématique d'une organisation en réseau d'un ensemble d'établissements de santé.



**Figure 4.** Réseau d'établissements de santé [Dallery, 2004]

Au sein du réseau, nous retrouvons des coopérations entre hôpitaux ou entre différentes structures de soins à domicile. Ces structures coopèrent avec d'autres entités telles que les laboratoires ou les cabinets de médecins. Le réseau impose ainsi une pratique coopérative par la mise en place de mécanismes de coordination entre les différents acteurs/partenaires du réseau. Une réflexion sur ce nouveau mode d'organisation des établissements de santé devient dès lors intéressante.

### 2.2.2. Enjeux de l'organisation en réseau

L'organisation en réseau vise les mêmes enjeux de diminution de coût et d'amélioration de qualité.

L'ANAES<sup>1</sup> [ANAES, 2001] définit principalement trois types d'enjeux :

- **Enjeux liés à l'organisation de la prise en charge :** le secteur sanitaire est confronté aujourd'hui au même type d'évolution de l'offre de biens et de services. En effet, nous assistons à un phénomène de diversification de l'offre de soins et un phénomène de différenciation qui engendre un éclatement spatial et temporel de l'offre. Dans ce contexte d'évolution de la demande, l'organisation en réseau permet d'assurer une combinaison cohérente de l'offre de soins.
- **Enjeux liés aux connaissances et compétences des acteurs :** la spécialisation des professionnels de santé conduit à un éclatement des savoirs. La mise en réseau doit assurer un apprentissage mutuel, réduire la variabilité des pratiques en favorisant la mise à jour des connaissances et l'amélioration des technologies médicales et de leur utilisation.
- **Enjeux liés à la réduction des coûts :** l'amélioration de la coordination des actions et l'harmonisation des compétences et des pratiques auront comme effet de réduire les charges injustifiées.

Selon Larcher [Larcher 98], les réseaux ont quatre objectifs principaux :

- Décloisonner le système de santé en favorisant les pratiques pluridisciplinaires entre disciplines médicales, public/privé, ville/hôpital, médical/social, prévention/curatif.

<sup>1</sup> Agence Nationale d'Accréditation et d'Évaluation en Santé

- Accroître les compétences des acteurs et revaloriser les professionnels en développant la formation, les échanges d'informations et de savoirs et en favorisant l'élaboration et l'appropriation de référentiels.
- Situer le patient au cœur du système d'offres de soins pour améliorer la prise en charge dans la globalité, la continuité et la cohérence et proposer un égal accès aux soins de qualité.
- Améliorer l'efficacité du système en permettant une prise en charge globale et coordonnée, en proposant des actions favorisant la transversalité, la mutualisation des moyens et une pratique plus collective conduisant à un accroissement global des compétences.

Ainsi, d'une façon générale, la mise en œuvre des réseaux vise à répondre à des enjeux de type :

1. Organisationnel : inventer et tester de nouveaux modes d'organisation des soins,
2. Economique : produire plus ou mieux à enveloppe financière constante,
3. Partenarial : faire émerger de nouvelles formes de rapports entre les acteurs du système de soins, y compris les patients.

### 3. Le système hospitalier : un système complexe

#### 3.1. Complexité de l'organisation en établissements de santé indépendants

La cible principale mise en œuvre par l'hôpital est à caractéristique humaine. L'incertitude générée par cette caractéristique semble être fondamentale dans les interrogations sur la conception et la gestion des systèmes de production de soins car elle a des répercussions sur la complexité des opérations de production, sur leur durée et sur leur qualité. Cette complexité est accrue par la diversité de la demande et par l'interdépendance des processus (dépendance temporelle, spatiale ou liée au partage éventuel des ressources).

Marcon [Marcon, 2004] renvoie la complexité des systèmes de santé au fait qu'ils reposent sur des ressources humaines possédant de fortes compétences et dotées d'un pouvoir de décision important, et que le patient est à la fois le « produit » et le « consommateur » du soin, tout en étant « producteur » du soin car participant à l'élaboration de la trajectoire de soins.

Franchistéguy [Franchistéguy *et al.*, 1999] explique cette complexité par le fait que le support physique d'un système de soins est une personne. La complexité est donc liée au caractère humain dont on peut rarement maîtriser ni anticiper les réactions dans le processus de prise en charge.

Minvielle [Minvielle, 1996] associe la complexité des systèmes de soins à la complexité du processus de prise en charge du patient. Ce dernier processus étant complexe à cause de deux propriétés principales : la forte incertitude dans son déroulement et la diversité due aux caractéristiques cliniques et sociales du patient.

Pham [Pham, 2002] identifie les causes de la complexité des établissements de soins comme venant de la multiplicité des missions, de la hiérarchisation, du cloisonnement, de la diversité des métiers, et de l'hétérogénéité des équipements et des installations. Selon l'auteur, l'hôpital est soumis à des contraintes et des paradoxes de type court terme/ long terme, global/ local.

Vigneron [Vigneron, 2000] souligne que le système hospitalier est complexe par la diversité de ses fonctions et de ses corps de métier. En effet, outre les activités de soins réalisées par les médecins et les personnels soignants, l'hôpital assure des fonctions logistiques et administratives.

D'après Hammami [Hammami, 2006], l'hôpital est une structure particulièrement complexe à deux points de vue :

- le point de vue fonctionnel : un établissement hospitalier n'est pas seulement un lieu de soins, mais assure également d'autres fonctions et services (hôteliers, de restauration, etc.) ce qui implique les services et les activités annexes correspondants,

- le point de vue sociologique : un hôpital met en présence des types de populations aux situations diverses et aux intérêts très distincts.

Une autre complexité peut toutefois découler de la gestion du secteur logistique d'un établissement de soins. Ce secteur prend en charge l'hébergement des malades et effectue un certain nombre de tâches à destination des unités de soins. Il s'agit essentiellement de la restauration, de la blanchisserie ou de la stérilisation des dispositifs médicaux destinés aux blocs opératoires, activités considérées comme ne faisant pas partie du cœur de métier de l'hôpital et pouvant donc être externalisées par des fournisseurs externes.

### 3.2. Complexité de l'organisation en réseaux d'établissements de santé

Une localisation-allocation efficace des ressources prend une dimension plus importante dans le cas d'un réseau d'hôpitaux. Désormais réduire le nombre de services existants à des « services groupés » commun pour tout le réseau engendre plusieurs problèmes d'ordre culturel (entente entre les hôpitaux travaillant ensemble) et organisationnel (trouver la localisation ou la taille optimale par exemple du service commun, comment partager/exploiter les ressources, etc.) et donc une complexité supplémentaire quand à la gestion d'un tel système.

- *Le fonctionnement en réseau : une réponse à la complexité*

Le fonctionnement en réseau est présenté comme une solution face à la complexité [Sérieyx, 1996]. En effet, d'après Jossierand [Jossierand, 2005] : « *c'est la complexité d'une situation ou d'un travail à accomplir qui amène les personnes à agir dans une dynamique de réseau* ».

Pour Assens [Assens, 2003], « *la fonction du réseau consiste à réduire l'incertitude dans les échanges entre ses membres* ». L'idée centrale est celle de connexions entre les éléments privilégiant à la fois l'autonomie, l'interdépendance et la complémentarité tout en garantissant l'identité et la liberté de chacun.

- *Le fonctionnement en réseau : une organisation complexe*

Certes le fonctionnement en réseau constitue une réponse, au moins partielle, au défi de la complexité, mais le réseau apporte aussi sa propre complexité. Le travail en réseau augmente le nombre des entités en interactions et c'est en cela qu'il est complexe. En effet, un réseau regroupe des structures et des individus ayant des objectifs, des intérêts, des valeurs, des compétences et des modes de fonctionnement qui peuvent être divergents.

Gonnet [Gonnet 1994] renvoie la complexité de la mise en réseau essentiellement à l'abandon du cloisonnement et du fractionnement du système. Il qualifie les réseaux de santé de systèmes complexes qu'il faut aborder avec des méthodologies appropriées.

Selon le CREDES<sup>2</sup> et le Groupe IMAGE<sup>3</sup>, un réseau de santé regroupe des professionnels qui ont tous pour particularité d'appartenir à d'autres organisations, elles-mêmes régies par des logiques d'action et des valeurs différentes. Ces organisations sont particulièrement diverses dans leur taille, leur envergure financière, leur statut, leurs compétences techniques et leur stabilité dans le temps. Les réseaux de santé sont ainsi des systèmes adaptatifs complexes, composés d'acteurs qui interagissent avec d'autres acteurs et avec leur environnement [Chossegras, 2005].

La mise en place des réseaux entraîne nécessairement des changements dans les pratiques des organisations et des professionnels et donc une complexité supplémentaire. Une autre complexité de l'organisation en réseau de santé concerne le système d'information hospitalier au travers des nombreuses informations échangées sous différentes formes (images, signaux, etc.), et aussi à cause du nombre important d'acteurs impliqués (patients, médecins, etc.).

<sup>2</sup> CREDES : Centre de Recherche, d'Etude et de Documentation en Economie de la Santé

<sup>3</sup> Groupe IMAGE, Ecole Nationale de la Santé Publique

Confrontés à l'obligation de baisser leurs coûts d'une part, et à une multiplicité de contraintes réglementaires et organisationnelle d'une autre part, les établissements de soins sont amenés aujourd'hui à s'interroger sur le partage entre « cœur de métier » sur lequel se recentrer et les tâches « annexes » externalisables. Une activité dont l'externalisation représente, aujourd'hui, une stratégie permettant de garantir un haut niveau de qualité et de réaliser des économies d'échelle, est l'activité de stérilisation [Giarraputo, 1990]. Dans cette thèse, nous nous intéressons à l'étude de la meilleure configuration des activités logistiques au sein d'un établissement de santé. Nous considérons le cas du service de stérilisation.

## **4. La logistique hospitalière**

Les systèmes de santé sont articulés principalement autour de la prestation de soins. Néanmoins cette prestation est supportée par une vaste gamme d'activités périphériques dont les activités logistiques. L'optimisation des activités logistiques constitue aujourd'hui l'une des pistes d'optimisation les plus investies dans le monde de l'hôpital. En effet, le coût global des activités logistiques dans un centre hospitalier s'élève à environ 46% [Chow et Heaver, 1994], [Kowalski, 1993].

Avant d'aborder la logistique hospitalière, nous commençons par explorer quelques définitions et approches de la logistique industrielle. En effet, la logistique hospitalière s'inspire et se base sur la logistique industrielle largement investie notamment par les chercheurs dans le domaine du génie industriel.

### **4.1. Définitions**

Dans la littérature, plusieurs définitions de la logistique ont été proposées.

Magge [Magge, 1968] définit la logistique comme étant la technique de contrôle et de gestion des flux de matières et de produits depuis leurs sources d'approvisionnement jusqu'à leurs points de consommation.

D'après Heskett [Heskett, 1977], la logistique englobe les activités qui maîtrisent les flux de produits et la coordination des ressources et des débouchés, en réalisant un niveau de service donné au moindre coût.

La fonction logistique dans l'entreprise consiste, selon Tixier [Tixier, 1983], à assurer au moindre coût la coordination de l'offre et de la demande aux plans stratégiques et tactiques, ainsi que l'entretien à long terme de la qualité des rapports fournisseurs-clients qui la concernent.

D'une façon générale, la logistique peut être définie comme l'ensemble des activités concernées par les flux de matières premières, de produits intermédiaires et des services qui supportent des processus de production intégrés ou distribués dans l'espace de manière à mettre à disposition les productions de ces processus au consommateur final ou intermédiaire au bon moment, au bon endroit et au moindre coût [Barros, 1997].

### **4.2. Approches de la logistique industrielle**

#### **4.2.1. Approche technique**

Cette approche présente la logistique comme une technique de contrôle et de gestion des flux de matières premières et des marchandises depuis les sources d'approvisionnement jusqu'aux points de consommation.

Les opérations à optimiser relevant de cette approche découlent, selon Kolb [Kolb, 1972], de trois niveaux :

- Le niveau des approvisionnements : à ce niveau, nous retrouvons, par exemple, les décisions relatives au choix des procédures de gestion de stock ou des moyens de transport,
- Le niveau de la fabrication : les problèmes d'affectation des fabrications aux unités de production et les problèmes d'ordonnancement relèvent de ce niveau,
- Le niveau de la distribution : nous retrouvons, à ce niveau, principalement les décisions de choix de la localisation d'un dépôt central et/ou des dépôts décentralisés, le choix du mode de traitement des commandes et la définition des fréquences de livraison à la clientèle.

#### 4.2.2. Approche managériale

Cette approche considère que la logistique doit piloter l'ensemble des flux d'objets techniques tangibles tout au long de la chaîne. C'est ainsi qu'apparaît la notion de pilotage de la chaîne logistique, composée des processus d'approvisionnement (ou d'acquisition), de fabrication et de distribution des produits.

#### 4.3. La logistique hospitalière : contexte et enjeux

Les progrès rapides des technologies médicales, le vieillissement démographique et les attentes croissantes de la population sont des facteurs qui ont fait que, dans le contexte actuel, les dépenses de santé ne font qu'augmenter.

Les moyens mis en place, à ce jour, pour faire face à cette augmentation des dépenses s'articulent principalement autour de la prestation de soins. Toutefois, les systèmes de santé sont des organisations complexes où les prestations de soins sont supportées par une vaste gamme d'activités périphériques dont les activités logistiques.

Dans les hôpitaux, une part importante des coûts de soins est liée à la logistique (environ 46% des dépenses de l'hôpital).

Ces dernières années, plusieurs travaux se sont ainsi intéressés aux enjeux opérationnels et stratégiques de la logistique hospitalière comme l'une des pistes d'amélioration les plus intéressante du secteur de la santé [Landry et *al.*, 1998], [Ford, 2001].

D'après Landry et Beaulieu [Landry et Beaulieu, 2001], 48% des coûts logistiques sont liés à la chaîne d'approvisionnement des fournitures médicales et des produits pharmaceutiques et pourraient être économisés par un simple recours à de meilleures pratiques. Ces coûts peuvent être considérablement réduits en se basant sur des outils d'optimisation<sup>4</sup>.

Trois arguments militent en faveur d'une attention plus soutenue pour les activités de logistique hospitalière :

- la part importante des ressources qu'un centre hospitalier consacre à la gestion des activités logistiques offre un potentiel d'économies non négligeables,
- l'apport du personnel soignant (paramédical) dans la gestion des activités logistiques pourrait être réduit afin de rediriger ces gains de ressources vers les missions premières d'un hôpital. Ceci est un argument majeur dans la mesure où le personnel infirmier est, aujourd'hui, considéré comme l'une des ressources rares,
- la tendance actuelle des établissements de soins à s'organiser en réseaux intégrés [Leatt, 2002].

<sup>4</sup> CSC Consulting, EHCR, *Improving the efficiency of the healthcare supply chain*

#### 4.4. Organisation de la logistique hospitalière

A l'hôpital, le processus des soins des patients peut être assimilé à un processus de production. Le système de production dans ce cas est représenté par le personnel médical et les différentes ressources utilisées par une unité de soins. Ainsi, plusieurs techniques de logistique « industrielle » peuvent être appliquées, directement ou indirectement, au domaine hospitalier.

Selon Sampieri et Bongiovianni [Sampieri et Bongiovianni 2000], la logistique hospitalière est la « technologie de la maîtrise des flux physiques et de la trajectoire des patients par les flux d'informations ».

La logistique hospitalière a été définie par l'ASLOG<sup>5</sup> comme étant « la gestion des flux de patients, produits, services et des informations qui s'y rapportent depuis le fournisseur jusqu'au bénéficiaire, à un niveau défini de performance, au service de la qualité et de la sécurité des soins prodigués aux patients ».

Selon Swinehart [Swinehart et *al.*, 1995], outre les prestations de soins, un établissement de santé s'articule autour de quatre fonctions logistiques centrales qui gèrent différents types d'intrants et d'extrants dans le but d'offrir des services répondant aux besoins des patients :

- La logistique interne qui regroupe l'acquisition, la réception et la distribution des différentes fournitures utilisées en soutien à la prestation de service et associées aux extrants intermédiaires et finaux,
- La gestion de la demande qui consiste à prévoir, planifier et orchestrer l'utilisation des différentes ressources nécessaires pour répondre aux besoins en prestations hospitalières,
- Les opérations et les services soutenant le patient pendant son séjour à l'hôpital,
- La logistique externe qui est associée aux activités de suivi médical du patient.

Chow et Heaver [Chow et Heaver, 1994] prônent une logistique hospitalière regroupant les activités de logistique interne avec un volet production, c'est-à-dire les activités de transformation telles la cuisine ou la stérilisation centrale et, un volet flux patients c'est-à-dire les activités de transport des patients. Les auteurs classifient les activités reliées à la logistique hospitalière en trois catégories.

- **L'approvisionnement** qui assure l'achat et la gestion des stocks des différents produits.
- **La production** qui gère les différentes activités de transformation telles que le lavage du linge, la restauration et la stérilisation.
- **La distribution** qui gère l'acheminement des produits des zones de stockage aux utilisateurs, et le transport entre différentes unités (établissements) de l'hôpital (du réseau).

La figure 5 révèle la présence de deux chaînes logistiques pour acheminer les différents produits des fournisseurs jusqu'aux points d'utilisation, une chaîne externe et une chaîne interne à l'hôpital [Rivard-Royer et *al.*, 2002].

Par exemple, pour la fourniture médicale, on retrouve d'abord une chaîne logistique externe liant le fournisseur au magasin de l'établissement de santé à travers laquelle transitent un flux d'informations (référence du produit, quantité, prix, etc.), un flux de matériel et un flux de trésorerie. À l'interne, une chaîne logistique réapprovisionne les unités de soins à partir du magasin de l'hôpital. À l'unité de soins, on retrouve généralement une réserve principale où sont stockées les fournitures médicales.

<sup>5</sup> ASOLOG : Association Française pour la Logistique

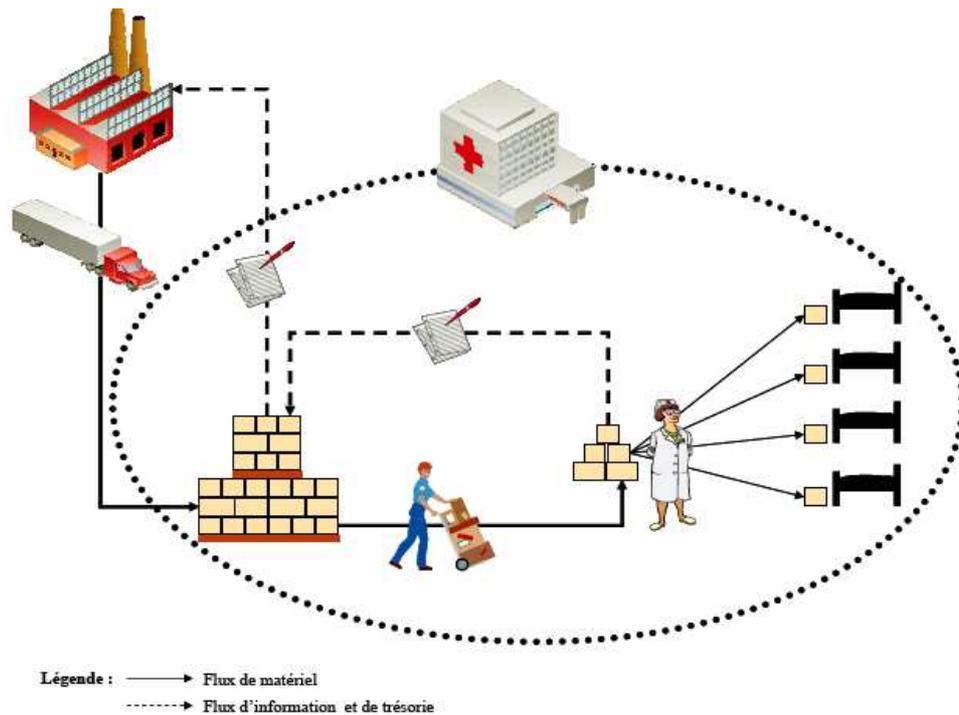


Figure 5. Logistique hospitalière [Landry et Beaulieu, 2005]

## 5. La stérilisation hospitalière

Nous détaillons dans cette section le processus de stérilisation et nous présentons le contexte réglementaire français relatif à ce processus.

### 5.1. Définitions

La *stérilisation* des *dispositifs médicaux* occupe une place primordiale dans les établissements de santé pour la lutte contre les infections nosocomiales. Elle consiste en un ensemble d'opérations nécessaires pour éliminer les micro-organismes portés par des milieux inertes contaminés et assure l'obtention et le maintien de *dispositifs médicaux stériles* destinés à être utilisés par le bloc opératoire et les unités de soins.

#### *Stérilisation*

La stérilisation est définie comme étant « la mise en œuvre d'un ensemble de méthodes et de moyens visant à éliminer tous les micro-organismes vivants de quelques natures et sous quelque forme que ce soit, portés par un objet parfaitement nettoyé. Le résultat de l'opération non limitée à la durée de l'application, étant l'état de stérilité»<sup>6</sup>.

D'après le code de la santé public, la stérilisation correspond au « procédé qui rend un produit stérile et qui permet de conserver cet état pour une période de temps précisée ».

La stérilisation fait partie des procédés spéciaux pour lesquels les résultats ne peuvent pas être entièrement vérifiés par un contrôle final du produit effectué a posteriori. Pour cela, il convient de veiller à la validation des procédés de stérilisation avant leur mise en application, à la surveillance de leur fonctionnement, ainsi qu'à l'entretien du matériel. Un pilotage continu des opérations ainsi

<sup>6</sup> Norme AFNOR NF T 72-101

qu'un respect permanent des procédures (documentées) sont indispensables pour assurer la conformité aux exigences spécifiées [AFNOR, 1996].

L'obtention de l'état stérile et son maintien jusqu'au moment de l'utilisation correspond à une obligation du résultat. En effet, les établissements de santé doivent mettre en place un système qualité basé sur des référentiels normatifs.

### ***Dispositifs Médicaux (DM)***

D'après l'article L5211-1 du code de la santé publique, on entend par dispositif médical tout dispositif, appareil, équipement, matière, produit à l'exception des produits d'origine humaine, ou autre article utilisé seul ou en association, y compris les accessoires et logiciels intervenant dans son fonctionnement, destiné par le fabricant à être utilisé chez l'homme à des fins médicales et dont l'action principale voulue n'est pas obtenue par des moyens pharmacologiques ou immunologiques, ni par métabolisme, mais dont la fonction peut être assistée par des tels moyens [Bardet, 2003].

### ***Dispositifs Médicaux Stériles (DMS)***

D'après les Bonnes Pratiques de la Pharmacie Hospitalière, un dispositif médical stérile est « tout dispositif médical exempt de micro-organismes viables ». Pour qu'un dispositif médical puisse être étiqueté « stérile », la probabilité théorique qu'un micro-organisme viable y soit présent doit être inférieure ou égale à 1 pour  $10^6$  ».

## **5.2. Processus de stérilisation**

La stérilisation n'est pas un acte isolé mais toute une chaîne de production [Fombeur et *al.*, 2003]. Le processus de stérilisation est la succession d'un ensemble d'activités organisées sous forme de cycle (cf. figure 6).

### **5.2.1. La collecte et le ramassage**

Dans la plus grande majorité des établissements de santé, le service de stérilisation est centralisé et est située à proximité du bloc opératoire. Ceci est justifié par le fait que le bloc opératoire est le client principal du service de stérilisation. Le circuit entre le service de stérilisation et le bloc opératoire doit être le plus court possible, ceci est bien évidemment fonction de l'organisation adoptée par l'hôpital et des moyens et équipements disponibles.

### **5.2.2. La pré-désinfection**

Opération au résultat momentané permettant d'éliminer ou de tuer les micro-organismes indésirables. Si le procédé est sélectif, celui-ci doit être précisé. Le résultat de cette opération est limité aux micro-organismes présents au moment de l'opération.

La pré-désinfection consiste donc en un premier traitement à effectuer sur les objets et le matériel souillés dans le but d'éliminer les micro-organismes et de faciliter l'opération de lavage ultérieur. La pré-désinfection a aussi pour rôle de protéger le personnel lors de la manipulation des instruments.

### **5.2.3. La réception et le tri**

Cette étape a une double importance. Sur le plan de gestion, elle permet la vérification du matériel reçu et donc le repérage de tout manque dans la composition des boîtes chirurgicales ou des sets de soins. De plus, cette opération est nécessaire pour identifier, éliminer ou faire remplacer les objets détériorés.

#### 5.2.4. Le lavage

Manuellement ou avec machine, tout instrument est lavé puis séché. Les instruments lavés doivent être manipulés avec précaution afin d'assurer l'assemblage des articles démontés et leur mise en conditionnement par type d'intervention et/ou par destination.

#### 5.2.5. Le conditionnement

L'objet de cette opération est de préparer l'instrument parfaitement lavé à la stérilisation avant son introduction dans les autoclaves par son conditionnement dans un emballage protecteur contre tout risque de souillure ou de contamination. Selon la pharmacopée française, le matériel d'emballage et de conditionnement doit répondre aux exigences suivantes :

- Assurer le maintien de la stérilité,
- Permettre l'extraction et l'utilisation des articles dans des conditions aseptiques,
- Porter les mentions et indications suivantes : le numéro du lot, la nature de l'objet emballé, la date de la stérilisation et/ou la date limite d'utilisation.

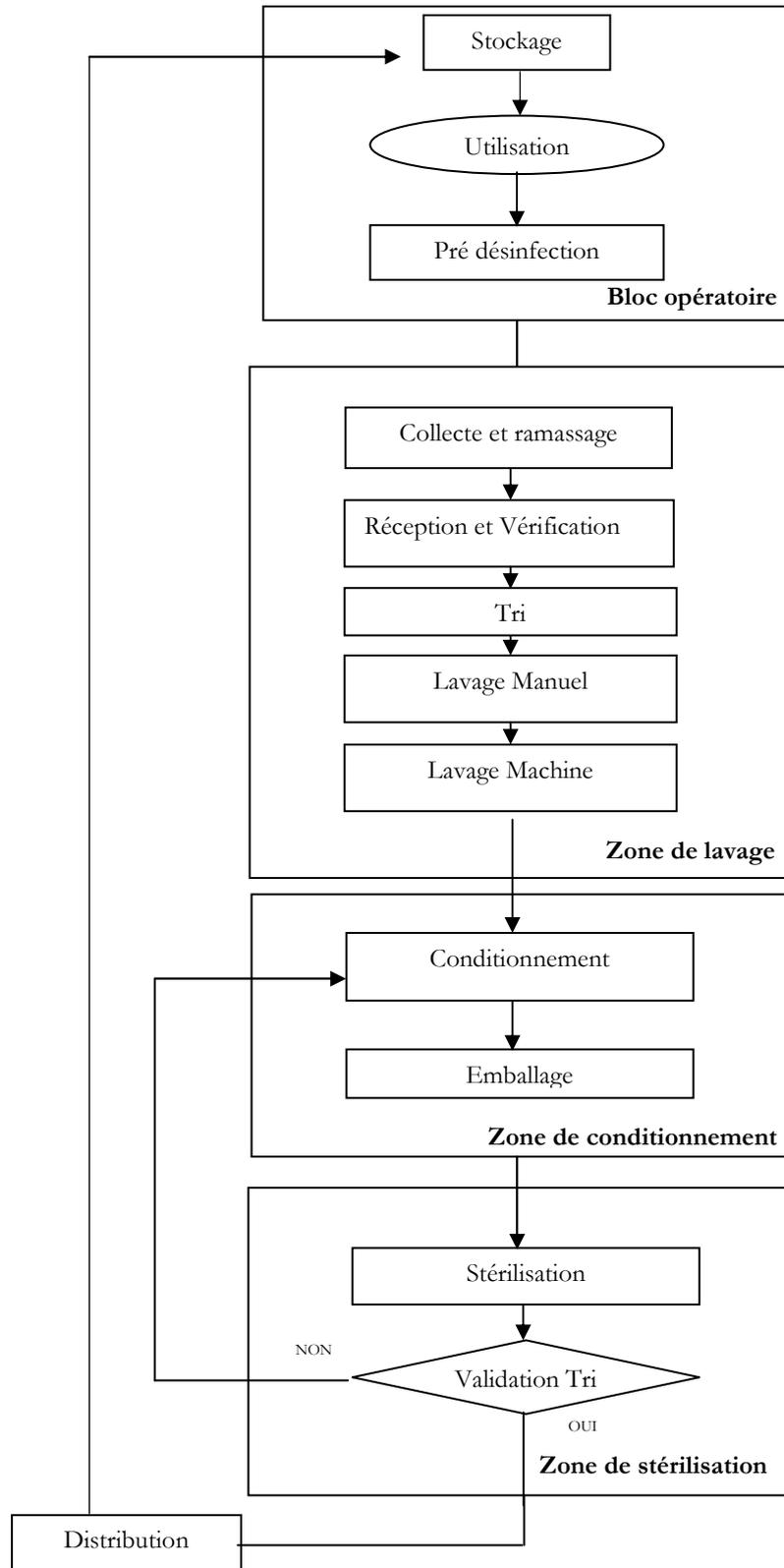
#### 5.2.6. La constitution des charges des stérilisateurs

Le cycle de stérilisation tient compte des quantités et de la nature des objets à traiter. Théoriquement, le respect de l'unicité des volumes et des densités des différents éléments de la charge d'un stérilisateur est une règle absolue. Cette homogénéité offre les meilleures conditions de pénétration de l'agent de stérilisation à l'intérieur des emballages tout en réduisant le gaspillage de l'énergie.

#### 5.2.7. Le contrôle

Trois types de contrôles sont effectués tout au long du processus de stérilisation :

- *Contrôle avant stérilisation* : la finalité de ce contrôle est de s'assurer que toutes les étapes qui précèdent l'opération de stérilisation soient faites et que les articles à stériliser sont bien conditionnés pour être introduits dans les autoclaves. La maintenance et l'entretien préventif des installations et équipements constituent le premier élément de ce contrôle.
- *Contrôles pendant la stérilisation* : deux types de contrôle sont essentiellement effectués : les tests chimiques et les tests bactériologiques. Des indicateurs de passage sont utilisés pour faire la distinction entre les objets qui ont subi un cycle de stérilisation de ceux qui ne l'ont pas subi.
- *Contrôle post stérilisation* : à la fin du cycle de stérilisation, la charge est retirée et contrôlée ; le contrôle concerne essentiellement l'état de l'emballage, son intégrité et son degré de séchage. À ce stade, les indicateurs de passage sont vérifiés. Les différents conditionnements sont étiquetés et stockés. L'étiquette indique le numéro du lot et la date de stérilisation. Les mêmes indications sont consignées avec les différents tracés et tests dans un cahier de bord propre à chaque autoclave. La durée maximale d'utilisation d'un instrument stérile dépend de la méthode de stérilisation et du type de conditionnement utilisé.



**Figure 6.** Processus de stérilisation

### 5.3. Référentiels en stérilisation hospitalière

La stérilisation constitue un dispositif essentiel de mise en œuvre de la sécurité sanitaire. Ceci se traduit par :

- la densité des textes réglementaires relatifs à cette fonction,
- l'importance croissante des mesures de précautions édictées par les pouvoirs publics.

### 5.3.1. Référentiels législatifs et réglementaires

Les circulaires, les lois, les ordonnances, les décrets et les arrêtés ayant trait à la stérilisation sont relativement nombreux et portent soit sur la stérilisation en général soit sur des points particuliers. Nous mentionnons dans ce qui suit quelques référentiels réglementaires relatif à la stérilisation.

- Circulaire n°97-672 du 20/10/1997 relatif à la stérilisation des dispositifs médicaux dans les établissements de santé.
- Loi n° 97-641 du 27/07/1999 portant sur la création d'une couverture médicale universelle.
- Décret n° 2002-587 du 23/04/2002 relatif au système permettant d'assurer la qualité de la stérilisation des dispositifs médicaux dans les syndicats inter-hospitaliers.

### 5.3.2. Référentiels professionnels

Les référentiels professionnels sont décrits sous forme de guides des bonnes pratiques :

- Guide des bonnes pratiques de stérilisation (CCM-GPEM/SL93).
- Guide des bonnes pratiques de pharmacie hospitalière (ligne directrice particulière/préparation des dispositifs médicaux stériles).

### 5.3.3. Référentiels normatifs

Les référentiels normatifs applicables en stérilisation sont nombreux. En effet, nous retrouvons les normes relatives au système qualité, à l'environnement, aux méthodes et au processus de stérilisation mais aussi des normes relatives aux équipements, aux produits de contrôle et de désinfection. Nous mentionnons dans ce qui suit quelques normes applicables en stérilisation.

- Norme NF EN 554, Octobre 1994 : stérilisation des dispositifs, validation et contrôle de routine pour la stérilisation par la vapeur d'eau (Norme AFNOR, 1994)
- Norme NF EN 556 : stérilisation des dispositifs médicaux, Exigences pour les dispositifs médicaux étiquetés stériles (Norme AFNOR, 1995).
- Norme NF EN ISO 14937 relative à la stérilisation des produits de santé [Norme AFNOR, 2001].

## 6. Conclusion

Les établissements hospitaliers sont confrontés à une mutation imposée par leur tutelle et leurs usagers. Ainsi, une réflexion sur de nouvelles stratégies au sein même de l'hôpital ou encore entre un ensemble d'hôpitaux est devenue une priorité pour faire face à l'accroissement de la demande et atteindre les objectifs de qualité des soins et de maîtrise des dépenses.

L'externalisation des services ne faisant pas partie du cœur du métier de l'hôpital et principalement des activités logistiques ainsi que l'organisation des systèmes hospitaliers et leurs modalités de pilotage à travers la conception de réseaux de production de soins semble être une piste à investir pour l'optimisation des systèmes hospitaliers confrontés aujourd'hui à autant plus de contraintes que de défis.

Dans ce chapitre, nous avons introduit deux formes d'organisation des systèmes hospitaliers (l'organisation en établissements indépendants et l'organisation en réseau) en mettant le point sur la complexité inhérente à ces systèmes. Nous avons introduit la notion de logistique hospitalière et détaillé en particulier le service de stérilisation auquel nous nous intéressons dans ce travail.

Dans le chapitre suivant, nous abordons le problème de choix entre « faire », « faire-faire » ou « faire-ensemble » dans le contexte hospitalier. Nous exposons un état de l'art des travaux qui ont abordé la question d'externalisation dans le contexte hospitalier tout en se référant au contexte manufacturier. Nous abordons aussi les problèmes de conception et de planification des réseaux d'établissements de santé.



## **Chapitre 2 : Faire, Faire-Faire et Faire-Ensemble dans le contexte hospitalier**

---

*Les hôpitaux cherchent aujourd'hui des nouvelles stratégies de gestion dans l'objectif de réduire les coûts et améliorer notamment la rentabilité et l'efficacité. Parmi ces stratégies, nous citons l'externalisation ou la mutualisation des activités logistiques.*

*Dans ce chapitre, nous présentons un état de l'art des travaux qui ont abordé la question d'externalisation (faire-faire) ou de mutualisation (faire ensemble) dans le contexte hospitalier et nous nous intéressons particulièrement au service de stérilisation.*

---

### **1. Introduction**

Le concept d'externalisation (faire-faire) est loin d'être nouveau dans la pratique manufacturière [d'amour, 1995]. L'externalisation était, au début, utilisée dans des secteurs jugés non-stratégiques et à faible valeur ajoutée. Vers la fin des années 90, l'externalisation commence à toucher à d'autres secteurs de l'entreprise et devient un outil d'optimisation parmi les plus utilisés pour se recentrer sur le cœur du métier.

L'externalisation, parmi d'autres empruntées au monde de l'industrie, est une stratégie qui apparaît aujourd'hui dans le monde de l'hôpital. Cette stratégie utilisée d'ores et déjà pour certaines activités logistiques (blanchisserie, cuisine, gardiennage, etc.) est intéressante pour le système hospitalier et permet à l'hôpital d'atteindre des gains en coût et en qualité. Toutefois l'externalisation des fonctions logistiques en milieu hospitalier demeure d'après Benanteur [Benanteur, 2004] un enjeu complexe dans un contexte budgétaire contraint et structurant.

Une autre stratégie adaptée aujourd'hui par les systèmes hospitaliers est la mutualisation (faire ensemble) de certains services par le regroupement de ressources communes.

Nous présentons, dans ce chapitre, un état de l'art des travaux qui ont abordé la décision d'externalisation ou de mutualisation dans le contexte hospitalier et nous nous intéressons en particulier au service de stérilisation.

## 2. Externalisation : cas de l'hôpital

L'externalisation est une stratégie qui s'est développée, au début, dans le contexte manufacturier et qui commence aujourd'hui à intéresser les hospitaliers. Nous présentons dans cette section l'externalisation dans le cas de l'hôpital en se basant sur le cas industriel. Nous détaillons les différentes approches qui ont abordé cette stratégie dans le contexte hospitalier et nous portons une attention particulière au service de stérilisation auquel nous nous intéressons dans ce travail.

### 2.1. Définitions

Dans la littérature, certains auteurs ont dissocié la notion d'externalisation de celle de sous-traitance [Yzerd, 2003], d'autres ont associé les deux notions [Viala, 1993].

D'après Yzerd [Yzerd, 2003], l'externalisation doit être dissociée de la sous-traitance, pour des raisons multiples. La notion d'externalisation s'associe à la notion de coopération, dans le sens où la relation de service s'inscrit dans une démarche dans laquelle le client, quel qu'il soit, a pour ambition de co-piloter la démarche en liens étroits avec l'entreprise prestataire. La maîtrise de la conception du service est gardée en interne. Mais le prestataire dispose d'une forte marge de manœuvre pour proposer des innovations, afin de faire évoluer son offre dans le temps, au vue des attentes des utilisateurs finaux.

Viala [Viala, 1993] associe la notion d'externalisation à celle de sous-traitance. D'après l'auteur, l'externalisation désigne le fait pour une structure de se procurer des services auprès d'un prestataire externe. La sous-traitance implique un engagement entre deux parties contractantes sur des résultats précis. En termes plus techniques, l'externalisation de la stérilisation, par exemple, au sein d'un établissement de santé est une opération par laquelle une entreprise dite donneur d'ordre confie à une autre entreprise, le sous-traitant, le soin d'exécuter pour elle, et selon un cahier des charges préétabli, soit une partie, soit la totalité des actes de production et de service. Il s'agit donc d'un type de contrat réunissant deux partenaires : le donneur d'ordre et le sous-traitant.

#### *L'externalisation*

L'externalisation peut être définie par le fait de « confier la totalité d'une fonction ou d'un service à un prestataire externe spécialisé pour une durée pluriannuelle. Celui-ci fournit alors la prestation en conformité avec le niveau de service, de performance et de responsabilité spécifiés »<sup>7</sup>.

Dans les faits, l'externalisation présuppose une relation entre client et fournisseur, et une participation stratégique de ce dernier au développement de l'entreprise.

#### *La sous-traitance*

La sous-traitance est une opération par laquelle une entreprise confie à une autre le soin d'exécuter pour elle, et selon un cahier des charges préétabli, une partie des actes de production ou de services dont elle réserve la responsabilité finale [AFNOR, 1986].

Selon Gratte [Gratte, 1997], la sous-traitance est une relation de subordination inscrite dans un contrat qui oblige le preneur d'ordres (le sous-traitant) à respecter les prescriptions des donneurs d'ordre (le client) dans l'exécution des tâches qui lui sont confiées.

D'après la norme AFNOR NF X50-300, « peuvent être considérées comme des activités de sous-traitance industrielle toutes les opérations concourantes pour un cycle de production déterminé, à l'une ou plusieurs des opérations de conception, d'élaboration, de fabrication, de mise en œuvre

<sup>7</sup> Charte de l'externalisation du Comité de Liaison des Services du MEDEF et de l'Institut Esprit Service.

ou de maintenance du produit en cause, dont une entreprise, dite « donneur d'ordre » confie la réalisation à une entreprise dite, « preneur d'ordre » ou « sous-traitant » tenue de se conformer exactement aux directives ou spécifications techniques arrêtées en dernier ressort par le donneur d'ordre »<sup>8</sup>.

Dans cette thèse, nous associons les notions externalisation et sous-traitance et nous utiliserons l'un ou l'autre des deux termes pour désigner le fait de confier à un prestataire externe une activité logistique donnée.

Notre réflexion porte sur la configuration d'une activité de l'hôpital en considérant les trois possibilités suivantes : (1) internalisation en assurant l'activité par les ressources propres à l'établissement ; (2) externalisation en confiant l'activité dans sa globalité ou en partie à un prestataire externe ; (3) mutualisation en réalisant cette activité dans le cadre d'un regroupement de ressources d'un réseau d'établissements hospitaliers. Nous nous intéressons particulièrement à l'activité de stérilisation.

## 2.2. Contexte de la sous-traitance

### 2.2.1. Typologie de la sous-traitance

Trois types de sous-traitance peuvent être distingués [Duhayot et Philippon ,1993] :

1. La sous-traitance de fonction : elle porte sur la réalisation d'un sous-ensemble remplissant une fonction précise dans tout ou partie du produit considéré.
2. La sous-traitance de marché : La sous-traitance de marché est l'opération par laquelle une entreprise confie à une autre tout ou partie de l'exécution du contrat d'entreprise ou du marché public conclu avec son donneur d'ordres.
3. La sous-traitance industrielle ou sous-traitance de capacité : consiste au fait qu'une entreprise confie à un autre entreprise tout ou partie de la fabrication d'un produit donné, ou de la mise en œuvre d'une prestation donnée dans un contexte extérieur à un marché. Elle se rencontre lorsque le donneur d'ordres, lui même équipé, fait appel soit occasionnellement au sous-traitant (sous-traitance conjoncturelle), en raison d'une pointe momentanée de production, soit habituellement (sous-traitance structurelle) parce que, désirant conserver une capacité propre, le donneur d'ordres souhaite utiliser des capacités disponibles à l'extérieur.

Il existe plusieurs raisons motivant le recours à la sous-traitance [Bardet, 2003]. Une typologie de la sous-traitance a été proposée en se basant sur ce critère :

- La sous-traitance politique : dans ce cas, le travail est confié à un sous-traitant afin de garder ses capacités de production pour d'autres produits plus rentables.
- La sous-traitance économique : utilisée surtout pour les produits en cours de lancement ou de déclin, pour les fabrications de faibles volumes et pour les produits à faible valeur ajoutée.
- La sous-traitance de commodité : dans le cas de fabrications délicates et en cas de limitations dues aux ressources.
- La sous-traitance de spécialité : utilisée surtout pour les produits à processus de fabrication complexe et pour les produits protégés par un brevet du sous-traitant.

A l'hôpital, les sous-traitances sont essentiellement soit des sous-traitances de spécialité, soit des sous-traitances politiques. En effet, par l'externalisation de certaines de ses activités, un établissement de santé cherche principalement à se recentrer sur le cœur de son métier pour la

<sup>8</sup> Guide pour la maîtrise des traitements appliqués aux dispositifs médicaux réutilisables. AFNOR, 2005.

prise en charge des patients ou aussi à réaliser des gains en coûts (sous-traitance économique) [Navario et Rodrigues., 2000].

### 2.2.2. Objectifs de l'externalisation

D'après la typologie de la sous-traitance présentée dans le paragraphe précédent, nous constatons que l'externalisation peut rechercher des objectifs divers. Ces objectifs peuvent être résumés dans les deux catégories suivantes :

- **Objectif de capacité**

L'externalisation permet à l'entreprise cliente d'accroître sa réactivité au marché et ce :

- en ajustant sa capacité en cas d'évolution de la demande,
- en faisant face à des dysfonctionnements des outils de production,
- en faisant face aux exigences d'une activité saisonnière.

- **Objectif de spécialité**

Pour faire appel à un savoir-faire que l'entreprise ne possède pas, ou qu'elle ne peut exercer de façon rentable, ou qui rendrait sa gestion interne trop complexe, un grand nombre d'entreprises font un retour vers leurs « métiers de base », en se désengageant des tâches à faible valeur ajoutée qu'elles intégraient auparavant.

### 2.3. Externalisation des activités hospitalières

Historiquement l'hôpital était une « institution totale » qui maîtrise l'ensemble de son processus de production. Cependant, le processus de production des soins hospitaliers peut être décomposé en un ensemble de fonctions qui peuvent être à leur tour identifiées et confiées à des prestataires spécifiques. Cette approche est légitimée par le besoin de se concentrer sur le cœur de métier de l'hôpital et de limiter les dépenses tout en garantissant le niveau de qualité requis par les patients et tenu par les réglementations en vigueur.

L'hôpital ne peut plus être performant sur tous les métiers nécessaires à sa production, cela justifie le recours à la stratégie d'externalisation. En effet, cette stratégie offre à l'hôpital l'opportunité de se recentrer sur son métier tout en garantissant la meilleure sécurité des soins donnés aux patients [Navario et Rodrigues, 2000].

Un peu partout dans le monde, l'externalisation a été tentée et/ou pratiquée dans de nombreux hôpitaux généralement de taille importante. Jusqu'ici, les fonctions logistiques (cuisine, blanchisserie, entretien des locaux, espaces verts, etc.) ainsi que la fonction maintenance (entretien des installations, des équipements ou des bâtiments, etc.) constituent les fonctions généralement sous-traitées par l'hôpital.

D'une façon générale, un hôpital peut recourir à la solution d'externalisation pour les raisons suivantes :

- Recentrer les ressources de l'hôpital sur les activités de soins,
- Associer des prestations complémentaires (location, maintenance, renouvellement) dont les enjeux et les coûts sont mal connus,
- Maîtriser les dépenses et les relier aux ressources dans le cadre de l'adoption progressive de 2004 à 2013 de la Tarification A l'Activité, élément important de la réforme Hôpital 2007,
- Economiser des ressources en personnels, notamment paramédicaux devenant de plus en plus une ressource « rare » de l'hôpital,
- Transférer des responsabilités importantes des établissements et des pharmaciens responsables vers un industriel contrôlable et contrôlé.

Gilles [Gilles, 1990] définit la sous-traitance dans le domaine hospitalier comme « l'acte par lequel l'hôpital délègue la gestion de ses activités à une société privée ».

Velma [Velma, 2001] propose une définition de l'externalisation dans le cas des systèmes hospitaliers en se basant sur le cas manufacturier. Il énumère les avantages et les inconvénients d'une telle stratégie ainsi que les étapes que doit suivre un projet d'externalisation réussi. Selon l'auteur, « L'externalisation (*outsourcing*) consiste à transférer des services ou des fonctions traditionnellement effectués en interne chez un fournisseur externe (*Third-party provider*) tout en contrôlant cette source externe à travers un contrat et par une bonne gestion de la relation hôpital-fournisseur externe. L'externalisation est une stratégie à laquelle les hospitaliers ont eu recours dans l'objectif de réduire les coûts sans affecter la qualité du service rendu. Sauf qu'en l'absence d'un bon management, l'externalisation risque de ne pas être une stratégie bénéfique c'est pourquoi il faut avant tout bien comprendre cette stratégie et dégager ses avantages et inconvénients ». Nous pensons également qu'il est nécessaire d'accompagner la mise en œuvre de la sous-traitance par un contrôle régulier des prestations.

Selon d'autres auteurs, l'externalisation est une stratégie d'organisation en interne pour se concentrer sur le cœur de métier et créer un réseau de fournisseurs externes pour les activités de support [Allen, 2000], [Stacey, 1998].

Dans la littérature, plusieurs travaux utilisent le terme « intégration verticale » pour désigner l'externalisation [Burns et Pauly, 2002], [Bazzoli et al., 1999].

Burns et Pauly [Burns et Pauly, 2002] évoquent deux formes d'intégration stratégique pouvant avoir lieu dans le contexte hospitalier : l'intégration verticale et l'intégration horizontale. L'intégration verticale désigne l'externalisation ou la sous-traitance. Ainsi, le développement d'organisations qui gèrent la maintenance, par exemple, est une forme d'intégration verticale. L'intégration horizontale représente par contre une forme d'alliance entre des hôpitaux qui forment des réseaux de soins (système multi-hôpitaux, fusion entre hôpitaux, réseaux locaux, etc.). L'intégration verticale permet d'atteindre des économies d'échelle et d'améliorer la qualité des soins et la disponibilité de certaines ressources. L'intégration horizontale permet essentiellement des économies d'échelle grâce à un flux important de patients, au partage de ressources, équipements et services ainsi qu'aux groupements d'achat.

Bazzoli [Bazzoli et al., 1999] utilise le terme « intégration » pour désigner la collaboration entre différents partenaires dans l'objectif de fournir un service en commun et d'augmenter sa valeur ajoutée. Selon l'auteur, l'intégration verticale permet de réduire les coûts de transactions et favorise les économies d'échelle.

Certains auteurs rappellent que le choix entre offrir un service directement ou à travers une relation contractuelle (intégration) est une décision stratégique importante pour les établissements hospitaliers [Zajac et d'Aunno, 1994], [Luke et Begun, 1996].

L'externalisation peut toucher la majeure partie des services de l'hôpital et en particulier les activités logistiques mais aussi une partie des activités intervenant dans la chaîne de soins. Nous pensons ici précisément au plateau technique (imagerie, laboratoire d'analyse, etc.).

Un état de l'art des travaux qui ont abordé la question d'externalisation dans le contexte hospitalier sera détaillé dans la section suivante.

## 2.4. Etat de l'art sur l'externalisation

La tendance actuelle des organisations à s'interroger sur leur cœur de métier les pousse souvent à développer des relations de collaboration de plus en plus étroites. Cette orientation, initialement motivée par une recherche de minimisation des coûts, s'apparente dans la plupart des cas à un besoin d'acquiescer un savoir-faire indisponible en interne ou difficile à préserver. L'externalisation représente, dans ce cadre, l'une des formes de collaboration les plus répandues aujourd'hui.

Toutefois, le concept d'externalisation (sous-traitance) est loin d'être nouveau dans la pratique manufacturière [d'Amour, 1995].

Dans le contexte hospitalier, l'externalisation est une nouvelle stratégie qui est encore peu utilisée et les fonctions de logistique hospitalière sont aujourd'hui les principales à être confiées à des prestataires externes.

Dans un domaine comme dans l'autre, mener à bien une démarche d'externalisation est un projet complexe qui imbrique étroitement des métiers, des acteurs et des enjeux sociaux, économiques et stratégiques induisant ainsi de nombreuses modifications organisationnelles et structurelles [Gosse et al., 2000].

Nous présentons, dans cette section, un état de l'art des travaux qui ont abordé la décision de choix entre internalisation (faire) ou externalisation (faire-faire). Nous présentons tout d'abord cette décision dans le contexte manufacturier et nous enchaînerons avec le contexte hospitalier. Partant de la définition générale et des motivations de la décision d'externalisation ou d'internalisation, nous détaillons les approches qui se sont intéressées à l'étude de cette décision.

Dans le contexte manufacturier Bouchriha et al., [Bouchriha et al., 2002] font référence à deux approches : une approche basée sur les coûts, et une approche basée sur la stratégie de l'entreprise.

Pour le cas du contexte hospitalier, nous distinguons également deux approches principales :

1. Une approche basée sur les études qualitatives et descriptions des pratiques (approche des pharmaciens),
2. Une approche basée sur l'analyse des coûts (approche des gestionnaires).

## **2.4.1. Internalisation / externalisation dans le contexte manufacturier**

### **2.4.1.1. Définition**

L'internalisation consiste à (1) garder en interne ou reprendre une activité ; (2) garder en interne ou intégrer une fonction ou un service [Yzerd, 2003]. L'externalisation est, par contre, un contrat de service qui consiste à confier une activité ou un service de l'entreprise à un prestataire spécialisé, pour une durée pluriannuelle. Ce contrat de service s'inscrit dans une perspective stratégique et implique un engagement contractuel clair et équilibré.

La décision d'internalisation (faire) ou d'externalisation (faire-faire) consiste ainsi à choisir entre utiliser ses propres moyens (équipements, personnel, etc.) ou sous-traiter en partie ou en totalité un produit ou un service chez un prestataire externe (fournisseur). Dans la prise d'une telle décision, il s'agit tout d'abord de faire le point sur les ressources internes puis comparer les avantages et les inconvénients d'une éventuelle sous-traitance.

### **2.4.1.2. Les approches analysant la décision d'internalisation ou d'externalisation dans le contexte manufacturier**

Bouchriha [Bouchriha et al., 2002] classe les travaux qui portent sur la décision d'internalisation ou d'externalisation dans le secteur manufacturier selon deux approches: (1) une approche basée sur les coûts et (2) une approche basée sur la stratégie de l'entreprise. L'approche basée sur les coûts présente principalement le point de vue de l'analyse de l'économie de la firme dans la décision de « faire » ou « faire-faire ». La seconde approche tient compte de la stratégie de l'entreprise dans la prise de décision.

### a. *Approches basées sur l'analyse économique*

Dans la littérature, deux théories complémentaires sont souvent discutées : *la théorie des coûts de transaction* (TCT) et *la théorie de la ressource* (RBV pour Resource Based View) [Barthelemy, 2001].

Pour *la théorie des coûts de transaction*, le choix du marché ou de la firme comme mode d'organisation repose sur la comparaison entre le coût d'utilisation du marché et le coût d'utilisation de la firme. Les coûts permettant de déterminer la structure de gouvernance optimale peuvent être divisés en deux catégories : les coûts de production et les coûts de transaction. La TCT présente un grand intérêt car elle permet de déterminer la structure de gouvernance optimale à partir d'un nombre réduit de critères. Ces critères dénommées « attributs de transaction » sont au nombre de quatre : la spécificité des actifs, l'incertitude, la fréquence, et la difficulté de mesurer la performance [Dumoulin et al., 2000]. Ainsi, la TCT aborde les deux enjeux centraux de l'externalisation : la décision (faut-il ou ne faut-il pas externaliser ?) et la gestion (comment gérer une opération d'externalisation ?). Par ailleurs, toute la difficulté réside dans la mesure des coûts de transaction. Whitten [Whitten et al., 2005] montre que les coûts de transaction incorporent différentes dimensions, notamment la perte des avantages tangibles et intangibles et les pertes en termes de temps et d'énergie employés pour l'élaboration et la gestion d'une relation avec le sous-traitant. En outre, plusieurs travaux dans la littérature démontrent la nécessité de considérer l'interdépendance qui existe entre les différentes dimensions et variables qui interviennent pour le calcul des coûts de transaction, et qui présentent un impact non négligeable sur l'évaluation de ces derniers et par la suite sur les décisions en relation avec l'externalisation.

*La théorie de ressource* détermine les facteurs qui sous-tendent l'avantage concurrentiel des entreprises. L'apport de cette théorie à l'analyse de la décision d'externalisation réside dans la prise en compte de la qualité des ressources et compétences internes par rapport à celles dont disposent les meilleurs prestataires du marché. Le principal problème des entreprises qui désirent se séparer de certaines activités et concentrer leurs ressources sur d'autres, est de définir correctement leur cœur de métier. Quatre critères déterminent si une ressource fait partie du cœur de métier, et si elle constitue un avantage concurrentiel pour l'entreprise : la valeur possédée par la ressource, la rareté de la ressource, l'inimitabilité de la ressource, et la non-substituabilité de la ressource. Ainsi, la RBV traite deux thèmes importants que sont le cœur de métier et les facteurs déclencheurs de l'externalisation.

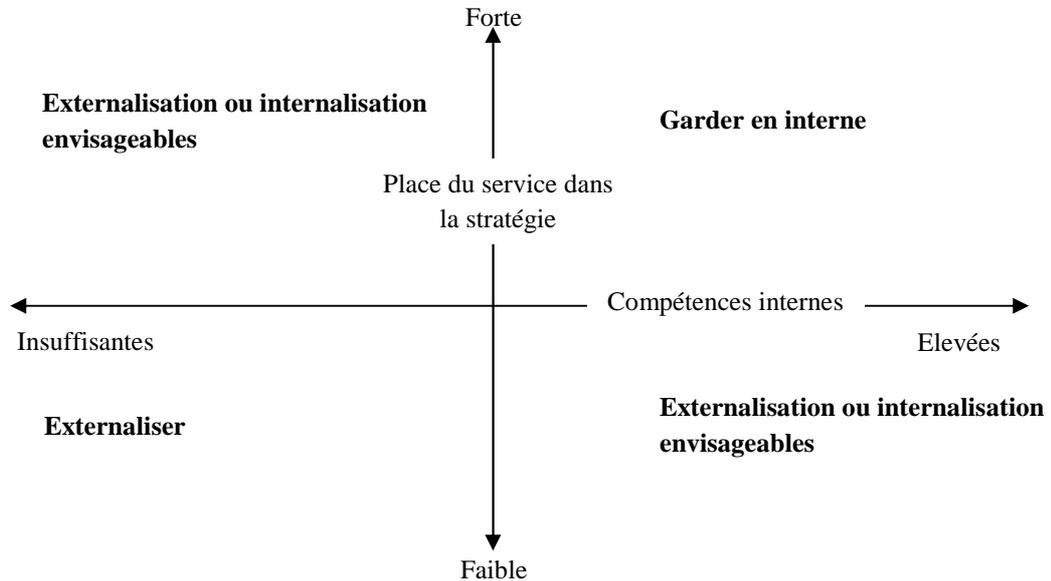
Le tableau 1 résume les principaux travaux relevant de l'approche basée sur les coûts.

Type de l'étude	Objectif	Références
Etudes empiriques	- Définir les <u>éléments de coûts</u> qui influencent la décision de « faire » ou « faire-faire »	[Laios et Moshuris, 1997] [Perrotin et Loubere, 1996]
	- Définir les <u>critères</u> et les <u>éléments de coûts</u> qui influencent la décision de « faire » ou « faire-faire »	[Perrotin et Loubere, 1996]
Etudes formelles relevant de la TCT	Analyse des risques engendrés par le recours aux mécanismes du marché	[Coase, 1937] [Williamson, 1975] [Barreyre, 1988] [Walker et Weber, 1984] [Quin et Hilmer, 1994] [Stucky et White, 1993]

**Tableau 1.** Quelques travaux relevant de l'approche basée sur les coûts.

### b. Approche basée sur la stratégie de l'entreprise

Yzard [Yzard, 2003] a analysé l'impact de la place du service dans la stratégie sur la décision de « faire » ou « faire-faire » (cf. figure 7).



**Figure 7.** Positionnement des services dans la stratégie de l'entreprise [Yzard, 2003]

L'internalisation est à retenir si le service en question occupe une place forte dans la stratégie de l'organisation et que celle-ci dispose de compétences internes élevées pour le produire. L'externalisation est, par contre, la solution à privilégier pour les services qui occupent une place faible dans la stratégie de l'organisation et pour lesquels les compétences internes sont insuffisantes. Dans les cas intermédiaires, l'une ou l'autre des deux stratégies est à envisager.

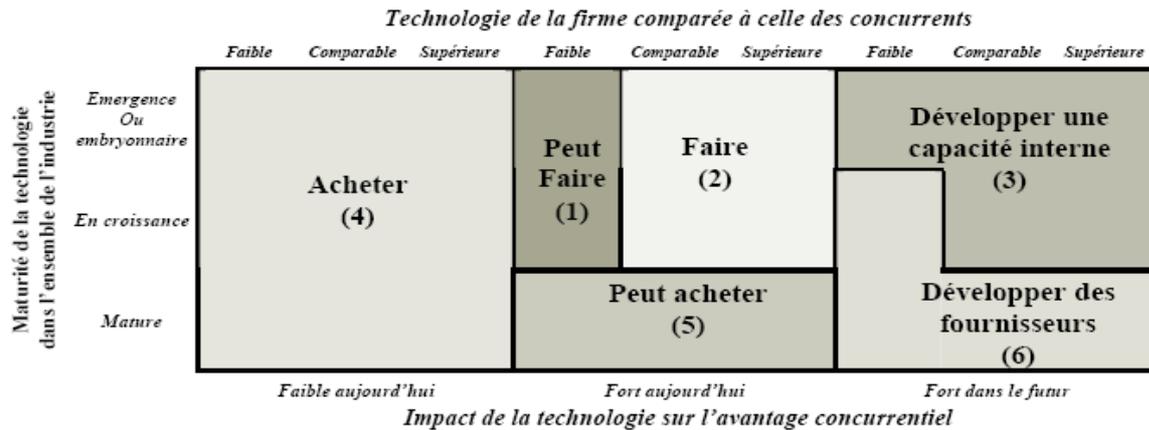
Stevens [Stevens, 1985] regroupe les situations qui peuvent entourer la décision d'internalisation ou d'externalisation dans le cas industriel en trois catégories :

- Le cas d'un nouveau produit/service utilisé pour la première fois par l'entreprise,
- Le cas d'un produit/service qu'il serait plus intéressant de réaliser en interne en totalité ou en partie,
- Le cas d'un produit/service existant fabriqué par l'entreprise et qu'il serait plus intéressant d'acheter en totalité ou en partie.

Nous trouvons des modèles plus complets de l'analyse stratégique dans King [King, 1994], Welch [Welch et al., 1992] et Poulin [Poulin et al., 1994].

King [King, 1994] a évalué les implications stratégiques de la décision de « faire » ou « faire-faire » et son impact sur le long terme.

Welch [Welch et al., 1992] propose un modèle stratégique pour la décision de « faire » ou « faire-faire ». Le Blanc [Le Blanc, 1993] a adapté ce modèle dans le cas de l'externalisation des systèmes d'information. Il a ainsi construit son modèle sur la base d'une comparaison de la technologie de la firme par rapport à ses concurrents. Ce modèle est représenté par la figure 8.



**Figure 8.** Le modèle stratégique de faire ou faire-faire [Le Blanc, 1993]

Dans les cas (1) et (2), il est préférable de développer en interne les technologies qui rapportent des avantages compétitifs mais qui ne sont pas encore matures ni aisément disponibles. Ceci empêche les concurrents de le faire et d'en bénéficier. En effet, une bonne stratégie est celle de ne pas faire-faire ces systèmes critiques car la capacité de les concevoir et de les construire constitue le noyau de leur avantage concurrentiel.

Les technologies qui promettent des avantages futurs mais qui sont encore dans un état "embryonnaire" et non disponibles ailleurs doivent être prises en considération en mettant l'accent sur la recherche et développement (cas (3)).

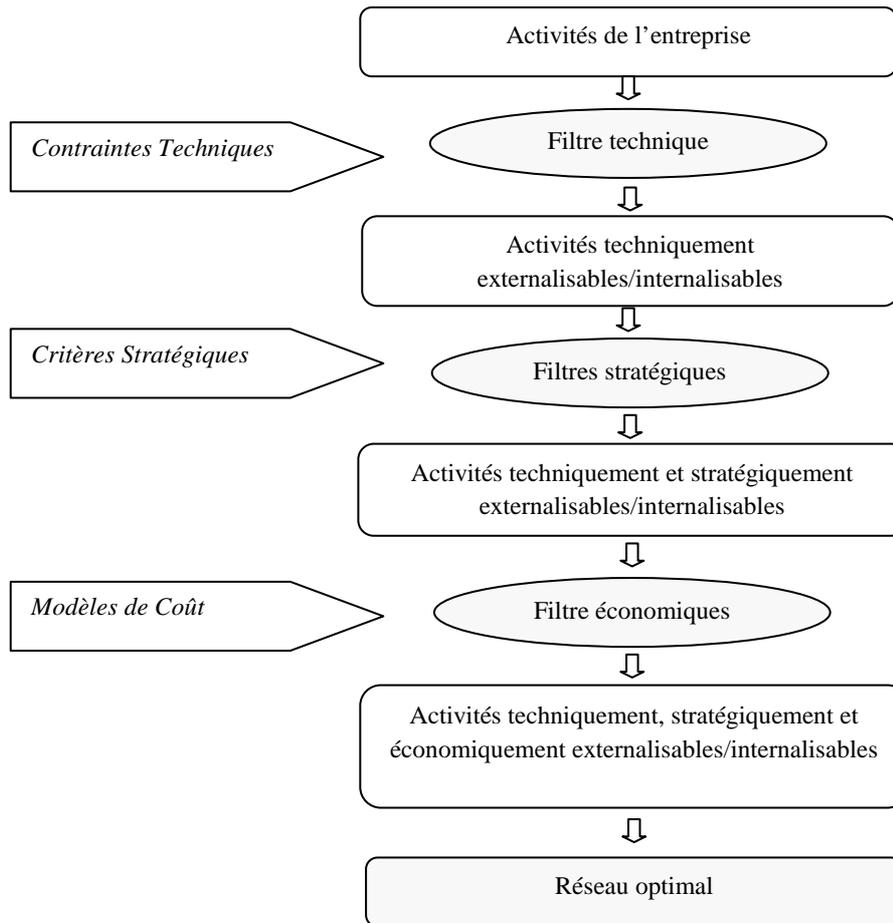
Le cas (4) est le cas où acheter est une décision prudente puisque l'avantage concurrentiel d'une technologie est bas. Ceci permet à la firme de s'organiser en concentrant ses ressources sur des activités ayant une forte valeur ajoutée. De plus, dans certains cas, l'achat permet de bénéficier de l'économie d'échelle à travers des fournisseurs spécialisés.

Dans le cas (5) l'achat représente une décision prudente puisque les technologies matures qui rapportent des avantages concurrentiels significatifs sont typiquement celles qui ont été développés dans d'autres industries. Enfin, le cas (6) est le cas où les technologies qui devront être importantes dans le futur doivent être considérées comme des candidates au rachat sur le marché, avec l'objectif supplémentaire de développer

Poulin [Poulin et al., 1994] propose une autre méthode d'évaluation d'une activité stratégiquement externalisable/internalisable. Sa méthode s'insère dans le cas d'une démarche globale d'autodiagnostic de l'entreprise. L'évaluation de l'activité s'effectue en mesurant son importance dans la création de l'avantage concurrentiel, sa performance et son potentiel d'amélioration grâce à un système de pastille.

Lakhal [Lakhal, 1998] a étudié l'externalisation des systèmes de production. Kaffel [Kaffel et al., 1999] s'est plutôt intéressé à l'étude de l'externalisation de la maintenance.

Lakhal [Lakhal, 1998] propose une analyse séquentielle pour la décision d'internalisation/externalisation d'une activité. Son modèle commence par une analyse technique du processus et débouche sur une analyse basée sur les coûts en passant par une analyse stratégique.



**Figure 9.** Modèle de Lakhal pour l'externalisation/internalisation [Lakhal, 1998]

Dans la lignée des travaux sur les solutions pour appuyer les décisions d'externalisation dans un contexte supply chain, Tsai [Tsai et *al.*, 2006] traite le cas des entreprises industrielles qui produisent des « Joint Products » (produits traités par un premier processus de fabrication commun, suivi par une série de processus différents). Confrontées à des situations où la demande du marché excède souvent la capacité de production, ces entreprises sont amenées par conséquent à évaluer les décisions possibles afin de satisfaire les demandes des clients et maximiser les profits. Le modèle « ABC joint Products Decision » développé dans ces travaux permet d'appuyer la décision du passage d'une production en interne à une production en externe, ou d'une expansion de capacités internes. Le but consiste alors à déterminer l'alternative permettant de maximiser le profit total de production.

Layek [Layek et *al.*, 2004] propose une approche visant à appuyer le choix de l'entreprise dans sa stratégie d'externalisation, selon qu'il s'agisse d'une relation à long ou à court terme avec le sous-traitant. Cette approche se base sur la mesure du « stock de sécurité » nécessaire pour l'entreprise, considéré comme indicateur de performance clé pour assurer la satisfaction client. Une estimation des coûts totaux basée sur le stock de sécurité ainsi mesuré, permet d'évaluer chacune des stratégies.

#### 2.4.2. Internalisation / externalisation dans le contexte hospitalier

Aujourd'hui, les coûts induits par les activités prises en charge par l'hôpital ont atteint des proportions importantes au point qu'il est devenu impératif de mettre en place une organisation plus efficiente et d'aller vers une gestion beaucoup plus rigoureuse des ressources dans l'objectif de maîtriser les coûts tout en veillant à l'amélioration de la qualité des soins. Les établissements

de santé s'orientent de plus en plus vers de nouvelles stratégies empruntées au mode de l'entreprise tel que l'externalisation en procédant à la sous-traitance d'un certain nombre de tâches qu'ils avaient coutume de prendre directement en charge.

Les soins hospitaliers et les services de santé exigent des mécanismes de sous-traitance très élaborés et un environnement réglementaires plus solide avant de les confier à des fournisseurs privés. Toutefois, même en pareilles circonstances, des activités auxiliaires telles que les services de gestion et de soutien non clinique peuvent souvent être dissociés et externalisés [Preker *et al.*, 2000].

Des études statistiques récentes ont démontré que les entreprises externalisent au taux de 3.6% de leur budget, les systèmes hospitaliers au taux de 5.5% de leur budget et que le taux d'externalisation a augmenté entre 2001 et 2004, de 30% dans le domaine hospitalier à comparer avec 11% pour le cas manufacturier [Velma, 2001]. D'après Shinkman [Shinkman, 2000], les services les plus externalisés dans le domaine hospitalier sont la finance (20%) et les activités de support (19%).

L'attention portée au choix d'externalisation découle généralement d'une politique de recentrage sur le cœur du métier. Toutefois, dans le contexte budgétaire toujours plus prégnant des établissements de santé, ce choix est également guidé par des impératifs économiques de redéploiement des moyens humains [Benanteur, 2004]. En effet, pour réduire ses coûts, un hôpital peut développer des coopérations à long terme, avec d'autres hôpitaux, le cas par exemple des coûts associés à la restauration ou à la blanchisserie. Toute forme de collaboration entre établissements allant de la centralisation à l'externalisation de certaines activités permet à la fois de rationaliser les dépenses, mais et surtout de garantir une meilleure qualité de prestations [Garcia, 01].

Certes, l'externalisation représente une stratégie qui permet une meilleure gestion de l'hôpital par une meilleure qualité du service rendu et aussi grâce aux économies d'échelle [Giarraputo, 1990], toutefois cette stratégie doit prendre en compte les conditions économiques (matériel, locaux, personnel, organisation) et les conditions de faisabilité (proximité, délais, organisation, logistique) [Bardet, 03].

Carter [Carter, 2002] stipule qu'un gain en coût de 10% à 20% est possible aujourd'hui au niveau de l'hôpital grâce à des nouvelles technologies telles que l'externalisation. Van de Klundert [Van de Klundert *al.*, 2006] rappelle par contre que l'externalisation permet certes de réduire les coûts et d'améliorer la qualité grâce à la spécialisation des fournisseurs externe mais risque d'affecter la disponibilité des DMS à temps.

Russel [Russel, 2003] rappelle l'importance du critère « qualité » dans le processus d'externalisation. Il présente, d'une part, la façon dont un établissement peut augmenter la qualité des prestations externes (pour les établissements qui externalisent déjà) et d'autre part, les facteurs de réussite de futures stratégies d'externalisation qui se consistent à :

1. s'assurer que l'externalisation représente la meilleure solution et bien choisir son fournisseur externe,
2. attribuer des poids aux projets à externaliser : importance de la stratégie, priorité, complexité, technologies nécessaires, localisation, taille et durée,
3. mesurer les gains potentiels si on externalise par rapport à garder le service en interne,
4. établir une liste des besoins techniques et logistiques.

Dans le contexte hospitalier, Bardet [Bardet, 2003] distinguent trois niveaux pour la décision d'externalisation ou d'internalisation.

- Le niveau social : la population exprime de plus en plus son besoin de sécurité sanitaire par rapport aux produits/services qu'elle utilise,

- Le niveau de l'hôpital : les réformes et la mise en place de contrat d'objectifs et de moyens qui définissent des restrictions en matière de qualité et de sécurité de soins,
- Le niveau industriel : les fournisseurs externes sont en obligation de résultats pour ce qui concerne le coût et la qualité du produit/service offert.

Nous précisons finalement que pour le cas des systèmes hospitaliers, en pratique, deux types de fournisseurs externes peuvent fournir un service sous-traité par l'hôpital : une entreprise industrielle ou un autre établissement hospitalier de proximité.

#### 2.4.2.1 Les approches analysant la décision d'internalisation ou d'externalisation dans le contexte hospitalier

Ellouz et Bejar [Ellouz et Bejar, 2006] proposent un modèle pour la décision d'externalisation dans le contexte hospitalier et ce, en se basant sur des outils quantitatifs et qualitatifs du management par la valeur. Les auteurs considèrent deux critères importants dans la prise de la décision d'externalisation pour le système hospitalier : le « coût de l'activité » et le « niveau de satisfaction du client (patient) ».

Les auteurs proposent une grille pour la décision externalisation ou internalisation basée sur la comparaison du niveau de satisfaction du client (Cs) avec la limite à partir de laquelle une activité est jugée suffisamment satisfaisante (Lcs), et la comparaison du coût de l'activité (Ac) avec la limite à partir de laquelle une activité est jugée coûteuse (Lac). Cette grille est représentée par la figure 10.

<b>Internalisation</b> $Cs > Lcs, Ac < Lac$ Zone A	<b>Amélioration en interne ou externalisation</b> $Cs > Lcs, Ac > Lac$ Zone B
<b>Amélioration en interne ou externalisation</b> $Cs < Lcs, Ac < Lac$ Zone C	<b>Externalisation</b> $Cs < Lcs, Ac > Lac$ Zone D

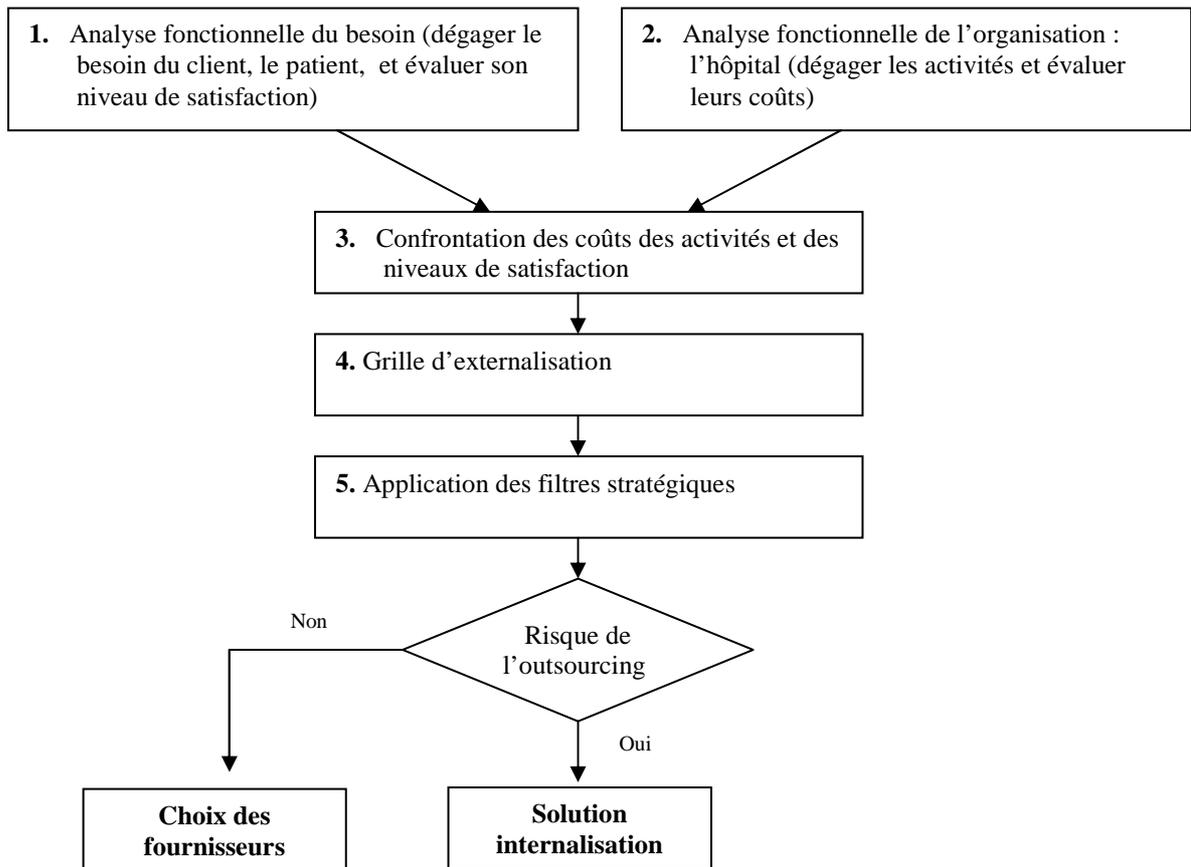
**Figure 10.** Grille d'externalisation [Ellouz et Bejar, 2006]

La zone A représente la zone où le client est suffisamment satisfait par le niveau de service et où l'ensemble des activités de ce service sont à coût maîtrisé. Dans ce cas la meilleure stratégie pour l'établissement hospitalier est de garder ses activités en interne.

La zone D, à l'opposé de la zone A, est celle où le niveau de service est bas et les coûts sont élevés. Ici l'externalisation représente la meilleure stratégie.

La zone B regroupe les activités satisfaisantes mais coûteuses et la zone C correspond aux activités qui ne sont pas coûteuses et qui ne répondent pas au niveau de satisfaction requis. Pour ces activités les auteurs proposent de les améliorer en interne (au niveau de l'établissement) ou de les externaliser.

La figure 11 représente le modèle d'externalisation proposée par Ellouz et Bejar.



**Figure 11.** Stratégie d'externalisation [Ellouz et Bejar, 2006]

Preker [Preker et *al.*, 2000] propose un cadre conceptuel visant à aider les managers à parvenir à des décisions plus rationnelles en matière de sous-traitance pour ce qui est de la production de services de santé. L'auteur propose une grille pour la décision d'internalisation (make) ou d'externalisation (buy) basée sur les notions de « contestabilité » et de « mesurabilité ». Un marché est considéré comme contestable si une entreprise peut choisir de faire partie de ce marché ou de le quitter sans résistance d'autres entreprises et sans perdre d'investissements. La mesurabilité par contre désigne la précision avec laquelle les inputs d'un processus et les outputs d'un service donné peuvent être mesurés. Selon l'auteur, avant toute opération d'externalisation, il faut procéder à une règle de priorité pour choisir quelles activités externaliser en premier et décider des fournisseurs externes à contracter ainsi que de la façon dont sera établi le contrat de sous-traitance.

#### **2.4.2.2 Externalisation des activités logistiques**

Les fonctions logistiques étant pour la plupart des fonctions à rendements d'échelle croissants, l'accroissement de la productivité généré par l'accroissement de la taille s'avère plus que proportionnel.

Dans le contexte actuel de réforme hospitalière, la logistique représente un fabuleux levier de changement pour le secteur hospitalier. De plus en plus les établissements de santé se demandent si les méthodes logistiques utilisées dans le monde de l'industrie ne pourraient pas s'appliquer à l'hôpital. Un certain nombre d'exemples montrent que ces concepts peuvent être adaptés au milieu hospitalier mais cette tendance reste peu étudiée aujourd'hui. En effet, confrontés à l'obligation de baisser leurs coûts, les établissements de santé sont amenés à s'interroger, comme le font aujourd'hui les entreprises à partir d'une certaine taille et d'un certain niveau de technicité, sur le partage entre leur « cœur de métier » sur lequel se recentrer et les tâches « annexe » externalisables [Jounin et Wolff, 2006].

Le recours à la sous-traitance de fonctions logistiques en milieu hospitalier constitue une décision de portée stratégique dont les enjeux et les paramètres doivent être soigneusement étudiés, notamment en raison de la nature peu réversible du choix de l'externalisation. En effet, toute décision de sous-traitance devra se fonder sur l'analyse (1) du risque social, (2) de la proximité de la prestation par rapport au malade, (3) de la compétitivité interne existante et potentielle, (4) de l'analyse concurrentielle des prestataires privés, (5) de la capacité de contrôle de la qualité des prestations concédées et (6) de la capacité de mesure de rétorsions financière en cas de non respect des obligations contractuelles [Benanteur, 2004].

D'après les résultats d'une enquête établie par Marriott [Marriott et *al.*, 1998] visant à évaluer l'externalisation dans les établissements de santé en France, la plupart des établissements ont d'ores et déjà externalisé leurs services de restauration (préparation hors site ou gestion des cuisines dans les enceintes de l'établissement par une entreprise extérieure). Les services de sécurité sont externalisés dans 50% des cas, les services de lingerie dans 100% des cas, les services d'entretien dans 70% des cas et les services informatiques sont externalisés de plus en plus souvent.

Clot [Clot, 1998] et Molinier [Molinier, 2000] notent également que la restauration, le nettoyage, la blanchisserie, la maintenance, et même la stérilisation et une partie de la logistique sont déjà externalisés.

Breen [Breen, 2004] définit le rôle d'un fournisseur externe dans la chaîne d'approvisionnement pharmaceutique au sein d'un établissement hospitalier et montre que faire appel à un fournisseur externe pour la gestion des approvisionnements au sein d'une pharmacie hospitalière est une alternative faisable à condition de garantir le niveau de qualité et la maîtrise des coûts. L'auteur signale également l'intérêt de centraliser les activités pharmaceutiques au niveau d'une pharmacie centrale (régionale) qui desservira l'ensemble des hôpitaux d'une région donnée.

Marriott [Marriott et *al.*, 1998] s'intéresse à la gestion des approvisionnements des produits pharmaceutiques et consommables médicaux (stériles ou non stériles) dans les établissements hospitaliers et évoque l'étendue de l'externalisation des services hospitaliers. L'auteur présente les avantages et les inconvénients de l'externalisation dans le domaine hospitalier sur quatre niveaux: politique, social, économique et technologique.

Le tableau 2 reporte les avantages et les inconvénients de l'externalisation hospitalière tels que cités par Marriott.

Benanteur [Benanteur, 2004] définit les options « faire » et « faire-faire » comme suit :

- Faire : la régie qui correspond à un mode de gestion internalisé des fonctions logistiques par les établissements hospitaliers.
- Faire-faire : la sous-traitance de compétence. Il y a deux grandes catégories de sous-traitance que sont la sous-traitance de capacité qui remplit un rôle de délestage pour absorber un surcroît saisonnier ou passager de l'activité, et la sous-traitance du savoir faire ou de compétence qui vise à confier à un prestataire extérieur une spécialité ou une fonction. Ainsi, l'hôpital a recourt essentiellement à la sous-traitance de compétence et concède à des spécialités du secteur privé des fonctions complètes : restauration, blanchisserie, nettoyage, etc.

Benanteur présente un ensemble de préalables à toute opération d'externalisation complète :

#### *1. Au niveau de la relation commerciale*

- N'externaliser que ce que l'on sait contrôler,
- Procéder à une comparaison des coûts complets, des coûts induits et des coûts cachés,
- Définir de façon précise et exhaustive les prestations attendues et les niveaux de services connexes,
- Mettre en œuvre des appels d'offre sur performance,

- Rédiger des cahiers de charges intégrant des outils de sanctions pécuniaires immédiates en cas de non respect des obligations contractuelles.

2. Au niveau de la gestion interne

- Gestion et suivi personnalisés des agents redéployés,
- Engagement de la compagne de communication interne le plus en amont possible de la décision d’externalisation,
- Recentrage des missions du directeur, du cadre ou de l’équipe en charge du contrôle de la prestation externalisée.

	Avantages	Inconvénients
Politique	L’accréditation et les procédures de qualité nécessitent le recours à la logistique. La politique sur la stérilisation influence les approvisionnements en matériel médical.	Lois complexes et contraignantes.
Social		Multitude d’acteurs impliqués dans la prise de décision. Personnel non facilement redéployable.
Economique	Les établissements privés et les forces du marché. La législation entraîne plus de travail administratif. Les économies d’échelle en centralisant les stocks. La tendance vers les produits à usage unique. Les restrictions budgétaires obligent une prise en compte de la logistique.	TVA non récupérable.
Technologique	Externaliser la non-qualité. Le coût de la stérilisation. La traçabilité des actes. Le développement des systèmes d’information. L’évaluation des coûts.	

**Tableau 2.** Les forces et les freins de l’externalisation des activités hospitalières [Marriott et *al.*, 1998]

Aptel et Pourjalali [Aptel et Pourjalali, 2001] comparent les activités logistiques au niveau des hôpitaux français et américains. Ils distinguent entre les activités à forte valeur ajoutée et les activités à faible valeur ajoutée. Pour ces dernières (restauration, linge, gestion des stocks, etc.), les externaliser à travers des partenariats stratégiques entre l’hôpital et ses fournisseurs ou entre hôpitaux permettra d’atteindre des économies d’échelle et de libérer des ressources considérées parfois comme rares. En effet, les coûts peuvent être réduits si les activités au sein d’un établissement de soins sont bien évaluées et les activités à faible valeur ajoutée sont éliminées ou minimisées.

Young [Young, 2003] énumère les activités externalisables pour le cas d’un hôpital rural : le gardiennage, la blanchisserie, le nettoyage, l’imagerie médicale (la radiologie), la pharmacie, la radiologie, etc. et évalue la possibilité d’externalisation de chacune de ces activités en s’inspirant de la théorie des coûts de transaction de Williamson. Ainsi, le choix entre faire ou faire-faire est basé sur les variables suivantes: la fréquence d’échange, la spécificité des actifs, l’opportuniste et l’incertitude de l’environnement.

D’après Verdal et Rosen [Verdal et Rosen, 2001] L’externalisation de la gestion des stocks dans le secteur hospitalier découle des pratiques courantes et est justifiée par trois raisons :

1. les investissements sur les stocks représentent entre 10% et 18% des revenus totaux d’un hôpital. Minimiser les coûts de ces stocks permettra donc d’améliorer le profit,

2. les fournisseurs dans le secteur hospitalier s'intéressent à la qualité du service rendu au niveau de l'hôpital aussi bien qu'à l'extérieur de celui-ci [Li et Benton, 1996]. L'externalisation permettra ainsi d'améliorer les performances internes de l'hôpital [Jarett, 1998],
3. le nombre des fournisseurs externes qui offrent la prestation de gestion des stocks a considérablement augmenté.

Nicholson [Nicholson et *al.*, 2002] aborde le problème de l'externalisation de la gestion des stocks dans le cas d'un établissement des soins en considérant deux scénarios :

1. Scénario internalisation : le cas d'un circuit de distribution à trois échelons : fournisseurs externes, entrepôt central et entrepôt au niveau de l'hôpital pour desservir les différents services. Dans ce cas, chaque hôpital approvisionne uniquement ses propres départements (pas d'échange entre hôpitaux)
2. Scénario externalisation : le cas d'un circuit à deux échelons: un partenariat avec un distributeur externe contribue à une restructuration du réseau de distribution en consolidant l'entrepôt central et le magasin central de l'hôpital en un seul service central, ce nouveau service approvisionne directement les unités de soins et départements de l'hôpital.

L'objectif du travail de Nicholson [Nicholson et *al.*, 2002] étant de : (1) développer une méthodologie à travers laquelle il serait possible d'évaluer le stock des dispositifs non critiques dans chaque scénario et (2) utilisant les modèles proposés, il s'agit d'estimer les gains potentiels et l'impact sur le niveau du service résultant du passage d'un réseau de distribution à trois échelons (internalisation) à un réseau à deux échelons (externalisation). Les auteurs formulent le problème sous forme de programmes mathématiques mono-période, mono-produit. Cette étude met en relief l'intérêt de l'externalisation de la distribution d'un point de vue coût de stockage aussi bien que qualité de service.

En se basant sur un Benchmarking sur l'externalisation au niveau du contexte hospitalier, Baba [Baba, 2002] développe un cadre conceptuel pour l'externalisation des fonctions logistiques et de gestion qui répond au besoin de l'utilisateur. L'auteur identifie les éléments d'un contrat de privatisation des services de support de l'hôpital. Baba classe les travaux qui ont abordé la question d'externalisation selon l'aspect étudié. Le tableau 3 reproduit la classification obtenue.

Aspect étudié	Auteur
<b>Les pratiques de l'outsourcing</b>	
Externalisation des services	[Ekern, 1997], [Wetz, 1997], [Chandra, 1999]
Degré d'externalisation	[Gribenas, 1997], [Buttleman, 1998]
Pratiques actuelles de l'externalisation	[Woolcock, 1998], [Yiannakas, 2000]
Conduite d'un processus d'externalisation	[Mc Iover, 1999]
Impact de l'outsourcing sur la culture de l'entreprise	[Crane, 2000], [Marshall, 2001]
<b>Décision d'externalisation</b>	
Aide à la décision en externalisation	[Goldstein, 1993], [Wetz, 1997], [Ekern, 1997]
Les facteurs déterminants de la décision d'externalisation	[Gilley, 1997], [Pack, 1999], [Gonzales, 2001]
Raison de l'externalisation	[Gribenas, 1997], [Buttleman, 1998]
<b>Facteur de succès de l'externalisation</b>	
Conditions de succès	[Ekern, 1997], [Pichaud, 2001], [Dehoog, 1984]
Facteurs de succès de l'externalisation des SIH	[Gilley, 1997]
Mesure de performance	[Mc Iover, 1999]
Relations de collaboration et réduction du risque	[Goles, 2001], [Goo, 2003]
Relation client-fournisseur	[Chung, 1996]

**Tableau 3.** Les aspects étudiés de l'externalisation des activités hospitalières

### 2.4.2.3 Externalisation des systèmes d'information

Les activités logistiques sont les plus externalisées aujourd'hui au niveau de l'hôpital. Toutefois, pour réduire les coûts et augmenter la productivité, cette stratégie commence à se développer pour d'autres secteurs tels que les systèmes d'information [Yang et Huang, 2000].

Les décisions d'externalisation des SIH sont importantes parce qu'elles induisent des incidences organisationnelles et institutionnelles significatives [Alinkemer et *al.*, 1994], [Ketler et Walstrom, 1993].

Lorence et Spink [Lorence et Spink, 2004] s'intéressent au problème d'externalisation des SIH. Ils proposent d'évaluer le niveau d'externalisation des SIH aux Etats-Unis à travers l'identification (1) des fonctions de ce système les plus aptes à être externalisées, (2) du niveau de satisfaction vis-à-vis de la performance des SIH, (3) des facteurs influençant la décision d'externalisation des SIH, (4) de la façon dont le niveau d'informatisation des dossiers patients peut affecter la décision d'externalisation des SIH et (5) des différences régionales au niveau des stratégies d'externalisation. Les auteurs identifient les facteurs qui influencent la décision d'externalisation des SIH à savoir l'amélioration du niveau du service rendu au patient (35.5%), les gains en coûts (22.3%), les réglementations en vigueur (9.7%), la concurrence (6.6%), la disponibilité du personnel formé (5%), etc.

D'autres études se sont intéressées à l'externalisation des SIH. Ngwenyama et Bryson [Ngwenyama et Bryson, 1999], par exemple, ont identifiés les principaux aspects de la stratégie d'externalisation des SIH. Yang et Huang [Yang et Huang, 2000] proposent une revue des pratiques et des recherches relatives à l'externalisation des SIH. Pinnington et Woolcock [Pinnington et Woolcock, 1997] pensent, toutefois, que la majorité des études sur l'externalisation des SIH se sont intéressées essentiellement à l'aspect client sans trop s'attarder sur le rôle des vendeurs externes.

### 2.4.2.4 Externalisation de la stérilisation

Depuis plusieurs années, la stérilisation des dispositifs médicaux à l'hôpital fait l'objet de normes et de réglementations françaises et européennes de plus en plus rigoureuses et contraignantes, nécessitant des investissements importants.

Le manque de flexibilité des structures de soins et leur faible marge de manœuvre en termes d'investissement poussent ainsi les directions hospitalières à envisager la sous-traitance de l'activité de stérilisation.

Au départ, l'externalisation de la stérilisation était impensable car la stérilisation représentait une activité, certes de support, mais jugée bien trop cruciale pour être confiée à un tiers. Elle assure une fonction critique ; si elle n'est pas bien assurée il y a un fort risque de contamination pour le patient. Mais compte tenu de l'évolution des techniques de stérilisation, cette fonction est devenue très spécifique et doit répondre à des normes de qualité, des lois et des référentiels professionnels contraignants ; ainsi il est devenu envisageable pour l'hôpital de se décharger de cette activité en ayant recours à l'option d'externalisation. L'objectif étant de réserver les capacités d'investissement au domaine des soins et de renforcer le personnel soignant afin d'offrir de meilleurs services aux patients.

Deux solutions s'offrent à cette prestation : la sous-traitance auprès d'un industriel, encore peu développée comme solution ou la sous-traitance auprès d'un établissement hospitalier. De plus, un établissement de santé peut opter pour une externalisation partielle ou totale de son service de stérilisation. Plusieurs situations peuvent être envisagées dans le cas de sous-traitance partielle ou totale :

- sous-traitance de dépannage : en cas de panne temporaire des équipements nécessaires à la bonne réalisation des opérations de stérilisation, en cas de remise en état des locaux, de

révision ou de changement d'appareils, ou dans le cas extrême d'une suspension d'activité consécutive à une inspection demandant une remise en conformité,

- sous-traitance de complément : en cas de saturation des capacités du service de stérilisation (équipements peu nombreux ou, pas assez performants, locaux enclavés trop petits) ; ou en cas de technique non développée par l'établissement (stérilisation par les rayonnements),
- sous-traitance de substitution : pour des établissements ayant trop peu de besoins, la création d'une stérilisation centralisée engagerait trop d'investissements [Bardet, 2003].

Les motivations de l'externalisation de la stérilisation sont de trois types :

1. réglementaires : le contexte actuel est de plus en plus contraint,
2. stratégiques : l'externalisation permet de se recentrer sur le cœur du métier et de transférer les risques,
3. économiques : à travers une meilleure maîtrise des dépenses et grâce aux économies d'échelle.

Une revue de la littérature des travaux qui ont abordé la question d'internalisation ou d'externalisation du service de stérilisation au sein d'un établissement de soins nous a permis de distinguer essentiellement deux approches: l'approche « des pharmaciens » qui s'est intéressée à l'étude du service de stérilisation de point de vue qualité (description des pratiques) et l'approche « des gestionnaires » qui consiste essentiellement en des évaluations économiques du coût de la stérilisation en interne.

#### *a. Approches basées sur des études qualitatives*

Aujourd'hui, le marché des services pour les établissements de soins évolue. La valeur ajoutée des offres de services réside dans la mise à disposition d'équipements dont les établissements hospitaliers ne disposent pas en interne et auxquels ils pourraient difficilement accéder seuls vu leurs coûts élevés. Désormais, l'offre des prestataires porte de plus en plus sur des activités hautement spécialisées. C'est le cas par exemple de la stérilisation dont l'externalisation était impensable au début car elle représentait une activité au cœur du soin jugée comme trop cruciale pour être confiée à un tiers. Toutefois, compte tenu de l'éloignement des structures, du cloisonnement des personnes, de la complexité croissante de l'instrumentation et de la progression normative en matière de stérilité, cette fonction est devenue très spécifique et doit répondre à des normes de qualité, des lois et des référentiels professionnels contraignants [Levrat, 03].

Le traitement des dispositifs médicaux s'inscrit selon Thorin [Thorin, 2003] quelque part entre deux pôles diamétralement opposés : *l'externalisation* (outsourcing) de l'ensemble du processus auprès d'une entreprise privée ou d'un établissement hospitalier, ou *l'internalisation* dans l'enceinte du bloc opératoire. Dans un cas comme dans un autre, il est question de la maîtrise d'un processus de plus en plus complexe, du moins sur le plan normatif.

La sous-traitance de la stérilisation des dispositifs médicaux se traduit par une amélioration de la qualité à condition que le projet soit bien structuré et qu'il soit mis en place un suivi de la prestation par des audits réguliers du sous-traitant par le donneur d'ordre. Lorsque la décision d'externalisation est prise au sein d'un établissement, différents critères peuvent être pris en compte pour le choix du prestataire. La proximité des deux partenaires est un élément très important. L'identité culturelle qui existe lors de la coopération entre établissements favorise la flexibilité de l'organisation par une meilleure compréhension des contraintes hospitalières.

Saizy-Callaert [Saizy-Callaert et al., 2002] relate l'expérience de deux établissements hospitaliers publics qui ont mis en place une sous-traitance de leur stérilisation et expose notamment les termes de la convention de cette collaboration. L'auteur rappelle le contexte juridique à travers les principaux textes réglementaires qui régissent l'activité de stérilisation.

Bardet [Bardet, 03] évoque les conditions de mise en œuvre d'un secteur de stérilisation externe à l'hôpital. Il étudie les avantages et les inconvénients d'une telle configuration et signale les étapes de mise en place d'une solution d'externalisation. D'après l'auteur, l'établissement bénéficiaire doit, dans un premier temps, faire le bilan de son activité de stérilisation et établir la liste des DM à stériliser. L'hôpital effectue ensuite des études de faisabilité qui ont pour but de définir l'organisation à mettre en place et d'évaluer les coûts.

Face à l'externalisation de la stérilisation, un certain nombre de points émergent en matière de qualité, de coût et de délais. D'après Bardet, l'externalisation de la stérilisation des dispositifs médicaux se confronte aux difficultés suivantes :

- Le niveau qualité exigé par les normes nécessite un investissement lourd en matériel et en locaux qui ne peut s'envisager que si l'activité est pérenne. Par ailleurs, la mise en place d'un système qualité doit garantir toute la chaîne de production des DM, d'autant plus lorsque les activités qui la composent sont partagées entre plusieurs établissements.
- Les notions de coût sont importantes pour faire le choix de la solution. Toutefois, il est souvent difficile d'évaluer ces coûts et d'effectuer des comparaisons. D'une part, la répartition sur plusieurs lignes budgétaires et l'absence quasiment de système de comptabilité analytique dans les établissements de santé ne facilitent pas le chiffrage de l'organisation existante. D'autre part, il convient de comparer le coût de sous-traitance avec le coût de la stérilisation dans des conditions adéquates par rapport aux exigences réglementaires.
- Le délai de mise à disposition des dispositifs médicaux varie en fonction de la proximité des établissements. Cette notion de proximité influe aussi sur les coûts de transport et sur le problème de traitement des urgences.

Le choix des solutions tiendra compte, bien évidemment, des possibilités géographiques et des contraintes réglementaires.

Par ailleurs, la proposition d'un guide pour l'externalisation de l'activité de stérilisation a été élaborée par Levrat [Levrat, 03]. Ce guide a été développé suite à une expérience de sous-traitance effectuée par une société industrielle prestataire du service dans l'objectif de permettre aux futurs établissements une transition plus facile entre les deux modes de fonctionnement : stérilisation en interne et stérilisation en externe. Ce guide présente le cadre réglementaire et législatif français auquel est soumise la stérilisation hospitalière. Il introduit les différentes formes de sous-traitance en stérilisation et résume les étapes que suit un projet d'externalisation du secteur de stérilisation au sein d'un établissement hospitalier.

Alméras [Alméras et *al.*, 2006] traite le cas d'une sous-traitance de dépannage dans le cas de l'hôpital des armées Percy. Il présente (1) les étapes de préparation d'une sous-traitance de l'activité de stérilisation (évaluation du besoin, recherche d'un sous-traitant, planification des livraisons, etc.), et (2) la phase de mise en place de cette solution, la durée de la sous-traitance, le délai de retour des DMS, la qualité du sous-traitant et sa disponibilité pratique à effectuer la prestation demandée.

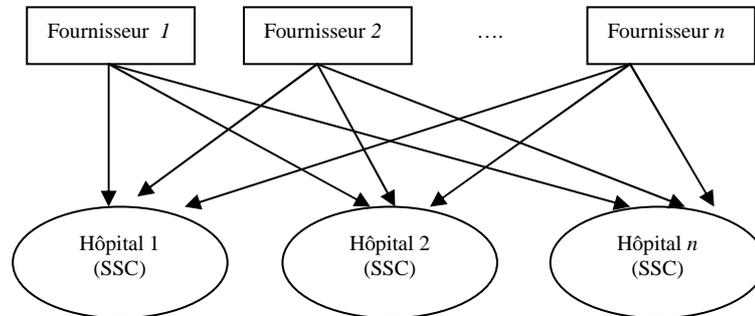
Benoit [Benoit et *al.*, 2005] propose une démarche qui s'inscrit dans le but de gérer au mieux les moyens humains et matériels mis à disposition par un établissement hospitalier au niveau de son service de stérilisation et qui s'achemine vers l'externalisation de la stérilisation à travers la mutualisation de deux services de stérilisation sur un seul site et l'harmonisation des pratiques entre deux établissements.

D'autres travaux se sont intéressés à l'étude d'autres aspects au niveau d'un service de stérilisation central.

Chunning et Kumar [Chunning et Kumar, 2000] adoptent la méthode du JIT (Just in time) pour réduire les coûts relatifs à la logistique au niveau de la distribution des dispositifs médicaux au

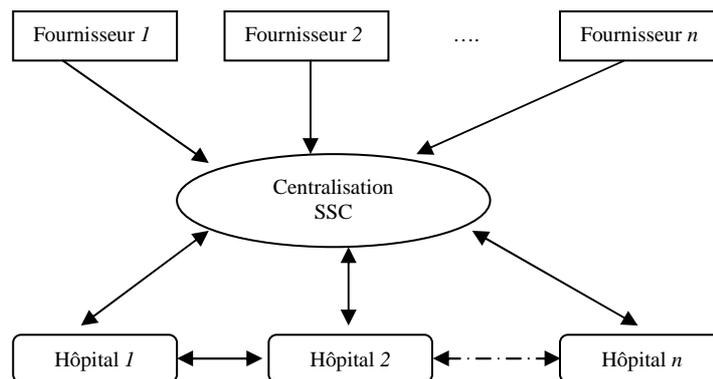
sein de l'hôpital. Les auteurs comparent deux systèmes de distribution des instruments stériles depuis le Service de Stérilisation Centrale (SSC) jusqu'aux différents hôpitaux.

La figure 12 représente le cas d'une chaîne d'approvisionnement simplifiée où les fournisseurs livrent de façon indépendante et directement les différents DSC au niveau des établissements de santé. Aucune relation n'existe dans ce cas entre les fournisseurs externes des services de stérilisation.



**Figure 12.** Systèmes décentralisé de livraison des DM

Se basant sur le principe du JIT, les auteurs proposent une deuxième organisation des services de stérilisation en les centralisant au niveau d'un seul et unique DSC. Cette organisation est représentée par la figure 13.



**Figure 13.** Systèmes centralisé de livraison des DM

Dans ce dernier cas de figure, les hôpitaux fonctionnent en réseau et de façon dépendante. En effet, si l'un des établissements du réseau tombe en rupture de DMS, un autre hôpital peut l'approvisionner en attendant qu'un approvisionnement depuis les fournisseurs externes ait lieu le jour suivant. Cette nouvelle organisation permettra de réduire les coûts de stockage sans affecter la sécurité des patients. Ceci permettra aussi de réduire le besoin en espace et en personnel [Laudon, 1998].

Friedman [Friedman, 1990] s'intéresse au cas d'un service de stérilisation central situé à l'intérieur de l'hôpital et rappelle l'importance de la relation entre ce service et le bloc opératoire, son principal client. Cette relation doit se construire autour de quatre facteurs, à savoir la communication, la crédibilité, la considération et la cohérence. Les fonctionnements du bloc opératoire et du service de stérilisation étant dépendants l'un de l'autre, et à effet direct sur le patient, une relation de compatibilité entre ces deux entités de l'hôpital doit se fonder, selon Gallousis [Gallousis, 1990], sur la coopération, la collaboration et la fluidité.

Bernard et Lacroix [Bernard et Lacroix, 2001] proposent une approche pour la restructuration d'un service de stérilisation dans le cadre d'une mise en conformité de ce service par le biais d'une centralisation des moyens de lavages des instruments au niveau d'une stérilisation centrale.

Cette démarche consiste en trois étapes : (1) l'étude de l'existant, (2) la mise en place de la méthodologie d'Analyse Préliminaire des Risques basée sur la méthode 6M pour déceler les défaillances de ce système, et (3) la construction du projet de restructuration autour des paramètres qui doivent obéir à des règles spécifiques pour un service de stérilisation (architecture, équipements, traçabilité, logistique, personnel, etc.).

L'optimisation de la logistique au niveau du service stérilisation n'a pas été largement étudiée dans la littérature. Un premier travail par Fineman et Kapadia [Fineman et Kapadia, 1976] s'est intéressée à la gestion des stocks des DMS en supposant une demande constante. Les auteurs considèrent deux types de stock : le stock d'utilisation et le stock de remplacement. Van de Klundert explique la rareté des travaux qui ont abordé l'optimisation de la logistique au niveau du service stérilisation par le fait que peu d'intérêt a été accordé jusqu'à là à l'optimisation des coûts des services considérés comme secondaires au niveau de l'hôpital (la stérilisation par exemple a toujours été considérée une activité de support).

Dans le contexte américain, une nouvelle stratégie est utilisée aujourd'hui par les établissements de santé. Cette stratégie consiste à réutiliser les dispositifs médicaux stériles à usage unique. En effet, face à l'augmentation, d'une part, du volume des DMS à usage unique et à la complexité de ceux-ci d'une autre part, les hospitaliers font appel aujourd'hui à des entreprises externes pour restériliser ces dispositifs [Sloan, 2007].

Etant donnée les coûts de ces DMS, leurs probabilités de défaillances et les coûts qu'induisent ces défaillances, Sloan propose une politique d'utilisation/réutilisation des DMS à usage unique pour aider les hospitaliers à décider de la réutilisation ou pas des DMS à usage unique. L'auteur fait référence aux problèmes de défaillance machines. Il propose un modèle de décision Markovien et effectue des analyses de sensibilité pour évaluer l'impact de certains paramètres sur la décision prise :

- *sensibilité au paramètre coût de l'instrument* : quel doit être le coût de réutilisation minimale d'un DMS pour que ça soit plus rentable à utiliser ?
- *sensibilité au paramètre probabilité de défaillance* : il s'agit ici de répondre à la question jusqu'à quelle limite de défaillance, serait-il plus préférable d'utiliser un nouveau DMS ?
- *sensibilité au paramètre coût de pénalité due aux défaillances* : il s'agit de répondre à la question jusqu'à quelle limite ces coûts peuvent augmenter pour que ça soit plus opportun d'utiliser un nouveau DMS que restériliser un de déjà utilisé.

D'autres travaux se sont intéressés à ce problème de point de vue :

- Philosophique : aspect légal et économique de la restérilisation, [Gottfried, 2000], [Dunn, 2002], [Tapp, 2003], [Waller, 2004].
- Administratif : aspect légal, logistique et gain économique liés à la réutilisation des DMS à usage unique [Spencer et al., 2002], [Wang, 2001], [Abreu et al., 2002], [Haley, 2004], [Adler et al., 2005], [Bourguignon et al., 2003], [Prat et al., 2004].
- Technique : évaluation de la sécurité et l'efficacité de l'utilisation des DMS à usage unique restérilisés [Colak et al., 2004], [Ishino et al., 2005].

### ***b. Approches basées sur des analyses de coût***

Nous retrouvons ici les travaux qui abordent la question d'externalisation d'un point de vue analyse des coûts.

Chenailler [Chenailler et al., 2006] rappelle qu'il est légitime d'évaluer l'intérêt économique d'une sous-traitance avant de la mettre en place. Il conduit une étude basée sur les coûts dont l'objectif est d'évaluer l'éventuel intérêt économique du passage à la sous-traitance dans le cadre d'une externalisation de la stérilisation centrale du Centre Hospitalier d'Argenteuil. Son travail consiste à estimer le coût interne au niveau de la stérilisation centrale en considérant quatre

groupes de charges (les charges d'exploitation relatives au personnel, les charges d'exploitation à caractère médicale, les charges d'exploitation à caractère hôtelier et les amortissements et charges exceptionnelles). Il calcule ainsi le coût de revient d'une charge stérilisée et le coût au m<sup>3</sup> qu'il compare par rapport aux offres de prix des prestataires externes. D'après l'auteur, l'externalisation de la stérilisation vers des structures de type industriel n'est en fait qu'une solution parmi beaucoup d'autres. Ainsi les diverses mutualisations entre établissements au travers des regroupements de ressources peuvent représenter elles aussi des solutions.

Giarraputo [Giarraputo, 1990], a comparé la stérilisation interne par rapport à la solution externalisée tout en évaluant les coûts de ces deux options. Ses travaux ont fait l'objet d'une application sur le cas du « Flushing Hospital Medical Center ». En considérant des contraintes spécifiques à l'activité de stérilisation, l'auteur conclut que l'externalisation de cette activité représente, pour son cas d'étude, le meilleur choix en termes de coût. En effet, l'externalisation de cette activité permet une meilleure gestion de l'hôpital par une meilleure qualité du service rendu et aussi grâce aux économies d'échelle.

Carbonnel [Carbonnel et al., 2005] a appliqué la méthode ABC (*Activity Based Costing*) à la stérilisation du centre hospitalier de Versailles pour calculer le coût par unité de conditionnement.

Prat [Prat et al., 2004] a évalué la faisabilité et la sûreté liées à la réutilisation des DMS à usage unique à travers des analyses des coûts de trois stratégies différentes : (1) la restérilisation des DMS à usage unique en interne (au niveau de l'hôpital), (2) l'externalisation de la restérilisation des DMS à usage unique, et (3) l'utilisation une seule fois des DMS à usage unique. Ces analyses montrent l'intérêt de la première alternative par rapport à la deuxième et surtout par rapport à la troisième.

Dans une étude antérieure, nous avons étudié le choix entre centralisation ou décentralisation du secteur de stérilisation au sein de l'hôpital. Nous avons utilisé la programmation mathématique comme outil pour modéliser ce problème et nous avons proposé une approche itérative à deux phases pour le résoudre. La première phase consiste à trouver la meilleure configuration entre centralisation (secteur de stérilisation central unique desservant tous les services de l'hôpital ou secteur de stérilisation par sous-groupe de service) ou décentralisation (secteur de stérilisation pour chaque service) tandis que la deuxième phase vise à trouver le meilleur dimensionnement de la configuration optimale retenu par la première phase. L'approche est réitérée jusqu'à convergence. Nous avons ensuite appliqué cette approche sur un exemple pseudo-réel en s'inspirant d'un cas d'étude réel et effectué des analyses de sensibilité pour tester la robustesse de la solution optimale [Tlahig et al., 2006].

### ***c. Dimensionnement et gestion des stocks des produits stériles***

Dans la littérature, d'autres travaux se sont intéressés à l'étude et à l'amélioration de l'organisation interne du service de stérilisation hospitalière. En effet, en plus des études qualitatives et des évaluations économiques de la prestation de stérilisation, nous retrouvons par exemple les travaux qui portent sur le dimensionnement et la gestion des produits stériles.

Raymondon et Marcon [Raymondon et Marcon, 2005] se proposent de trouver la meilleure composition des boîtes des DMS en considérant les deux solutions diamétralement opposées: « une boîte par intervention » et « une boîte par instrument ». Les auteurs considèrent aussi l'alternative de la composition mixte des boîtes. L'objectif étant de minimiser le coût total du système composé du coût de fonctionnement et du coût de stockage. Les auteurs classent ce problème dans la catégorie des problèmes NP-difficiles. En effet, la difficulté découle de l'explosion combinatoire du nombre de solutions qui est due au grand nombre d'instruments, au nombre d'interventions et à la fréquence d'utilisation de ces instruments. La méthode de résolution utilisée est basée sur la méthode du recuit simulé. Dans Raymondon [Raymondon et al., 2007], l'auteur utilise la formulation mathématique pour résoudre le problème d'optimisation de la composition des boîtes au niveau du service de stérilisation hospitalière.

Di Mascolo [Di Mascolo et *al.*, 2006] propose un modèle de simulation dans l'objectif d'étudier l'influence du paramètre « arrivé des dispositifs médicaux » au service de stérilisation sur la performance de ce service (la performance étant mesurée en temps de trempage des dispositifs médicaux et en temps de séjour total dans le service de stérilisation). L'auteur démontre qu'en jouant sur les temps d'arrivées des dispositifs médicaux, on peut améliorer de façon significative la performance du service stérilisation. L'auteur s'intéresse à l'étape de pré-désinfection. L'objectif étant d'une part de réduire le nombre de containers qui trempent plus que 50 mn (le temps de trempage moyen étant de 15 mn), et d'autre part de mieux distribuer le temps de travail par jour.

L'approche proposée par Di Mascolo consiste à : (1) modéliser le service de stérilisation en se basant sur un cas réel, (2) valider le modèle et (3) faire varier les inputs du système (en gardant le temps de début de pré-désinfection fixe et faisant varier la durée et le temps de fin de cette étape du cycle de stérilisation). L'idée d'amélioration proposée fût de fixer un transport périodique des dispositifs médicaux à stériliser depuis le BO vers le service de stérilisation (tous le 35 ou 40 mn par exemple). Cette politique a permis un gain considérable sur le temps de séjour, la durée de l'étape pré-désinfection et le nombre des dispositifs médicaux qui trempent plus que 50 mn.

Van de Klundert [Van de Klundert et *al.*, 2006] s'intéresse à l'optimisation du flux des instruments stériles qui circulent entre le BO et le service de stérilisation centrale. Cette optimisation s'avère intéressante dans le contexte actuel orienté de plus en plus vers l'externalisation de l'activité de stérilisation. L'auteur considère le problème de dimensionnement et de distribution au niveau d'un service de stérilisation centrale et propose une formulation mathématique pour ce problème sous deux formes : (1) optimisation déterministe (demande déterministe) et (2) optimisation non déterministe (demande aléatoire). Le problème est considéré NP-difficile, l'auteur propose pour chaque type d'optimisation différentes stratégies. Par exemple pour l'optimisation déterministe, il s'agit de tester les trois stratégies suivantes :

1. minimiser le coût de stockage en gardant le même coût de transport constant,
2. minimiser le coût de transport,
3. minimiser coût de transport et coût de stockage simultanément.

Van de Klundert introduit également un algorithme pour l'optimisation de la composition des boîtes (une boîte/intervention, un boîte standard quelque soit l'intervention ou bien une boîte standard avec une boîte complémentaire).

#### **2.4.2.5 Synthèse**

Les hôpitaux sont des systèmes qui réclament une gestion de plus en plus optimisée et qui sont soumis à des contraintes réglementaires et budgétaires de plus en plus accrues [Giarraputo, 1990]. Face à ces contraintes budgétaires, au renforcement des exigences réglementaires concernant la stérilisation des dispositifs médicaux, et à la pénurie de personnel soignant qualifié, les Bonnes Pratiques de Pharmacie Hospitalière représentent une évolution juridique innovante en ouvrant la voie à la sous-traitance. Les hôpitaux ont d'ores et déjà fait appel à des fournisseurs externes pour leurs services de restauration et de lingerie mais le recours à la sous-traitance pour la stérilisation des dispositifs médicaux est devenu considéré comme une solution viable seulement ces dernières années.

La spécificité que représente l'externalisation en milieu hospitalier par rapport à l'externalisation en milieu industriel consiste dans la nécessité de prendre en compte l'aspect hygiène et qualité aussi bien que la notion de traçabilité au sein de l'assurance qualité.

Certes l'externalisation de certains services de l'hôpital permet une meilleure gestion de celui-ci par une meilleure qualité du service rendu et aussi grâce aux économies d'échelle, mais cette stratégie reste une solution innovante dont les pratiques sont encore peu développées. En effet, nous avons constaté que les travaux qui se sont intéressés à l'étude de l'externalisation dans le domaine hospitalier en général et du service de stérilisation en particulier ne sont pas nombreux et

représentent surtout des descriptions des aspects qualitatifs de la stratégie d'externalisation (point de vue des pharmaciens) ou des analyses de coût à travers des évaluations économiques de l'intérêt que représente l'alternative externalisation par rapport à l'internalisation (point de vue des gestionnaires). Le tableau 5 récapitule les travaux recensés sur la configuration et le dimensionnement du service de stérilisation tout en mettant l'accent sur les outils utilisés.

En se comparant au secteur manufacturier, très peu de travaux ont également utilisé des outils d'optimisation et de recherche opérationnelle pour étudier l'externalisation dans le secteur hospitalier. À notre connaissance aucune étude n'a été conduite jusqu'ici sur la configuration du secteur de stérilisation hospitalière d'un point de vue ingénierie.

Référence	Objectif de l'étude	Outil
[Levrat, 2003]	Etude de l'externalisation de la stérilisation	Analyse qualitative
[Bardet, 2003]	Mise en place d'un service de stérilisation externalisé	Analyse qualitative
[Bernard et al., 2001]	Restructuration du service de stérilisation	Démarche qualité
[Gallousis et al., 1990]	Etude de la relation entre la stérilisation et le bloc opératoire	Analyse qualitative
[Nicolson et al., 2002]	Externalisation de la gestion des stocks	Modélisation mathématique
[Di Moscolo et al., 2006]	Amélioration de l'organisation du service de stérilisation	Simulation
[Benanteur, 2004]	Etude de la sous-traitance des fonctions logistiques	Analyse qualitative
[Marriott et al., 1998]	Etude de l'externalisation des activités hospitalière	Analyse documentaire
[Velma, 2001]	Etude de l'externalisation dans le contexte hospitalier	Analyse qualitative
[Aptel et Pourjalili, 2001]	Etude de l'externalisation des activités logistiques au sein d'un établissement hospitalier	Modélisation mathématique
[Veral et Rosen, 2001]	Externalisation de la gestion des stocks	Evaluation économique
[Russel, 2003]	Impacte de la décision d'externalisation sur la qualité	Analyse qualitative
[Ellouz et al., 2006]	Etude de l'externalisation/internalisation des activités hospitalière	Management par la valeur
[Lorence et Spink, 2004]	Externalisation des SIH	Benchmarking
[Brysson, 1998]	Aspects stratégiques de l'externalisation des SIH	Benchmarking
[Saizy-Callaert et al., 2002]	Les termes d'une convention type pour l'externalisation de la stérilisation	Analyse qualitative
[Alméras et al., 2006]	Relation entre stérilisation centrale et bloc opératoire	Analyse qualitative
[Fiedman, 1990]	Reconfiguration d'une stérilisation centrale	Analyse qualitative
[Thorin D., 2003]	Optimisation des horaires d'ouverture d'une stérilisation centrale	Analyse qualitative
[Benoit et al., 2005]	Externalisation des services de transfusion sanguine	Analyse qualitative
[Giarraputo, 1990]	Comparaison des coûts de la stérilisation en interne et la stérilisation externalisée	Evaluation économique
[Chenaille et al., 2006]	Evaluations de l'intérêt économique de l'externalisation de la stérilisation	Evaluation économique
[Carbonnel et al., 2005]	Calcul du coût de la stérilisation	Activity Based Costing
[Raymond et al., 2004]	Etude de la composition des boites de DMS	Recuit simulé
[Young, 2003]	Application de la TCT à l'externalisation au sein d'un établissement hospitalier	Théorie des Coûts de Transaction
[Preker et al., 2000]	Externalisation d'un service/produit de l'hôpital : théorie des économistes	Théorie des Coûts de Transaction
[Sloane et al., 2007]	Réutilisation des DMS à usage unique	Chaîne de Markov
[Van Klundert et al., 2006]	Optimisation des flux des DMS	Modélisation mathématique
[Frineman et kapadia, 1976]	Gestion des stocks des DMS	Modélisation mathématique
[Tlahig et al., 2006]	Centralisation/décentralisation de la stérilisation	Modélisation mathématique
[Raymondon et al., 2007]	Optimisation de la composition des boites des DMS	Modélisation mathématique

**Tableau 4.** Synthèse des travaux portant sur l'externalisation dans le secteur hospitalier

### 3. Mutualisation des activités hospitalières : cas d'un réseau d'établissements de santé

La tendance actuelle dans le domaine hospitalier s'oriente de plus en plus vers la coopération entre établissements de santé à travers le partage de ressources et l'organisation sous forme de réseaux. Par exemple, le nombre d'hôpitaux travaillant en réseau est passé aux Etats Unis seules de 32.1% en 1980 à 73.4% en 1997 [Lega, 2005].

Cette organisation en réseau est appelée à se développer compte tenu des mesures visant à faciliter la coopération sanitaire par la modernisation proposée des Groupements de Coopération Sanitaires (GCS) d'une part, et d'autre part par la politique de régionalisation préconisée dans le rapport préparatoire au schéma de Services Collectifs Sanitaires (SCS).

Aussi, la mise en commun et le partage de ressources entre les établissements de santé est une option à retenir en vue de rehausser les activités de logistique hospitalière<sup>9</sup>.

Dans cette thèse, outre la problématique d'externalisation, nous nous intéressons à la question de la mutualisation des services de stérilisation dans le cas d'un réseau d'établissements de santé. Nous introduisons dans cette section la notion de réseau dans le contexte hospitalier et nous présentons un état de l'art des travaux qui ont porté sur les problèmes de conception et de planification des réseaux.

#### 3.1. Réseau d'établissements de santé

##### 3.1.1. Définition

Un réseau peut être défini comme « une structure d'échange entre un ensemble d'entités qui concourent solidairement à la satisfaction d'une même demande finale » [Barban et Chanut, 1989].

Avant d'aborder la question de la mutualisation des ressources dans le cadre d'un réseau d'établissements de santé, il est important de préciser le concept réseau dans le domaine de la santé. Ce concept a été largement abordé dans le cas des systèmes industriels mais il est beaucoup moins étudié dans le cas des systèmes de santé. Nous proposons alors de partir de la définition du réseau dans le cas des systèmes industriels et puis voir comment ce concept se définit dans le cas des systèmes de soins.

Dans le contexte industriel, le « réseau » est cité de deux manières différentes : « les réseaux d'entreprises » et « les entreprises en réseau ». Il ne s'agit pas d'un simple « jeu de mot » autour d'un concept à la mode, mais de deux réalités institutionnelles distinctes.

**L'entreprise réseau** suppose une dimension verticale des opérations autour d'une entreprise centrale. Celle-ci doit coordonner les activités des autres entreprises du réseau, autour desquelles se constituent et s'allouent des ressources mobilisées en vue de la réalisation d'un projet productif [Paché, 1996], [Jacob et al., 1996]. Les entreprises collaborent à des étapes différentes du processus de production. Selon Poulin [Poulin et al., 94] l'entreprise réseau est le résultat d'une entreprise qui se concentre sur quelques activités qu'elle maîtrise mieux que quiconque et confie le reste de ses activités à d'autres organisations, capables de les réaliser à moindre coût. L'entreprise réseau est essentiellement une philosophie de gestion qui consiste à exploiter les opportunités que peut offrir l'environnement pour mieux atteindre ses objectifs. Pour cela, elle est toujours prête à "externaliser" une activité interne jugée non performante et non stratégique ou "internaliser" une activité externe jugée indispensable à une meilleure réalisation des objectifs stratégiques [Lakhal, 1998].

<sup>9</sup> *La gestion des approvisionnements en réseau : le cas du centre hospitalier Notre-Dame de la Merci Groupe de recherche CHAINE, Cahier de recherche n° 03-01 mars 2003*

**Le réseau d'entreprises** dit aussi réseau horizontal, est une forme d'alliance qui porte, de façon complémentaire, sur certaines phases du processus de production ou sur l'accomplissement de certaines fonctions communes [Bossuet et al., 1997] [Jacob et al., 1996]. Cette forme réticulaire qui ne dispose d'aucun "leader" permanent consiste à combiner les ressources de plusieurs acteurs pour mieux répondre au besoin des marchés, dans ou hors d'une aire géographique donnée [Paché, 1996]. Il s'agit de réseaux de coopération au sens le plus complet [Bossuet et al., 1997]. Leur caractéristique principale étant la forte indépendance des acteurs, des activités et des ressources [Paché, 1996].

Dans le contexte hospitalier, le mot « réseau » est utilisé pour désigner, « la gestion des flux de patients, produits, services et des informations qui s'y rapportent, depuis le fournisseur jusqu'au bénéficiaire, à un niveau défini de performance, au service de la qualité et de la sécurité des soins prodigués aux patients » (ASLOG)<sup>10</sup>.

Selon [Larcher, 1998], « un réseau de santé constitue une forme organisée d'actions collectives apportées par des professionnels en réponse à un besoin de santé des individus et/ou de la population, à un moment donné, sur un territoire donné. Le réseau est transversal aux institutions et aux dispositifs existants. Le travail en réseau permet d'une part de rationaliser l'offre de soins, et d'autre part, de simplifier l'accueil des patients [Lebrun, 2004]. Ainsi les regroupements ont pour but de diminuer les coûts (économie d'échelle), de faciliter les investissements et de rendre plus attractif les centres de santé.

Le terme « intégration » est aussi utilisé pour désigner la capacité de l'hôpital à conjuguer son activité avec d'autres entités du système de soins pour assurer la qualité de la prise en charge dans ses dimensions, technique (le juste équipement), médicale (le juste acte, les justes compétences), organisationnelle (les justes temps, le juste délai, la juste information) et sociale (le juste lieu).

Burns [Burns et al., 2002] évoque deux formes d'intégration stratégique : l'intégration verticale et l'intégration horizontale. Le développement d'organisations de maintenance hospitalière, les alliances stratégiques entre médecins, etc. sont des exemples de l'intégration verticale. L'intégration horizontale se crée par contre à travers la formation de systèmes multi-hôpitaux, les transferts et les mutualisations entre hôpitaux voisins. Les objectifs de l'intégration verticale sont nombreux (économies d'échelle, réduction des coûts, accès aux soins, qualité des soins, etc.). L'intégration horizontale vise essentiellement les économies d'échelle (flux important de patients, partage de ressources et équipement, groupements d'achat, etc.).

Les restructurations hospitalières, incitées ces dernières années, sont préconisées par les tutelles dans le but de fournir un service de qualité qui répond aux besoins de la population. Les ARH préconisent notamment aux établissements de privilégier le travail en réseau et le rapprochement de structures. Ces restructurations peuvent donner lieu à la fusion entre centres de santé, à la coopération ou encore au regroupement d'unités disjointes.

En partant du principe de partage de ressources, la notion du réseau dans le contexte hospitalier consiste à regrouper, entre un ensemble d'hôpitaux, des ressources sanitaires généralement rares (équipements lourds, personnel...) afin d'optimiser la réponse aux besoins en soins et de rationaliser les dépenses. Il s'agit de sélectionner un certain nombre de sites sur lesquels des services hospitaliers partagés par l'ensemble des hôpitaux du réseau sont implantés. Parallèlement à cette sélection, la taille de chacun de ces services est évaluée en termes de ressources allouées et de nombre de patients pouvant être potentiellement pris en charge dans ces services. Ces choix de localisation de services et d'allocation de ressources s'effectuent dans un contexte de ressources disponibles en volume limité [Culyer, 1990]. Il s'agit donc, pour les méthodes d'aide à la décision, d'assister le décideur dans la définition de la configuration, de la localisation et du dimensionnement du service partagé, afin que ce dernier satisfasse au mieux les besoins en soins.

<sup>10</sup> ASLOG : ASsociation française pour la LOGistique

### 3.1.2. Typologie des réseaux dans le contexte hospitalier

La notion de réseau repose sur la mise en commun d'actifs spécifiques détenus par chacune des entités du réseau. La mise en réseau est conditionnée par la mise en adéquation des ressources aux activités et objectifs.

Il existe plusieurs types de réseaux et formes de partenariat entre les établissements de santé.

Fleury et Ouadahi [Fleury et Ouadahi, 2002] ont proposé quatre modèles d'intégration des services en réseau retrouvés dans le système de santé Québécois. Le premier modèle, « guichet unique de service », s'apparente à un système hiérarchique (vertical) au sein duquel les personnes utilisent de façon séquentielle, les services offerts par les organisations. Dans le second modèle, le patient circule entre les organisations et les services d'une façon séquentielle et parallèle (structure hybride horizontale et verticale). Le troisième modèle soutient l'implantation d'une structure virtuelle de l'organisation des activités d'un réseau où une équipe inter-organisationnelle oriente le patient, en fonction de son état à l'organisme de soins le plus approprié. Finalement, un quatrième modèle est proposé représentant une configuration matricielle en sous-secteurs d'activités. Dans ce cas de figure, l'organisation des services est régie par l'intermédiaire de structure de concertation et de coordination pivot établie par secteur.

Pasin [Pasin et *al.*, 2001] a mené une réflexion sur le regroupement de ressources pour le maintien à domicile. Un tel regroupement devrait permettre d'uniformiser la qualité des soins et de générer des économies à travers la mise en commun de parcs d'équipements.

Gadreau [Gadreau et *al.*, 1999] distingue deux conceptions du réseau : le réseau « allocation de ressources » et le réseau « création de ressources ». Dans le premier type de réseau, la coordination est envisagée comme un problème d'organisation de l'échange et sert simplement à allouer des ressources existantes. Dans la deuxième conception, la coordination renvoie à un problème d'organisation de la production. Cette production requiert la création d'un ensemble de connaissances et de qualifications spécifiques.

Nous retrouvons aussi les travaux de Lega [Lega, 2005] qui évoquent l'existence de trois stratégies pouvant être implémentées au sein d'un réseau d'hôpitaux pour augmenter son efficacité et sa stabilité financière : l'intégration, la création de monopôles par la centralisation des services communs et la différenciation horizontale par la consolidation et la reconfiguration des services. D'après Lega, la taille, la localisation, la culture organisationnelle et les réglementations sont les principaux facteurs qui influencent le résultat d'une migration d'un ensemble d'établissements de santé indépendants en une organisation en réseau.

Nous distinguons deux types de réseau : le réseau partage de services de soins basé sur la complémentarité de l'offre de soin et le réseau partage de ressources.

#### 3.1.2.1. Réseau partage de services de soins

Dans le domaine de la santé, la notion de réseaux est généralement associée à la constitution de réseaux de soins autour d'activités ou de pathologies spécifiques (les urgences, la natalité, les personnes âgées, etc.) [Gadreau et *al.*, 1999]. Différents centres de soins doivent alors coopérer ensemble pour assurer le bon déroulement de la prise en charge du patient. Dans ce cadre, il apparaît nécessaire d'introduire la coordination entre les différents acteurs et institutions. Le réseau impose alors une pratique coopérative et de coordination entre différents établissements de santé, et donc une réflexion sur ce nouveau mode d'organisation des établissements de santé. Nous retrouvons ici le cas du « réseau d'entreprises » adapté aux établissements de santé.

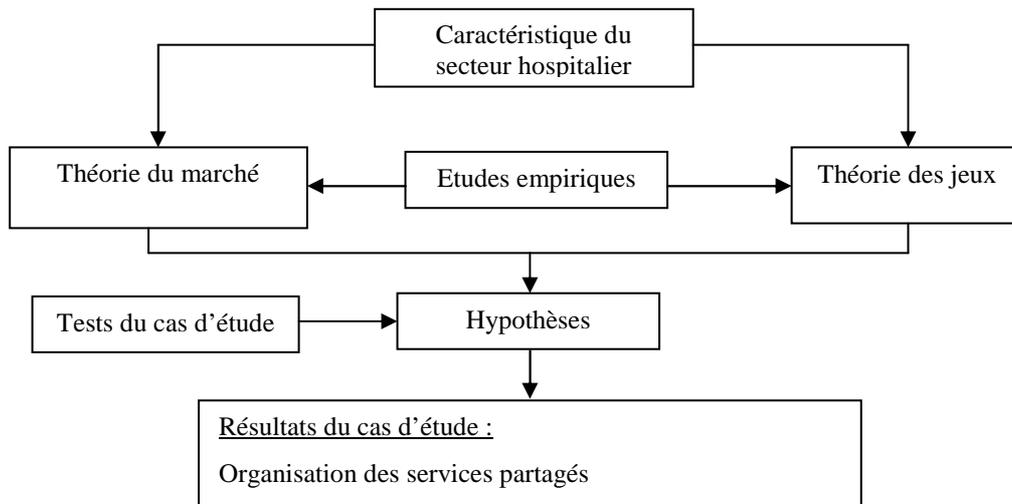
Les réseaux intégrés de services de soins représentent l'une des principales voies de solutions pour accroître l'efficacité, la pertinence et la cohérence du système de santé dans le contexte actuel d'augmentation de la demande et des contraintes budgétaires [Fleury et Ouadahi, 2002]. L'intégration des services en réseau conduit ainsi à une rationalisation de l'offre des services

distribués dans un territoire et à une importante coordination des activités, des organisations et des acteurs [Callon, 1989] [Knights et *al.*, 1993].

Pierskalla [Pierskalla et *al.*, 1976] définit un service partagé par un ensemble d'établissements de santé comme étant « une fonction clinique ou administrative commune à deux ou plusieurs établissements de santé réalisée dans le cadre d'une coopération ayant pour objectif l'amélioration de la qualité et la réduction des coûts grâce aux économies d'échelle ». L'auteur s'intéresse particulièrement à quatre services : les banques de sang, la blanchisserie, la pédiatrie et les soins obstétricaux. Dans le cas du service blanchisserie, par exemple, l'auteur étudie des retombés économiques du partage de ce service entre des hôpitaux situés au niveau d'une même zone rurale. Trois objectifs sont essentiellement visés :

1. Identifier les avantages économiques de la centralisation des services de blanchisserie,
2. Déterminer jusqu'à quelle limite le partage des services de blanchisserie permet-il des gains de coût,
3. Etudier l'allocation des ressources après la centralisation du service blanchisserie.

Pour évaluer la performance économique d'un service de blanchisserie partagé, l'auteur procède à une comparaison (1) du coût total du kilo de linge traité au niveau du service central ou traité au niveau de l'hôpital ; (2) des coûts directs du kilo de linge traité au niveau du service central ou traité au niveau de l'hôpital ; (3) du coût du kilo de linge effectué en interne au niveau de la blanchisserie de chaque hôpital ou traité chez une entreprise privé. L'auteur propose ainsi un cadre conceptuel pour l'étude des impacts économique du partage d'un service donné entre un ensemble d'établissements de santé. Ce cadre conceptuel est présenté par la figure 14.



**Figure 14.** Cadre conceptuel pour le partage de services hospitaliers [Pierskalla et *al.*, 1976]

L'auteur prône une réallocation spatiale des ressources dans le cas de partage de services entre établissements de santé. Par exemple, l'espace initialement occupé par un service au niveau de l'hôpital et qui sera fermé après migration sur le site partagé est employé pour l'extension d'autres services au niveau de l'hôpital. Il confronte le contexte hospitalier de partage au contexte industriel à travers deux théories : la théorie des jeux et la théorie du marché. Les relations entre les caractéristiques du contexte hospitalier et la théorie du marché dérivent également d'études empiriques antérieures sur le partage des ressources. La confrontation secteur hospitalier/secteur industriel engendre un ensemble de concepts et d'hypothèse à tester. Ces tests se font à travers des cas d'étude. Les résultats concernent essentiellement l'organisation des services partagés et les hôpitaux qui ne participent pas au partage des services.

### 3.1.2.2. Réseau partage de ressources

Un réseau partage de ressources est une organisation qu'on pourrait qualifier de « multicentrique ». Elle consiste en un partage de ressources afin « d'optimiser » la réponse aux besoins d'un ensemble d'établissements de santé. Ces établissements sont tour à tour fournisseurs de ressources et bénéficiaires des services résultant de ce partage. Nous retrouvons ici la notion de mutualisation à laquelle nous nous intéressons particulièrement dans cette thèse.

En effet, dans le cadre d'un réseau d'établissements de santé, des mutualisations de ressources humaines et matérielles communes peuvent être réalisées afin d'assurer un meilleur partage de celles-ci et autoriser des possibilités d'économie d'échelle. Un établissement hospitalier peut aussi opter à « externaliser » une activité interne jugée non performante ou très coûteuse ou à « internaliser » une activité externe qui s'avère indispensable à une meilleure réalisation des objectifs de l'établissement. Dans ces deux derniers cas, l'établissement hospitalier intercepte l'idée de « l'entreprise réseau ».

Certains auteurs prônent, par exemple, les regroupements des fonctions logistiques (pharmacie, stérilisation, restauration, lingerie). Ces regroupements permettent d'atteindre des gains de coût et de libérer des ressources [Clément, 2004], [Aptel et Pourjalali, 2001]. D'autres auteurs se sont intéressés à : (1) démontrer à quel point les alliances et le travail en réseau dans le domaine hospitalier permettent d'atteindre les objectifs fixés par celui-ci en ce qui concerne la qualité des soins, l'accessibilité à ces soins et la minimisation des coûts ou (2) démontrer à quel point les partages entre hôpitaux et l'organisation en réseau doivent être considérés comme solutions permettant à un hôpital d'atteindre les objectifs de dimensionnement adéquat et de spécialisation [Fulop *et al.*, 2002], [Nauret, 1995], [Blecher, 1998] [Weil, 2000].

Dans la section suivante, nous présentons quelques travaux qui ont porté sur le problème de conception et de planification dans les réseaux. Les différents modèles et approches proposés seront alors relevés.

## 3.2. Problèmes de conception et de planification dans les réseaux

Avant d'aborder les problèmes de conception et de planification qui découlent de l'organisation en réseau d'établissements de santé, nous mettons en exergue quelques travaux qui ont traité des aspects similaires dans le secteur manufacturier.

### 3.2.1. Conception des réseaux dans le cas des systèmes industriels

La notion de réseau a été largement étudiée dans le cas des systèmes de production de biens.

Dans une étude sur la conception des réseaux d'entreprises, Paquet [Paquet *et al.*, 2007] propose un modèle d'optimisation dynamique qui considère un horizon de planification multi-périodes et qui vise à déterminer pour chaque période les sites à ouvrir et les ressources nécessaires au niveau de chaque site. L'auteur prend en compte la structure du réseau et le choix des fournisseurs de matière première et modélise ce problème sous forme d'un programme linéaire en nombres mixtes. Vonderembse et Tracy [Vonderembse et Tracy, 1999] s'intéressent au problème de sélection des fournisseurs externes dans le cadre d'un réseau d'entreprises.

Pirard [Pirard *et al.*, 2006] a étudié le problème de la conception stratégique d'un réseau d'entreprises dans le contexte d'entreprises multi-sites. D'après l'auteur, cette conception engendre trois types de problèmes : (1) la localisation des sites de production et de distribution ; (2) la gestion des flux et (3) la gestion des ressources humaines et matérielles. Ces trois problèmes relèvent d'après Jayaraman et Pirkul [Jayaraman et Pirkul, 2001] des problèmes de localisation-allocation et de dimensionnement de la capacité.

L'évolution des modèles stratégiques pour la conception d'un réseau d'entreprises a été discutée par Geoffrion et Powers [Geoffrion et Powers, 1995]. La modélisation et la résolution des

problèmes de conception stratégique des réseaux d'entreprises ont aussi été étudiées par Thomas et Griffin [Thomas et Griffin, 1996], Vidal et Goetschalckx [Vidal et Goetschalckx, 1997], Beamon [Beamon, 1998] et Min et Zhou [Min et Zhou, 2002].

D'autres travaux ont plutôt abordé le problème de planification dans les réseaux.

Benjaafar et Gupta [Benjaafar et Gupta, 1998] ont abordé le problème de choix de technologies et de planification de la capacité dans le cas d'un réseau d'entreprises. Ces travaux ne prennent pas en considération l'impact des compétences des ressources humaines qui peuvent avoir une grande influence dans le cas de certaines industries.

Yan [Yan et *al.*, 2003] et Jolayemi et Olorunniwo [Jolayemi et Olorunniwo, 2004] se sont intéressés au problème de production-distribution et à la gestion des flux dans le cadre d'un réseau d'entreprises. Fandel et Stammen [Fandel et Stammen, 2004] et Wilhem [Wilhem et *al.*, 2005] prennent en compte les taxes de douane et les prix de transfert dans le cas d'entreprises délocalisées à l'international mais travaillant en réseau.

Saharidis [Saharidis et *al.*, 2006] propose deux modèles analytiques pour résoudre le problème de planification de la production au sein d'un réseau d'entreprises. L'auteur compare deux modèles : le modèle décentralisé dans lequel chaque entreprise cherche à optimiser son plan de production sans se soucier du reste des entreprises du réseau et le modèle centralisé où l'ensemble des entreprises fonctionnent d'une façon coordonnée.

Nous constatons que les travaux rencontrés dans la littérature traitent, généralement, le problème de la conception de la chaîne logistique dans le cas d'un réseau d'entreprises d'une façon statique [Glover et *al.*, 1979], [Cohen et Moon, 1991], [Mazzola et Schantz, 1997]. Dans la majorité de ces travaux, les auteurs proposent une approche analytique et utilisent la programmation linéaire en nombres mixtes. Ces modèles sont déterministes et abordent essentiellement les problèmes de localisation-allocation. Nozick et Turnquist [Nozick et Turnquist, 2001], Zhou [Zhou et *al.*, 2002] et Eskigun [Eskigun et *al.*, 2005] s'intéressent aux problèmes de localisation tandis que d'autres travaux traitent, en même temps, la localisation et l'allocation [Amiri, 2006], [Jayaraman et Ross, 2003], [Geoffrion et Graves, 1974].

### **3.2.2. Conception et planification dans le cadre d'un réseau de systèmes de soins**

Différents types de problèmes d'ordre organisationnels ont été traité dans le cadre d'un réseau d'établissements de santé. Ces travaux concernent surtout la configuration du réseau, la localisation des services partagés, l'allocation des ressources à ces services et leur dimensionnement.

Dans la section suivante, nous réservons la première partie pour la présentation du problème de localisation-allocation. Ensuite, nous évoquons les problèmes de localisation des sites partagés et d'allocation de ressources à ces sites modélisés sous forme d'un problème de localisation-allocation dans le cas des systèmes hospitaliers.

#### **3.2.2.1. Problème de localisation-allocation**

Les problèmes de localisation-allocation visent à optimiser la localisation d'un ensemble de  $P$  services par rapport à la distribution spatiale de  $N$  clients. Le principe de ces modèles développés sur la base initiale des travaux de Weber [Weber, 1909] consiste à minimiser les distances entre ces clients et les services projetés.

Dans la littérature, un nombre important de papiers ont traité le problème de localisation-allocation notamment dans le cas des systèmes manufacturiers. D'une façon générale, les problèmes de localisation peuvent être classés selon leurs caractéristiques (objectifs, contraintes, résolution, etc.) [Klose et Drexler, 2004]. En ce sens, Jia [Jia et *al.*, 2005] propose une classification de ces problèmes en tenant compte des critères suivants :

1. Objectif : selon l'objectif considéré, nous pouvons distinguer trois types de problèmes : (1) les problèmes de recouvrements (*Covering Problem*) dont l'objectif est de minimiser le nombre de sites à installer tout en couvrant le maximum de demande [Chung, 1986] ; (2) les problèmes du centre (*P-center Problem*) qui visent la minimisation de la distance entre les sites à localiser et les points de demande [Chen et Handler, 1993] ; ou aussi (3) les problèmes médian (*P-median Problem*) dont l'objectif est de minimiser la somme des distances entre les points de demande et les sites qui leur sont les plus proches [Rosin et al., 1979].
2. Méthodes de résolution : nous retrouvons ici trois types de modèles : (1) les modèles d'optimisation basés essentiellement sur la programmation mathématique, (2) les modèles de simulation ; (3) les modèles hybrides qui utilisent à la fois des outils d'optimisation et de simulation [Larson, 1974].
3. Caractéristiques des sites à localiser : il s'agit pour cette famille de considérer l'aspect de prise en compte ou pas des contraintes de capacité des sites à localiser [Pirkul et Schilling, 1991] ou aussi l'aspect dépendance et coopération entre sites [Batta et Berman, 1989].
4. Nature de la demande [Plastria, 1997].
5. Type de la chaîne d'approvisionnement : nous citons ici les modèles à un seul niveau et les modèles multi-échelons [Gao et Robinson, 1994].
6. Horizon de planification : deux types de modèles ont été développés. En effet, nous retrouvons les modèles statiques et les modèles dynamiques (multi-périodes) [Erlenkotter, 1981], [Hamacher et Nickel, 1998], [Klose et Drexl, 2004].
7. Nature des modèles : modèles déterministes [Maranov et Revell, 1992] ou stochastiques [Owen et Daskin, 1998].

La majorité des travaux rencontrés dans la littérature utilisent des méthodes de résolution déterministes. Peu de travaux ont considéré un environnement stochastique pour la résolution des problèmes de localisation-allocation dans le cadre de systèmes de soins [Chao et al., 2003], [Harper et al., 2005].

### ***3.2.2.2. Utilisation des modèles de localisation-allocation pour la conception et la planification des réseaux dans les systèmes de santé***

Dans la littérature, plusieurs travaux ont abordé le problème de la conception et de la planification dans le cadre de réseau d'hôpitaux comme un problème de localisation-allocation. La plupart des travaux utilisent des approches déterministes et considèrent comme objectif unique la minimisation des « coûts entre les domiciles des patients et l'hôpital » (exprimés sous forme de coût de transport ou de durée de transport). Ces décisions doivent dépendre pourtant étroitement d'autres critères tels que la disponibilité du service demandé, le coût total, le nombre de patients, etc. [Scheweikhart et al., 1993], [Berghmans et al., 1984] [Chu et Chu, 2000], [Marianov et Tabora, 2001], [Mehrez et al., 1996], [Segall, 1992].

#### **a. Localisation de centres de soins, allocation/affectation de ressources**

Shuman [Shuman et al., 1974] présente une revue de la littérature des travaux qui utilisent des techniques de la recherche opérationnelle telle que la programmation en nombres entiers ou la programmation dynamique pour traiter le problème d'affectation de ressources dans le cas d'un réseau d'établissements de santé. L'affectation de ressources au sein de l'hôpital (ou au sein d'un réseau d'hôpitaux) consiste à estimer le besoin en ressources nécessaires, à affecter ces ressources entre les différentes unités de soins (ou établissements du réseau), et à établir des plans d'exploitation des ressources afin de satisfaire la demande de soins.

Rahman et Smith [Rahman et Smith, 2000] ont étudié la localisation d'un hôpital ainsi que le nombre de services qui le constituent de façon à minimiser globalement le temps/la distance du trajet entre les domiciles des patients et l'hôpital tout en garantissant la couverture de la demande de soins au niveau régional.

Dans [Gunes et Yaman, 2005], les auteurs ont étudié l'implication du changement de la configuration d'un réseau d'hôpitaux sur le flux des patients et sur l'allocation des ressources. Ils ont modélisé les fusions entre deux réseaux en se basant sur l'affectation de ressources. Dans [Gunes et Yaman, 2007], ils ont abordé le problème d'intégration de deux réseaux et se sont particulièrement intéressés à déterminer la meilleure allocation de ressources qui permet l'optimisation des coûts de conception du réseau et des flux. Les auteurs s'intéressent aussi à définir la meilleure affectation des patients aux hôpitaux au sein du réseau, qui soit à coût minimal. Les coûts de transport et de transfert de ressources sont les coûts principalement considérés.

D'autres auteurs adoptent une approche multi-objectifs pour l'étude d'un réseau d'hôpitaux [Stummer *et al.*, 2004]. Les auteurs proposent une approche à deux phases pour déterminer la localisation et le dimensionnement optimal d'un service médical dans le cadre d'un réseau d'hôpitaux. Ils considèrent les objectifs suivants : (1) le coût de déplacement des patients depuis leurs domiciles jusqu'à l'hôpital, (2) le nombre de patients non admis à cause d'un nombre insuffisant de lits, (3) le nombre de lits nécessaires pour un bon dimensionnement. Ils formulent ce problème sous forme d'un programme mathématique multi-objectifs, multi-périodes. L'approche proposée consiste, dans une première étape, à déterminer l'espace de solutions faisables et, dans une deuxième étape, à explorer cet espace de façon itérative en le subdivisant en des groupes et sous-groupes (clusters) jusqu'à trouver la solution optimale.

Blake et Carter [Blake et Carter, 2002] proposent une méthodologie pour l'allocation stratégique de ressources dans les d'hôpitaux en se basant sur la méthode du *goal-programming*. Cette méthode prend en compte les changements de pratiques nécessaires pour préserver un acte médical.

Rifai et Pecenka [Rifai et Pecenka, 1989] montrent comment la méthode du *goal-programming* peut être utilisée pour l'allocation de ressources dans le contexte hospitalier même en cas de diversité d'objectifs compétitifs.

Peeters et Thomas [Peeters et Thomas, 2001] proposent une méthode pour la localisation des services de santé publique. Ils considèrent, tout d'abord, une typologie de ces services et montrent comment cette typologie oriente la sélection d'un modèle de localisation.

Lapierre et Verter [Lapierre et Verter, 2002] ont résolu le problème de localisation d'unités de soins préventifs avec un objectif de maximisation de la participation à ces soins. Leur objectif étant de déterminer la configuration optimale d'un réseau de services de soins préventifs (nombre et localisations des services à installer). Les auteurs utilisent la programmation linéaire pour modéliser ce problème.

Harper [Harper *et al.*, 2005] s'intéresse à la planification des services de soins au niveau d'une région donnée lorsque des considérations de localisation géographique des services et d'allocation des patients qui utilisent ces services sont importantes à considérer. L'auteur modélise ce problème sous forme d'un modèle de localisation-allocation stochastique et prend en compte les aspects localisation, capacité des services, distribution géographique des patients et facilité d'accès aux soins. L'intérêt d'une approche stochastique pour le cas de ce genre de problème est qu'elle tient compte des variables flux des patients, temps de trajet et préférence vis-à-vis du moyen de transport.

Certains travaux visent à démontrer l'utilité des modèles de localisation-allocation dans le cas de la planification des soins [Querriau *et al.*, 2007]. L'auteur modélise le problème de planification des unités de soins sous forme d'un problème *p*-médiann. Son objectif est de proposer une organisation maximisant l'accessibilité aux services de soins. Pour le cas de ce problème, le

modèle *p*-médian semble être le plus approprié [Labbé et *al.*, 1995]. L'auteur évalue aussi la sensibilité de son modèle par rapport à la variation de la demande et aux changements dans le réseau routier.

D'autres travaux utilisant le modèle *p*-médian ont été repérés [Carbone, 1974] [Calvo et Marks, 1973]. Carbone [Carbone, 1974] développe un modèle déterministe dans l'objectif de minimiser la distance parcourue par les patients pour se rendre à des centres de soins publics. Calvo et Marks [Calvo et Marks, 1973] construisent un modèle *p*-médian pour localiser des centres de soins multi-échelon considérant des centres hospitaliers, des communautés d'hôpitaux et des centres de réception locaux.

### b. Organisation des banques de sang

Quelques travaux se sont intéressés à l'étude de la centralisation des banques de sang [Jennings, 1970], [Jennings, 1972].

Jennings [Jennings, 1970] distingue trois formes de banques de sang :

- les Centres Singuliers (SC) : un seul centre dessert la totalité des besoins du réseau d'hôpitaux d'une région,
- les Centres Multiples Indépendants (MIC) : ces centres fonctionnent de façon indépendante les uns des autres,
- les Centres Multiples Coordonnés (CMC) : les activités de collecte sont principalement coordonnées ou contrôlées.

Le tableau 5 résume les avantages et les inconvénients de chaque modèle.

Modèle	Avantages	Inconvénients
SC	Un seul centre contrôle tous les services d'un réseau d'hôpitaux	Complexité dans la gestion des stocks et concernant les décisions de collecte, de stockage, de transport et de distribution des unités de sang
MIC	Indépendance et autonomie des services de transfusion	Même problème de management des SC, Coûts additionnels (liés à la taille des centres estimée sans considérations économiques, duplications, confusion des donneurs, etc.)
CMC	Flexibilité de l'organisation	Coûts additionnels pour la mise en place des mécanismes de coordination et de contrôle

**Tableau 5.** Avantages et inconvénients du réseautage des banques de sang [Jennings, 1970]

Dans [Jennings, 1970] et [Jennings, 1972], l'auteur utilise la simulation pour étudier l'impact du niveau du stock et des politiques de transbordement sur les pénuries et les périmes au sein d'un système de banques de sang centrales. L'auteur analyse les conséquences économiques et organisationnelles des différentes formes de centralisation (régionalisation) des banques de sang et considère les questions suivantes :

- quelles fonctions (de la banque de sang) doivent exister dans quelle localisation ?
- quelles zones doivent être affectées à quels centres ?
- combien de centres doivent exister dans une région, où les localiser et comment coordonner les approvisionnements et les demandes ?

Or [Or et *al.*, 1979] a modélisé le problème de localisation-allocation pour l'organisation des banques de sang régionales. Son objectif est de décider du nombre de banques de sang à installer, de leurs localisations et de la façon dont il faut affecter les hôpitaux du réseau à ces banques. L'auteur définit la « centralisation » ou la « régionalisation » comme étant le processus par lequel l'ensemble des banques de sangs d'une région donnée optent pour l'intégration de leurs activités. Cette intégration va de la coordination de quelques activités (la distribution, la collecte, etc.) jusqu'à la « centralisation » totale de tout le processus au niveau d'une seule « banque centrale ».

L'auteur modélise ce problème sous forme d'un programme linéaire en nombres mixtes dont l'objectif est de minimiser les coûts de transport et les coûts de fonctionnement du système tout en définissant :

- le nombre de banques de sang à installer,
- les localisations de ces banques,
- l'affectation des hôpitaux de la région considérée à ces banques,
- les tournées de distribution du sang en situations ordinaires et en cas d'urgences.

### c. Organisation du secteur de stérilisation

Elshafei [Elshafei, 1975] a proposé un modèle mathématique pour déterminer la localisation d'un ensemble de Sites de Stérilisation Centrale (SSC). Son objectif est de déterminer le nombre de SSC à implanter, leurs localisations et leurs tailles afin de satisfaire la demande d'un réseau d'hôpitaux. L'auteur propose une approche de résolution exacte des problèmes de localisation au sein d'un réseau lorsqu'un ensemble de localisation potentielles candidates est défini à l'avance. L'objectif est d'installer un nombre optimal de services de stérilisation dans les localisations optimales pour satisfaire la demande de tout le réseau au moindre coût. L'auteur décompose ce problème en deux sous-problèmes : le « *master problem* » et le « *subproblem* ». Dans le premier problème, il s'agit de déterminer la configuration optimale des sites ouverts dans certaines localisations et capables d'approvisionner tout le réseau en DMS. Dans le deuxième problème, il s'agit d'allouer les hôpitaux aux SSC installés. En effet, grâce au « *master problem* », l'espace de toutes les solutions possibles est défini. Pour une solution donnée du « *master problem* », le « *subproblem* » permet l'affectation des hôpitaux au site de stérilisation en se basant sur les coûts de transport. L'auteur propose un algorithme de résolution qui permet la mise à jour des solutions retenues.

Dans [Tlahig et al., 2006], nous nous intéressons au problème de choix entre centralisation ou décentralisation du service de stérilisation au sein d'un établissement de santé. Notre objectif étant de trouver la configuration optimale du service de stérilisation et de proposer un dimensionnement adéquat de cette configuration. Nous modélisons ce problème sous forme d'un modèle de localisation-allocation et nous proposons une approche à deux phases pour le résoudre.

### d. Localisation des services d'urgence et des ambulances

Plusieurs travaux se sont intéressés à l'étude des problèmes de localisation-allocation dans le cas des services d'urgence. ReVell [ReVell, 1989] propose un état de l'art des travaux qui ont abordé le problème de localisation des services d'urgence.

Dans [Jia et al., 2005], les auteurs présentent un état de l'art des travaux qui ont abordé le problème de localisation des services d'urgences et s'intéressent particulièrement au cas des services d'urgence de grande échelle (cas par exemple d'un séisme, d'une attaque terroriste, etc.). Le modèle qu'ils proposent vise à déterminer la localisation des services d'urgence et le nombre de services affectés à une zone de demande donnée.

Goldberg et Paz [Goldberg et Paz, 1991], Beraldi et Ruszczyński [Beraldi et Ruszczyński, 2002] et Chapman et White [Chapman et White, 1974] prennent en compte l'aspect stochastique dans la modélisation des problèmes de localisation des services d'urgence

Dans la littérature, des modèles de localisation-allocation ont été proposés dans des travaux s'intéressant aux problèmes de localisation des ambulances :

- [Ceyhun et al., 2007]: les auteurs abordent le problème de localisation des ambulances en considérant plusieurs objectifs : la maximisation de la population couverte, l'augmentation du niveau de service en minimisant la distance totale parcourue, etc.
- [Renata et al., 2005] : dans cet article, les auteurs analysent l'effet de la décentralisation de la localisation des ambulances en comparaison avec une localisation centrale.

- [Emanuel et *al.*, 2007] : les auteurs s'intéressent au problème de transport des patients avant et après hospitalisation.

En adoptant la classification des problèmes de localisation-allocation, dans les problèmes de localisation des services d'urgence et des ambulances, nous retrouvons principalement les trois types de problèmes suivants : P(1) des problèmes de recouvrement (*Covering Problem*) ; (2) des problèmes médian (*P-median problem*) et (3) des problèmes du centre (*P-center problem*).

Dans [Daskin et Stern, 1981] [Carson et Batta, 1990], les auteurs ont fait appel à un modèle de recouvrement. Pour définir la localisation d'un service d'urgence, Daskin et Stern [Daskin et Stern, 1981] modélisent le problème sous forme d'un problème de recouvrement. L'objectif est de déterminer le nombre minimal de véhicules nécessaires pour couvrir la demande tout en maximisant le taux de recouvrement [Eaton et *al.*, 1985]. Carson et Batta [Carson et Batta, 1990] proposent une stratégie dynamique pour le positionnement des ambulances sur un campus de services d'urgence.

Brlin [Brlin et *al.*, 1976] propose deux modèles médian pour localiser des hôpitaux et des ambulances. Le premier modèle a pour objectif de minimiser la distance moyenne parcourue par les patients depuis les hôpitaux à localiser vers les zones de demande et le temps de réponse moyen des ambulances. Dans le deuxième modèle, l'objectif de minimiser la distance moyenne depuis les bases d'ambulance jusqu'aux hôpitaux est introduit pour améliorer la performance du système. Pour localiser un nombre donné de services d'urgence au sein d'un réseau, Garfinkel [Garfinkel et *al.*, 1977] examine les propriétés fondamentales du problème du centre. Hauchbaum et Pathria [Hauchbaum et Pathria, 1998] considèrent le problème de localisation des services d'urgence qui minimisent la distance maximale au sein du réseau.

### 3.2.2.3. Dimensionnement de la capacité

Le problème de dimensionnement de la capacité vise à décider de la taille et de la date de mise en service de la capacité afin de satisfaire l'ensemble des « clients » géographiquement dispersés. Ce problème recèle par nature une dimension dynamique [Shulman, 1991], [Verter et Dincer, 1992], [Li et Tirupati, 1994], [Rajagopalan et Soteriou, 1994].

Certains travaux traitant les problèmes de dimensionnement des ressources, ont été effectués dans le domaine hospitalier. Ces travaux utilisent d'une façon générale des méthodes et outils issus de la recherche opérationnelle (programmation linéaire, simulation, modélisation par files d'attente, etc.).

Ramis [Ramis et *al.*, 2001] a utilisé la simulation pour le dimensionnement des ressources nécessaires pour un centre de chirurgie ambulatoire. En modélisant le parcours du patient, l'auteur distingue quatre entités principales : l'infirmier pour les admissions, les chambres de préparation et post-interventions où les infirmiers préparent le patient avant son intervention et surveillent son état post-interventionnel après l'intervention, les salles d'opérations et enfin les lits de la salle de réveil. L'objectif est de connaître les ressources nécessaires pour les interventions et modéliser leur utilisation afin de maximiser le nombre de patients admis.

Marcon [Marcon, 2004], s'est intéressé au problème de dimensionnement des ressources humaines et matérielles au niveau des plateaux médico-techniques. L'auteur analyse les travaux concernant le dimensionnement durant la phase de conception ou de ré-ingénierie de ces installations et met en évidence les différentes approches proposées, suivant le point de vue adopté : au niveau stratégique avec des modèles de la recherche opérationnelle ou au niveau opérationnel en utilisant des modèles de simulation de flux.

Le dimensionnement en lits dans les hôpitaux constitue l'un des sujets les plus débattus dans les systèmes de soins. Ridge [Ridge et *al.*, 1998] décrit un modèle de simulation pour la planification des capacités en lits dans une unité de soins intensifs. L'auteur montre qu'il existe une relation non linéaire entre le nombre de lits et le nombre de patients à transférer vers d'autres unités de soins en raison de non disponibilité d'un nombre de lits suffisant. Venkataraman et Brusco [Venkataraman

et Brusco, 1996] proposent une approche intégrée pour le dimensionnement (staffing) et la planification (scheduling) des infirmiers en milieu hospitalier. Le problème de dimensionnement est modélisé sous forme d'un programme linéaire en nombres mixtes dont les variables de décision représentent le nombre d'infirmiers ainsi que le nombre d'heures supplémentaires nécessaires à la satisfaction de demandes mensuelles sur un horizon de six mois. Pour examiner l'impact de dimensionnement des salles d'examens et du flux de patient sur l'activité des médecins dans un centre de soins de jour, Cote [Cote, 1999] a fait appel à la simulation.

#### **3.2.2.4. Synthèse**

Les établissements de santé vivent une mutation de leurs pratiques. Cette mutation engendre des transformations au niveau de l'organisation même de l'hôpital. Ainsi ces dernières années ont été marqués par l'émergence de l'organisation en « réseau » des établissements de santé par la mise en place de services mutualisés.

Dans cette section, nous avons introduit, dans un premier temps, la notion du réseau dans le contexte hospitalier. Nous avons ensuite présenté un état de l'art des travaux qui ont abordé le problème de conception et de planification dans le cadre d'un réseau d'établissements hospitaliers ou de centres de soins comme un problème de localisation-allocation. Ce type de problème nous intéresse particulièrement puisque nous allons modéliser, dans le chapitre 5, la décision de mutualisation des services de stérilisation sous forme d'un problème de localisation-allocation. Par rapport aux travaux présentés dans la revue de la littérature, le modèle développé aide au choix entre « internalisation » ou « mutualisation » et intègre le dimensionnement des ressources.

Le tableau 6 présente une synthèse de quelques travaux qui ont abordé les problèmes de localisation-allocation et de dimensionnement de la capacité dans le contexte hospitalier.

	Objectif de l'étude	Outil	Référence
<b>Localisation-allocation</b>	Localisation des centres de soins, allocation/affectation de ressources	Programmation mathématique (déterministe)	[Shuman <i>et al.</i> , 1974] [Rahman et smith, 2000] [Gunes et Yaman, 2005] [Gunes et Yaman, 2007] [Peeters et Thomas, 2002] [Lapierre et Verter, 2002] [Querriau <i>et al.</i> , 2007] [Labbé <i>et al.</i> , 1995] [Carbone, 1974] [Calvo et Marks, 1973]
		Programmation mathématique (stochastique)	[Harper <i>et al.</i> , 2005]
		Optimisation multi-objectifs	[Stummer <i>et al.</i> , 2004]
		Goal programming	[Black et Carter, 2002] [Rifai et Pecenka, 1989]
	Localisation des services d'urgence	Programmation mathématique (déterministe)	[ReVelle, 1989] [Jia <i>et al.</i> , 2005] [Daskin et Stern, 1981] [Carson et Batta, 1990] [Brlin <i>et al.</i> , 1976] [Garfinkel <i>et al.</i> , 1977] [Hauchbaum et Pathria, 1998]
		Programmation mathématique (stochastique)	[Goldberg et Paz, 1991] [Beraldi et Ruszczyński, 2002] [Chapman et White, 1974]
	Organisation de banques de sang	Simulation	[Jennings, 1970] [Jennings, 1972]
		Programmation mathématique	[Or <i>et al.</i> , 1979]
	Organisation du service de stérilisation	Programmation mathématique	[Elshafei, 1975] [Tlahig <i>et al.</i> , 2008a]
	<b>Dimensionnement</b>	Dimensionnement de la capacité	Programmation mathématique
Simulation			[Ramis <i>et al.</i> , 2001] [Ridge <i>et al.</i> , 1998] [Cote, 1999]
Recherche opérationnelle/Simulation			[Marcon, 2004]

**Tableau 6.** Synthèse des travaux qui ont abordé les problèmes de localisation-allocation et dimensionnement de la capacité dans le contexte hospitalier

#### 4. Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons présenté d'abord la décision d'internalisation ou d'externalisation dans le cas d'un établissement hospitalier. En s'inspirant du cas manufacturier, nous avons pu classer les travaux rencontrés dans la littérature selon deux approches principales : l'approche basée sur les analyses qualitatives (point de vue des pharmaciens) et l'approche basée sur les évaluations économiques (point de vue des gestionnaires). Nous avons remarqué l'absence des travaux qui se sont intéressés à la question d'externalisation d'activités hospitalières d'un point de vue ingénieur. En effet, à notre connaissance, aucune étude utilisant des outils d'optimisation n'a encore traité la décision de choix entre internalisation ou externalisation des activités de logistique hospitalière.

Nous avons ensuite introduit la décision de mutualisation dans le cas d'un réseau d'établissements de santé. Nous avons ainsi présenté un état de l'art des travaux qui ont porté sur les problèmes de conception et de planification des réseaux dans le contexte hospitalier. Nous avons porté une attention particulière aux problèmes de localisation-allocation qui nous intéressent puisque nous traitons dans le cinquième chapitre de cette thèse la décision de choix entre internalisation ou mutualisation du service de stérilisation que nous modélisons sous forme d'un problème de localisation-allocation qui intègre le dimensionnement des ressources.

Dans le chapitre suivant, nous présentons notre problématique de recherche qui porte sur la décision de choix entre internalisation, externalisation ou mutualisation du service de stérilisation et la démarche de résolution que nous avons suivie.

## Chapitre 3 : Problématique et démarche

---

*Nous nous intéressons dans ce travail à l'étude de la meilleure configuration du service de stérilisation. Notre décision de choix entre « faire », « faire-faire » ou « faire-ensemble » sera basée sur le critère coût et considère les aspects localisation-allocation, dimensionnement.*

*Nous situons dans ce chapitre notre problématique de recherche et la démarche que nous avons proposée pour la résoudre.*

---

### 1. Introduction

Dans le contexte hospitalier, le problème de choix entre internalisation, externalisation ou mutualisation des activités logistiques a été étudié par les pharmaciens (analyses qualitatives) et par les gestionnaires (évaluations économiques) mais nous avons remarqué qu'aucune étude d'un point de vue ingénieur utilisant des outils d'optimisation n'a encore abordé cette problématique.

Dans ce travail de thèse, nous essayons d'apporter une aide à la décision pour les hospitaliers pour le choix entre garder en interne leurs activités logistiques (internalisation), les confier à un prestataire externe (externalisation), ou les partager entre établissements de santé (mutualisation). Nous nous intéressons particulièrement au service de stérilisation et nous utilisons des outils de la recherche opérationnelle telle que la programmation mathématique.

Nous présentons dans ce chapitre notre problématique de recherche et la démarche que nous avons utilisée pour la résoudre.

## 2. Positionnement des travaux de recherche

Dans la littérature, et notamment les dernières années, les systèmes de soins ont été largement étudiés. Les problématiques traitées dans ce cadre relèvent des trois niveaux de décision : opérationnel, tactique et stratégique. Nous donnons, dans cette section, un aperçu sur le type de problématiques concernées par chaque niveau de décision et nous profitons pour situer nos travaux de recherche qui touchent au niveau stratégique.

### 2.1. Niveau opérationnel

Ce niveau regroupe les problèmes de recherche les plus investis. Nous retrouvons, par exemple, les problèmes de planification des activités de préparation et de livraison des commandes au niveau de la pharmacie hospitalière ou aussi la collecte journalière des produits à livrer. Dans le premier type de problème, l'objectif recherché pourra être la maximisation d'une qualité de service ou la minimisation des coûts de main-d'œuvre. Dans le deuxième type de problèmes, l'objectif réside dans la minimisation du risque de confusion de produits ou aussi du coût de la main-d'œuvre.

Nous retrouvons aussi, le cas d'une activité (de soin ou de soutien) qui se fait en collaboration avec plusieurs établissements de soins. La question qui se pose ici concerne les politiques de pilotage et de planification à adopter afin de répondre à la demande globale de soins. A titre d'exemple, si nous considérons l'option « faire ensemble » dans le cas du service de stérilisation, la question qui pourrait se poser est de déterminer le plan de livraisons entre les différents centres pour répondre à la demande quotidienne en dispositifs médicaux stériles.

### 2.2. Niveau tactique

Dans ce niveau, la préoccupation porte essentiellement sur les problèmes de choix et de dimensionnement des ressources. Généralement l'utilisation de ressources humaines s'oppose ou s'associe à des ressources matérielles.

Nous relevons, à titre d'exemple, les thèmes suivants :

- Le dimensionnement des ressources de stockage et de transformation. Dans le cadre du dimensionnement de ressources humaines, par exemple, plusieurs formes d'emplois et de coût sont susceptibles d'être utilisées (emploi permanent, emploi contractuel, emploi temporaire, etc.). La formation du personnel non permanent peut être une contrainte de charge forte et peut engendrer des coûts importants.
- L'organisation multimodale des transports de patients en interne (brancardiers) et en externe. Le transport des patients (voire du personnel) entre hôpitaux est un poste de dépenses important de l'hôpital notamment avec la mutualisation des plateaux médico-techniques (et/ou du personnel). Il peut faire intervenir différents modes de transport : voitures, ambulances, hélicoptères, etc.,

### 2.3. Niveau stratégique

Les décisions au niveau stratégique considèrent un horizon de planification à long terme qui pourrait être de l'ordre de quelques années. L'objectif recherché à ce niveau consiste à définir la meilleure structure d'un système de soins : l'ouverture/fermeture de certains sites, le choix des technologies à affecter à chaque site, la définition des capacités de ces sites, etc. Ainsi nous retrouvons, par exemple, les décisions suivantes :

- L'étude du choix entre internalisation ou externalisation. Ce choix pose un problème stratégique (centrer l'activité de l'hôpital sur les soins), économique (coûts, formation) et social (proximité, confiance). En effet, l'hôpital est une entreprise multi-services

(hôtellerie, pharmacie, stérilisation, soins, maintenance, etc.) dont certaines activités peuvent ne pas être considérées comme des activités « métier » (activité de soins). Par exemple, la restauration et la lingerie ne sont pas des activités de « soins » et donc ne sont pas vraiment des spécialités de l'hôpital. La pharmacie est plutôt considérée comme une activité « métier » puisqu'elle intervient dans l'acte de soins.

Il s'agit ici de répondre aux questions suivantes : quels secteurs (ou services) faut-il externaliser, lesquels garder en interne ? quelle forme d'externalisation adopter ? et comment organiser les différents secteurs de l'hôpital ?

L'externalisation consiste, bien évidemment, à confier un service interne à un autre établissement de soins ou à un industriel externe pour différentes raisons économiques, sociales, etc. L'élaboration de ces partenariats avec des fournisseurs externes doit se baser sur des critères de choix bien définis. Cela rejoint la problématique d'entreprise réseau et de planification distribuée traitée dans le cas des systèmes manufacturiers. Nous pouvons trouver plusieurs modèles qui cherchent à aboutir à cette décision de réseautage au niveau des systèmes manufacturiers. [Lakhal, 1998] et [Bouchriha, 2002], par exemple, prennent en compte la minimisation de critères économiques.

- La localisation et le dimensionnement de plateformes logistiques ou médico-techniques. En effet, la tendance actuelle des hôpitaux consiste à regrouper leurs plateaux médico-techniques ou logistiques afin de réaliser des économies d'échelle tout en assurant la qualité des soins.

Le travail effectué dans cette thèse considère le niveau de décision stratégique. En effet, il s'agit essentiellement d'étudier la décision de choix entre « faire », « faire-faire » ou « faire-ensemble » dans le contexte hospitalier. Nous considérons comme champ d'application le cas du service de stérilisation. Le problème de choix entre « internalisation » (faire) ou « externalisation » (faire-faire) portera sur l'hôpital considéré comme un établissement de santé indépendant. La question de choix entre « internalisation » (faire) ou « mutualisation » (faire-ensemble), sera considérée dans le cadre d'un réseau d'établissements de santé. La décision lorsqu'elle est prise par l'hôpital (cas d'un établissement indépendant) ne tient compte que de l'intérêt de celui-ci alors que dans le cas du réseau, la décision consiste à trouver une solution d'intérêt global pour l'ensemble des hôpitaux du réseau.

L'ensemble des travaux développés considère des aspects localisation, ouverture/fermeture de sites, allocation de ressources, dimensionnement, etc.

### 3. Problématique et démarche

Le service de stérilisation représente l'un des services de l'hôpital qui réclament aujourd'hui une gestion de plus en plus optimisée et qui sont soumis à des contraintes réglementaires et budgétaires de plus en plus accrues [Giarraputo, 1990].

Pour améliorer le fonctionnement de ce service et réduire les coûts qu'il induit, les hôpitaux cherchent des stratégies de gestion innovatrices telle que l'externalisation.

La question d'externalisation est intéressante à étudier aussi bien pour le système hospitalier que pour le sous-traitant. En ce sens, le système hospitalier doit disposer d'outils l'aidant à choisir entre internalisation ou externalisation, le type d'externalisation à adopter et éventuellement le sous-traitant à contracter. Le sous-traitant, de sa part, doit proposer une solution qui satisfait le besoin de l'hôpital en termes de qualité et qui respecte la réglementation en vigueur. Cette solution doit également tenir compte de l'aspect hygiène et qualité de soins et être à un coût intéressant pour le système hospitalier.

Nous proposons dans cette thèse d'apporter une aide à la décision pour le choix de la meilleure configuration du service de stérilisation. Notre problématique de recherche porte sur l'étude de l'externalisation (Outsourcing) dans le domaine hospitalier. Nous précisons ici qu'une réflexion

sur l'externalisation d'une activité donnée doit considérer les trois possibilités suivantes : (1) internalisation en assurant l'activité par les ressources propres à l'établissement ; (2) sous-traitance (faire-faire) en confiant l'activité dans sa globalité ou en partie à un prestataire externe ; (3) mutualisation (faire ensemble) en réalisant cette activité dans le cadre d'un regroupement de ressources d'un réseau d'établissements de soins. Nous nous intéressons particulièrement au service de stérilisation.

Ainsi, trois types d'organisation sont possibles pour ce service :

1. Internalisation (la stérilisation est effectuée en interne par les seules ressources de l'établissement) : nous retrouvons ici l'option « Faire » largement utilisée dans le monde de l'entreprise. Cette configuration est intéressante du fait qu'elle permet à l'établissement de garder la proximité entre unité de stérilisation et bloc opératoire. Sauf qu'elle présente l'inconvénient de mettre sur la charge de l'établissement la gestion directe d'une activité qui ne fait pas partie de ses missions principales et qui est considérée comme activité de support.
2. Externalisation ou « Faire-faire » (la stérilisation est confiée à une société de service spécialisée dans ce domaine ou à un autre établissement hospitalier sélectionné par exemple pour sa proximité ou son entente avec l'hôpital considéré) : ce choix permet à l'hôpital de se recentrer sur ses missions de base axées sur les fonctions de soins et d'exiger un niveau élevé de qualité. Sauf que l'externalisation engendre la perte du savoir faire ainsi que la perte, de manière irréversible, des compétences internes. Sans oublier les contraintes logistiques qui, selon la situation géographique de l'établissement, peuvent ne pas favoriser l'efficacité de cette solution<sup>11</sup>.
3. Mutualisation ou « Faire ensemble » (les moyens de stérilisation sont mutualisés dans le cadre d'une coopération inter-hospitalière) : Cette configuration engendre la création d'un réseau d'établissements de santé qui partagent des ressources communes. Ce groupement peut prendre la forme d'un syndicat inter-hospitalier (SIH), d'un groupement d'intérêt public (GIP), ou d'un groupement d'intérêt économique (GIE), [Bardet, 2003].
  - *Syndicat Inter-Hospitalier (SIH)* : c'est un établissement public. Il constitue le mode le plus abouti de coopération et est réservé à certaines catégories de partenaires.
  - *Groupement d'Intérêt Public (GIP)* : correspond à une activité d'intérêt général. Ce groupement convient à la gestion de certaines activités hospitalières publiques notamment en matière d'équipements lourds utilisant des équipements lourds type scanners, IRMs, etc.
  - *Groupement d'Intérêt Economique (GIE)* : il convient aux partenariats avec les médecins libéraux mais présente l'inconvénient de la solidarité financière des membres.

Le principal intérêt de la configuration « mutualisation » consiste à améliorer la qualité et à partager les coûts d'investissement et de fonctionnement. Ce type d'organisation nécessite un très haut niveau de gestion afin d'éviter le mélange des Dispositifs Médicaux à stériliser (conditionnés sous forme de boîtes) et d'assurer la satisfaction du besoin des établissements hospitaliers du réseau en DMS [Saizy-Callaert et al., 2002].

Nous avons déjà mené une première réflexion sur le choix « centralisation/décentralisation » du secteur de stérilisation au sein d'un établissement hospitalier. En effet, en considérant le cas d'un hôpital à structure pavillonnaire où chaque service de chirurgie possède sa propre infrastructure de bloc opératoire avec secteur de stérilisation, nous proposons de repenser la configuration du secteur de stérilisation et ceci en abordant la question suivante : quelle configuration centralisée

<sup>11</sup> *Hygiène en milieu hospitalier, 2000. n°31, 20-27.*

vs. décentralisée permet de minimiser le coût de cette activité ? [Tlahig et *al.*, 2006].

Trouver la configuration optimale du secteur de stérilisation représente une étape préliminaire dans l'étude du problème d'externalisation de cette activité. En effet, celle-ci définit la meilleure solution dans le cas où l'on opte pour la solution d'internalisation. Elle peut ainsi être prise comme référence de base dans le choix internalisation/externalisation. Dans le cadre de cette thèse, cette réflexion sera approfondie en tenant compte d'autres critères et caractéristiques de l'activité de stérilisation.

Le choix d'externalisation de l'activité de stérilisation doit tenir compte des différentes contraintes logistiques, notamment les contraintes de transport et les contraintes imposées par la nature de l'activité. En effet, la particularité de ce problème par rapport au problème analogue posé dans l'industrie est la nécessité de tenir compte de l'aspect hygiène et qualité. La notion de traçabilité dans le secteur de stérilisation est primordiale notamment lorsqu'elle doit se faire en externe. C'est, en effet, la seule manière avec laquelle le fournisseur peut être protégé en cas d'accident.

Nous abordons le problème d'externalisation, tout d'abord, en considérant l'hôpital comme établissement indépendant (c'est l'objet du chapitre 4 du rapport). Ensuite, nous traitons le problème dans le cadre d'un réseau d'établissements de santé (c'est l'objet du chapitre 5 du rapport).

Dans la quatrième chapitre du rapport, nous étudions pour un établissement hospitalier le meilleur choix entre internalisation ou externalisation du service de stérilisation. Il s'agit dans ce cas de considérer l'ensemble des activités formant le cycle de stérilisation (depuis la pré-désinfection jusqu'au stockage stérile) et de décider des activités à garder en internes ou à externaliser. Nous abordons ce problème selon deux approches :

- une approche basée sur l'analyse des coûts en utilisant la méthode ABC (*Activity Based Costing*, cette approche prend appui sur un l'étude d'un cas réel, celui de l'hôpital de l'AIGLE, et débouche sur le calcul du coût de stérilisation effectuée en interne et sa comparaison aux offres des prestataires externes (industriels ou hospitaliers),
- une approche basée sur la modélisation mathématique en formulant le problème de choix entre internalisation ou externalisation sous forme d'un programme mathématique linéaire en nombres mixtes. Le modèle développé dans cette partie est validé en utilisant les données issues de l'approche précédente.

Dans le cinquième chapitre du rapport, nous considérons la décision de choix entre internalisation ou mutualisation des services de stérilisation. Nous serons ramenés à étudier un réseau d'établissements de santé où les différents acteurs partagent un ensemble de ressources communes et à examiner la relation réseau de centres de soins/service de stérilisation partagé.

La problématique de choix entre internalisation, externalisation ou mutualisation que nous traitons laisse ainsi poser les questions suivantes :

- Quelles activités du processus de stérilisation garder en interne ? lesquelles externaliser ?
- Quel fournisseur externe faut-il contracter : un autre établissement de soins ou une entreprise industrielle qui offre la prestation de stérilisation ?
- Où localiser le service de stérilisation mutualisé ?
- Comment dimensionner le service de stérilisation mutualisé dans le cas de l'alternative mutualisation (quelles ressources transférer ? Comment redéployer les ressources restantes au niveau de chaque hôpital du réseau ?...)
- Comment organiser un secteur de stérilisation mutualisé tout en satisfaisant les différentes contraintes (coût, fonctionnement...?)

Nous n'avons pas trouvé de bibliographie utilisant des outils d'optimisation pour la décision de choix entre « internalisation » ou « externalisation » des services logistiques à l'hôpital et en particulier du service de stérilisation. La décision d'internalisation ou d'externalisation du service de stérilisation a été cependant largement abordée par les pharmaciens mais nous avons constaté que le point de vue « ingénieur » a été constamment absent pour ce genre d'études. L'étude de la mutualisation dans le cadre d'un réseau d'établissements de santé n'a pas été, à notre connaissance, abordée.

Dans la littérature, une première étude sur la faisabilité de la mutualisation des moyens de stérilisation entre un ensemble d'établissements français a été conduite dans l'objectif de déterminer les contraintes découlant d'une éventuelle mutualisation (flux, transport, proximité, délais, etc.) et aussi pour estimer le coût d'investissement et d'exploitation des services de stérilisation partagés. Cette étude est basée sur des analyses qualitatives et comporte essentiellement deux phases. La première phase consiste à élaborer un mode de recueil qui permet de collecter les informations nécessaires, de dimensionner l'activité chirurgicale et d'apprécier les volumes stérilisés et les ressources utilisées (équipement, matériel, personnel, etc.). Dans la deuxième étape, les données recueillies sont analysées afin de déterminer les critères de partage de ressources et définir en fonction de ces critères un ensemble de scénarios de mutualisation. Parmi les critères retenus, nous retrouvons la garantie de la fonction stérilisation en assurant la prise en charge des dispositifs médicaux en cas de panne du service mutualisé. Nous retrouvons aussi le critère distance et durée du trajet afin de limiter les risques liés à la logistique et optimiser les délais de restitution. La taille critique des unités de stérilisation mutualisée constitue un autre critère à considérer lors de la conduite d'un projet de mutualisation des services de stérilisation en définissant la capacité opérationnelle permettant de répondre à la demande tout en préservant la couverture d'éventuelles pannes d'équipements. La mise en commun des moyens doit aussi permettre de réduire les coûts de production par une meilleure utilisation et rationalisation des ressources [Arès santé & iQualis santé, 2005].

Le travail réalisé dans cette thèse représente une première contribution pour les problèmes de configuration des services logistiques de l'hôpital et notamment pour la question d'internalisation ou d'externalisation dans le cas où l'hôpital est considéré comme « établissements de santé indépendant » et pour la question de la mutualisation dans le cadre de l'organisation en « réseau d'établissements de santé ». Une autre contribution de ce travail consiste dans l'étude d'un cas réel, celui de l'hôpital de l'AIGLE par la proposition d'une structure de calcul du coût basée sur la méthode ABC et par l'application des modèles développés sur ce cas d'étude.

Nous précisons que plusieurs critères peuvent être considérés dans la décision de choix entre « faire », « faire-faire » ou « faire ensemble ». Parmi ces critères, nous retrouvons, par exemple, la qualité qui peut être exprimé par la disponibilité des boîtes de DMS, l'état des boîtes (composition, stérilité, etc.). Nous retrouvons aussi le critère risque engendré par l'externalisation du service de stérilisation, le critère délai de livraison des DMS ou aussi le critère coût.

Dans ce travail de thèse, nous considérons uniquement le critère coût et nous supposons que la qualité, par exemple, doit être assurée.

## 4. Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons présenté les niveaux de pilotage dans le contexte hospitalier pour situer notre problématique de recherche qui fait partie du niveau de décision stratégique et qui porte sur la décision de choix entre internalisation, externalisation ou mutualisation du service de stérilisation.

Dans le chapitre suivant, nous étudions le choix entre internalisation ou externalisation du service de stérilisation lorsque l'hôpital est considéré comme un « établissement de santé indépendant » à travers deux approches différentes : l'analyse par les coûts et la modélisation mathématique.



## **Chapitre 4. Internalisation ou externalisation du service de stérilisation : cas d'établissements de santé indépendants**

---

*La convergence des objectifs de l'hôpital vers les objectifs de la société conduit à une nécessaire interrogation sur le contenu des activités réalisées par l'hôpital en répondant aux questions de quoi faire, de quoi ne plus faire, de quoi faire-faire et de quoi faire-ensemble.*

*Nous abordons dans ce chapitre la question de choix entre internalisation ou externalisation du service de stérilisation dans le cadre d'établissements de santé indépendants. Nous proposons deux approches pour résoudre cette problématique : (1) une approche basée sur l'analyse des coûts à travers la proposition d'un modèle pour le calcul des coûts selon la méthode ABC (Activity Based Costing), et (2) une approche basée sur la modélisation mathématique.*

*Nous appliquons ensuite ces deux approches sur un cas d'étude réel pour établir le choix entre internalisation ou externalisation du service de stérilisation.*

---

### **1. Introduction**

Confrontés à l'obligation de baisser leurs coûts, les établissements de soins sont amenés aujourd'hui à s'interroger sur le partage entre « cœur de métier » sur lequel se recentrer et les tâches « annexes » externalisables. En effet, le contexte réglementaire de plus en plus contraignant, l'accréditation et la mise en place de pôles obligent aujourd'hui les établissements de soins à repenser leur mode d'organisation et de gestion. Ces changements font naître au sein des établissements de soins une évolution dans la prise en charge des patients mais aussi une modification quant à la maîtrise et la gestion économique de certains services de soins ainsi que des services de soutien tels que les services logistiques.

Dans ce chapitre, nous nous intéressons, dans une première étape, à l'étude de la décision de choix entre externaliser ou internaliser le service de stérilisation dans le cas d'un centre hospitalier français à travers une analyse par les coûts. Cette étude a pour objectif d'évaluer le coût par cycle de stérilisation ainsi que le coût par type de conditionnement (sachet ou paquet de taille moyenne) pour pouvoir se comparer aux prestations de stérilisation externes. Nous effectuons ainsi une évaluation économique de l'activité de stérilisation réalisée en interne (au niveau d'une unité centralisée contigüe au bloc opératoire), que nous comparons au prix de l'activité externalisée chez un prestataire industriel ou chez un centre hospitalier de la région.

Nous proposons pour cela et tout d'abord un modèle basé sur l'analyse du processus de stérilisation pour calculer les coûts en interne et nous évaluons le cas d'une prestation de stérilisation externalisée en considérant les différentes options possibles. Pour effectuer nos comparaisons, nous nous basons sur les offres de prix des prestataires externes. Ensuite, nous étendons notre analyse en considérant une approche multi-critères pour déterminer le meilleur choix entre externaliser ou internaliser l'activité de stérilisation selon les critères coût, qualité et proximité géographique.

Dans une deuxième partie, nous abordons dans ce chapitre la question de choix entre internalisation ou externalisation du service de stérilisation par une modélisation mathématique qui considère les différentes activités du processus de stérilisation. Nous formulons le problème sous forme d'un programme linéaire en nombres mixtes que nous validons sur le cas du CHR de l'AIGLE.

## 2. Externalisation ou internalisation du service de stérilisation : Analyse par les coûts et étude d'un cas réel

### 2.1. Contexte de l'étude et approche proposée

La question du choix du meilleur positionnement de l'unité de stérilisation hospitalière et de la faisabilité de son externalisation a été posée par le Centre Hospitalier Régional (CHR) de l'AIGLE (France) dans le cadre de l'élaboration de son projet immobilier de réorganisation qui prévoit entre autres, la reconstruction des services constituant le plateau médico-technique de l'établissement. Ce projet immobilier a donc fait naître des interrogations sur le devenir de cette activité : conservation d'une unité centrale de stérilisation ou sous-traitance inter-hospitalière ou industrielle ?

#### 2.1.1. présentation du cas d'étude

Le CHR de l'AIGLE est un hôpital à 430 lits repartis pour 2005 comme sur le tableau 7.

Service	Nombre de lits installés ou activités
<b>MCO (Médecine-Chirurgie- Obstétrique)</b>	126
Médecine	63
Chirurgie orthopédique/viscérale/vasculaire	43
Gynécologie-obstétrique	17
<b>Soins de suite</b>	29
<b>Etablissement d'Hébergement pour Personnes Agées Dépendantes (EHPAD)</b>	190
<b>Urgences</b>	13818 passages en 2005
<b>Santé mentale</b>	36
<b>UHCD (unité d'hospitalisation de cout séjour)</b>	4

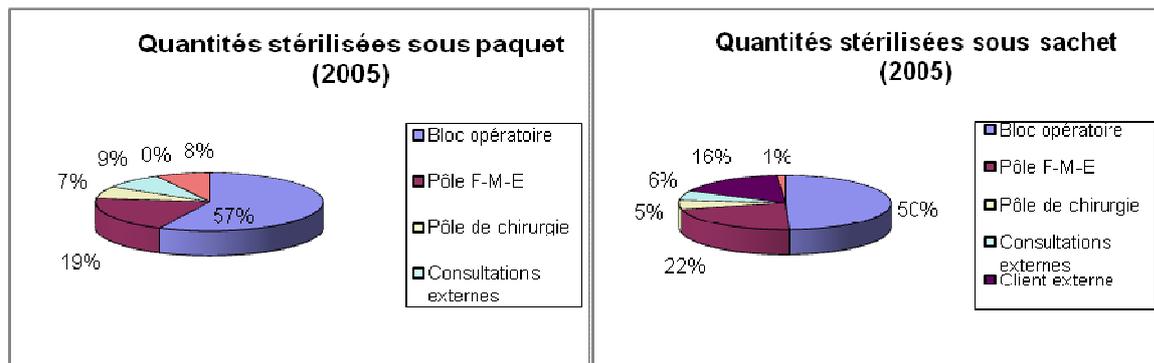
**Tableau 7.** Répartition des services de l'établissement

L'établissement présente une structure monobloc avec une unité de stérilisation centralisée située à proximité du bloc opératoire dont le rôle est de stériliser essentiellement les DM qui arrivent du bloc opératoire, des unités de soins et des consultations.

En terme de capacité de production de DMS, l'unité de stérilisation du CHR de l'AIGLE fournit environ 200 m<sup>3</sup> par an toute forme de DM confondue, soit environ 1 m<sup>3</sup> par jour ouvrable.

Le service de stérilisation effectue, en plus de la stérilisation pour le compte de ses clients internes, la prestation pour le compte du Centre Hospitalier de VERNEUIL sur AVRE dans le cadre d'une convention de sous-traitance.

La figure 15 représente la répartition des quantités stérilisées (conditionnées sous forme de paquets et de sachets) sur les différents clients de la stérilisation pendant l'année 2005.



**Figure 15.** Répartition des quantités stérilisées

Le bloc opératoire représente le client principal du service de stérilisation dans le cas de l'hôpital de l'AIGLE avec 57% de la quantité de DM stérilisés sous paquets et 50% sous sachet. Vient ensuite le pôle Femme-Mère-Enfant (pôle F-M-E) avec presque 20% de la quantité de DM traitée.

Le reste de la quantité stérilisée est partagé entre le pôle de chirurgie et les consultations externes. Pour ses clients externes, l'hôpital de l'AIGLE stérilise principalement des DM conditionnés sous sachets.

Dans tout le reste de notre étude, nous utiliserons les données relatives à l'année 2005.

### 2.1.2. Démarche proposée : une analyse multi-critères

Nous nous intéressons tout d'abord à l'étude de l'externalisation du service de stérilisation en procédant par une analyse des coûts. Nous commençons par une analyse de processus qui nous permettra de définir les activités à considérer dans le choix entre internalisation ou externalisation et les ressources que consomme chaque activité. Ceci aboutira à une modélisation du processus de stérilisation. Nous proposons un modèle de coût pour évaluer le coût de l'option stérilisation en interne.

Le modèle proposé est basé sur la méthode ABC (*activity Based Costing*) et permettra de calculer le coût par activité du processus de stérilisation ainsi que le coût par type de conditionnement (sachet ou paquet). Nous optons pour l'utilisation de la méthode ABC essentiellement car elle nous permettra d'identifier les activités les plus chères et que l'hôpital sera peut être amené à externaliser.

Nous effectuons des évaluations économiques des différents scénarios d'externalisation possibles pour déterminer le meilleur positionnement de l'activité selon le critère coût.

Nous introduisons ensuite d'autres critères pour le choix entre internalisation ou externalisation du service de stérilisation tel que le critère qualité ou proximité géographique.

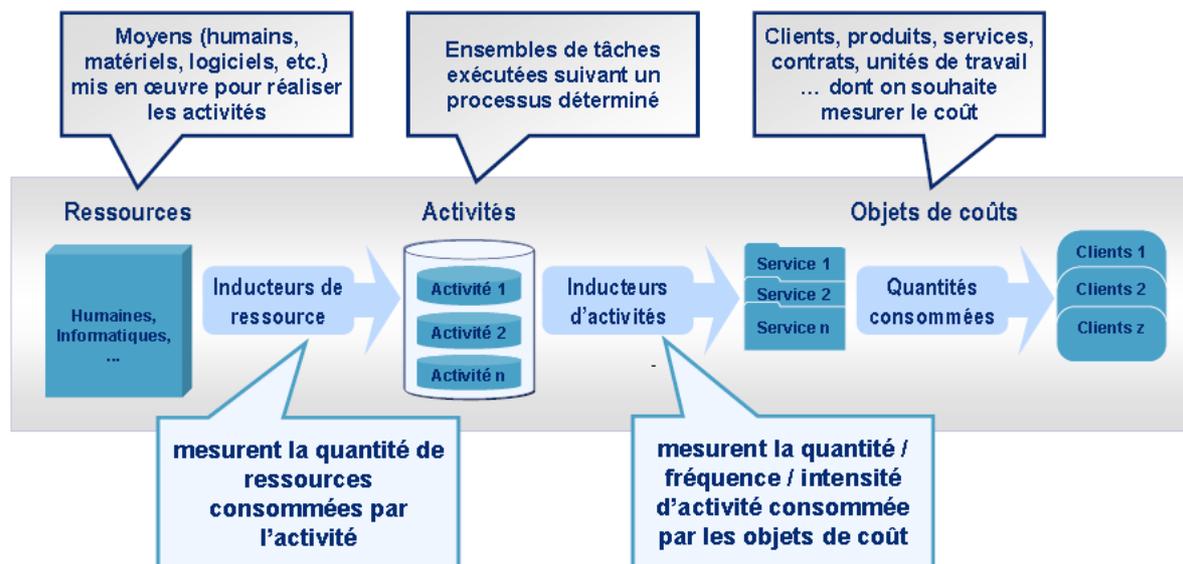
Notre approche est présentée par la figure 17.

### 2.1.3. La méthode ABC (Activity Based Costing)

La méthode ABC est une méthode d'analyse des coûts selon les activités et les ressources qu'elles utilisent. En pratique, les différentes étapes pour la mise en place d'une démarche ABC sont les suivants :

1. Modéliser le processus à étudier et les différentes activités qui le composent.
2. Pour chaque activité, un inducteur sera retenu et suivi. Cet inducteur représente l'unité qui permettra de répartir le coût total de l'activité.
3. Ainsi le calcul du coût de revient peut être effectué, en réalisant un tableau de répartition des charges par produit. Les inducteurs ont pour objectif principal de répartir les charges indirectes, les charges directes sont réparties généralement de manière ordinaire.

Le principe de la méthode ABC est représenté par la figure 16.



**Figure 16.** Principe de la méthode ABC [Camargo et al., 2007]

Ainsi, la méthode ABC se base sur deux approches :

- l'approche analytique qui consiste à analyser comment les ressources (humaines, financières, matérielles, intellectuelles, etc.) sont consommées par les activités et à définir les activités consommées par chaque produit, client, services, etc. On obtient ainsi un prix de revient détaillé par activité.
- l'approche fonctionnelle qui consiste à décomposer le métier en processus, et le processus en activités. Le principe étant d'analyser la performance des processus et de chaque activité, de constater les manquements ou les failles et de parfaire la fluidité des processus dans le but d'une amélioration globale du fonctionnement de l'entreprise [Camargo et al., 2007].

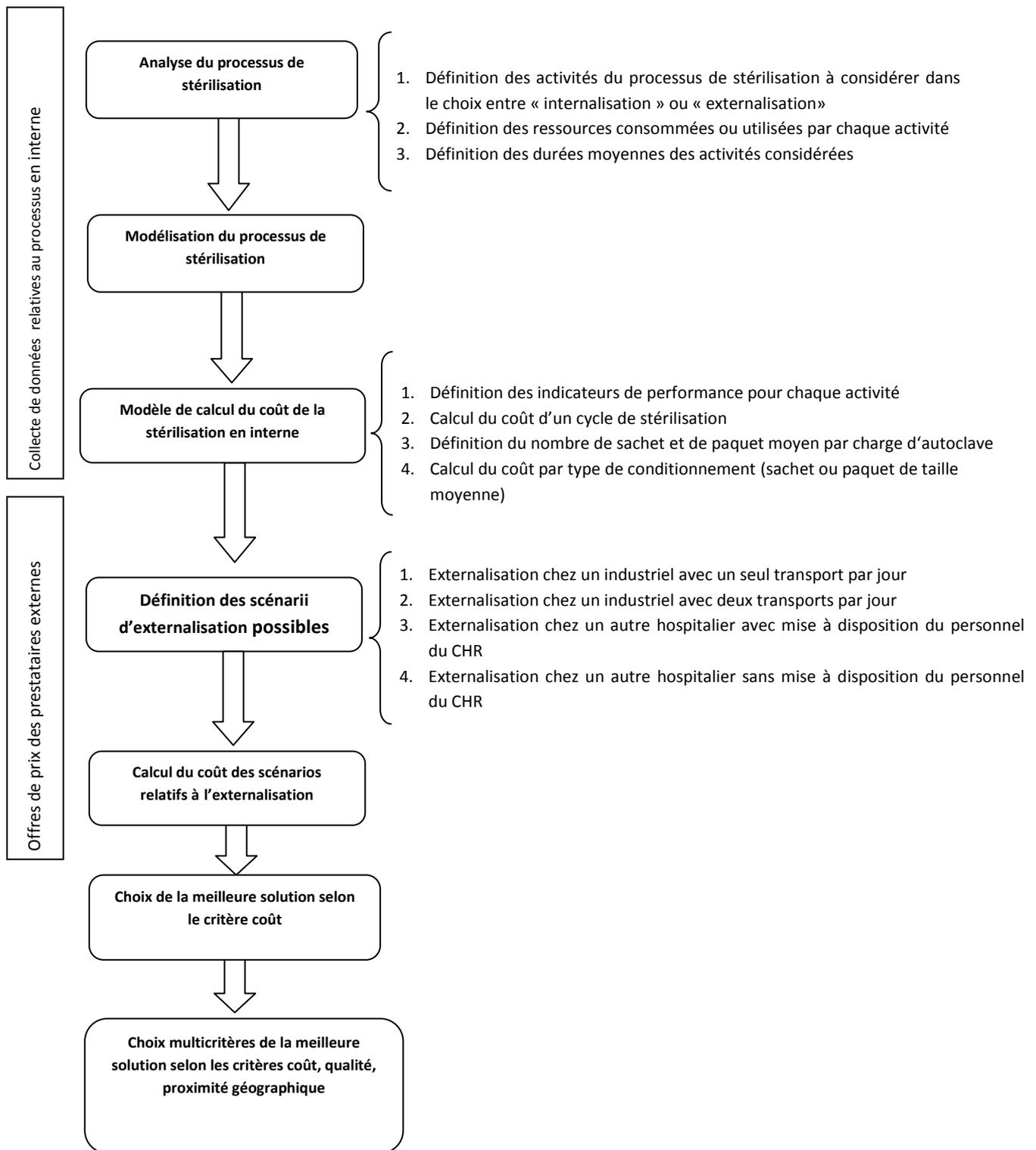


Figure 17. Approche proposée

Par mise à disposition du personnel nous désignons le fait qu'il y aurait du personnel du CHR qui se déplacera sur les lieux du prestataire hospitalier externe pour effectuer la stérilisation de ses propres DM.

## 2.2. Modélisation du processus de stérilisation

Pour modéliser le processus de stérilisation, nous avons commencé par explorer le terrain. Le processus de stérilisation est représenté sur la figure 18.

Le service de stérilisation fonctionne avec une équipe de sept personnes :

- 1 pharmacien hospitalier (PH), 1 Equivalent Temps Plein (ETP)<sup>12</sup> pour la Pharmacie à Usage intérieur,
- 1 cadre de santé (CS), 0.8 ETP,
- 3 aides soignantes (AS), 3 ETP,
- 2 agents hospitaliers (ASH), 1 agent pour l'entretien des locaux et 1 agent pour le poste de lavage manuel.

Le parc d'équipements est constitué de : 1 laveur à ultrason, 1 lave instrument double porte avec traçabilité des paramètres de lavage, 1 lave instrument double porte sans traçabilité des paramètres de lavage, 4 soudeuses (dont 2 actives et 2 en réserve), 1 autoclave mono-porte avec enregistreur de graphique de stérilisation circulaire et 1 autoclave-double porte avec enregistreur de graphique de stérilisation linéaire.

---

<sup>12</sup> *ETP* : Nombre total d'heures travaillées divisé par la moyenne annuelle des heures travaillées dans des emplois à plein temps

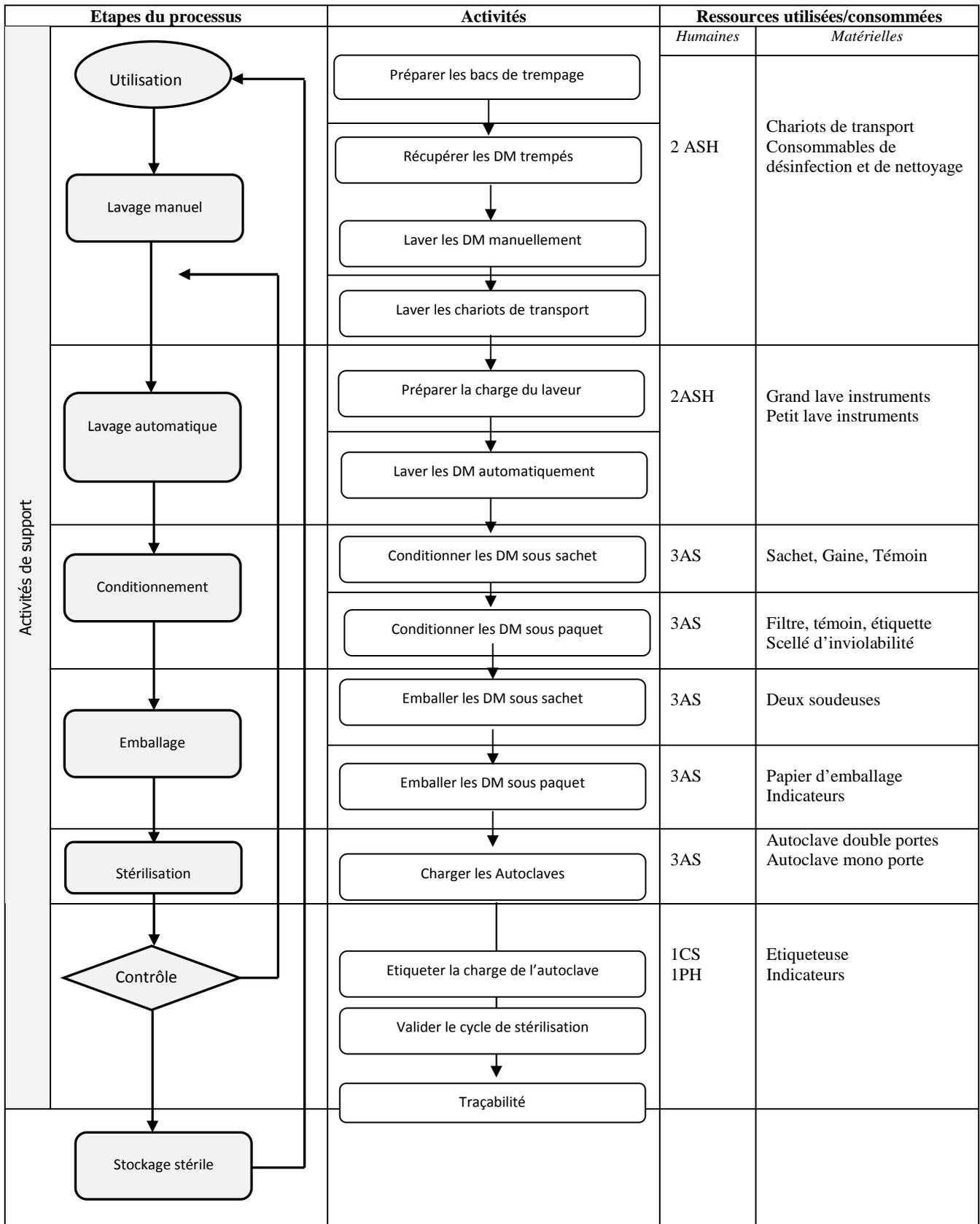


Figure 18. Processus de stérilisation en interne

### 2.3. Modèle de calcul des coûts

Afin de choisir la meilleure organisation du service de stérilisation de point de vue coût de la prestation, nous proposons de commencer par l'évaluation économique de la configuration existante.

Nous effectuons ainsi, dans une première étape, une analyse du processus de stérilisation pour énumérer les étapes externalisables de celui-ci (figure 18). Nous distinguons entre les activités principales qui participent directement à la production des DMS et les activités de support qui soutiennent les activités principales pour faciliter la réalisation du processus.

En considérant les activités relatives à toutes les étapes du processus de stérilisation, nous avons défini, dans une deuxième étape, une unité d'œuvre ou inducteur de ressource pour chaque activité. Un inducteur de ressource étant un générateur de coût qui mesure la production de l'activité. Les unités d'œuvre sont représentées dans le tableau 8.

Nous affectons ensuite toutes les charges et temps de travail aux différentes activités, nous obtenons un total des charges et un total de temps par activité qui constitue les ressources de fonctionnement de l'activité.

Le modèle de coût que nous avons proposé permet le calcul du coût par rapport à un cycle de stérilisation. Notre modèle, considère ainsi les ressources consommées et/ou utilisées par chaque activité du processus de stérilisation et permet d'évaluer la consommation de chaque étape du processus en terme de coût de main d'œuvre, d'utilisation machine et d'autres consommables (sachet de conditionnement, papier pour l'emballage, indicateurs, etc.). Dans notre analyse, le coût des activités de soutien a été reparti de manière identique sur les différentes unités de conditionnement.

Etape	Activité	Unité d'œuvre
Lavage manuel	Préparer les bacs de trempage	La minute de préparation
	Récupérer les DMS trempés	La minute de collecte
	Laver les DM manuellement	Le panier de lavage
	Laver les chariots de transport	Le chariot de transport
Lavage automatique	Préparer la charge du laveur	La charge du laveur
	Laver les instruments automatiquement	Le cycle de lavage
Conditionnement	Conditionner les DM sous sachet	Le sachet
	Conditionner les DM sous panier	Le panier
Emballage	Emballer les DM conditionnés sous sachet	Le sachet
	Emballer les DM conditionnés sous panier	Le panier
Stérilisation	Stériliser les DMS conditionnés	Le cycle de stérilisation
Contrôle	Décharger et étiqueter la charge de l'autoclave	Le cycle de stérilisation
	Contrôler et valider le cycle de stérilisation	Le cycle de stérilisation
	Traçabilité du cycle de stérilisation	Le cycle de stérilisation à vide
Support	Nettoyer locaux	Le cycle de stérilisation
	Nettoyer la cuve de l'autoclave	Le cycle de stérilisation
	Gestion du personnel	Le cycle de stérilisation
	Suivi de l'activité	Le cycle de stérilisation

**Tableau 8.** Unités d'œuvre par activité du processus de stérilisation

Dans notre calcul, nous ne considérons pas les coûts d'amortissement parce que le matériel utilisé par le service de stérilisation, à ce jour, est totalement amorti.

Le modèle de coût proposé est représenté dans le tableau 9.

Étape du processus	Activité	Evaluation économique											
		Main d'œuvre				Machine				Consommables			
		Qui	Durée (mn)	Prix unitaire	Valeur (euro)	Type	Quoi	Prix unitaire	Valeur (euro)	Quoi	Quantité	Prix unitaire	Valeur (euro)
Lavage manuel	• Préparer les bacs de trempage	ASH	9	0,31	1,90								
	• Récupérer les DM trempés	ASH	6,75	0,31	1,42								
	• Laver les DM manuellement	ASH	30	0,31	6,36					Alkazyme		5,4	5,4
	• Laver les chariots de transport	ASH	4,5	0,31	0,94								
	• Préparer la charge du laveur	ASH	4,5	0,31	0,94								
Lavage automatique	• Préparer la charge du laveur	ASH				Laveur	<ul style="list-style-type: none"> <li>Eau osmosée</li> <li>E. électrique</li> </ul>	1,005					
	• Laver les DM automatiquement		3	0,31	0,63								
Conditionnement	• Conditionnement sous sachet	AS								Sachet	1	0,18	0,18
			30	0,36	7,44					Gaine	1	11,85	11,85
	• Conditionnement sous paquet									Témoin	1	0,21	0,21
		AS	48	0,36	11,89					Filtre rond	1	0,13	0,135
Emballage	• Emballer les DM conditionnés sous sachet	AS								Témoin	1	0,21	0,21
	• Emballer les DM conditionnés sous sachet	AS	36	0,37	8,928					Étiquette	1	0,10	0,105
Stérilisation		AS				Autoclave	<ul style="list-style-type: none"> <li>Eau</li> <li>E. électrique</li> </ul>	0,99 2,29					
			4,5	0,37	1,116								
Contrôle	• Décharger et étiqueter la charge de l'autoclave	AS											
	• Contrôler et valider le cycle de stérilisation	PH	4,5	0,37	1,11								
	• Traçabilité du cycle de stérilisation	AS	22,5	0,73	11,02								
	• Test à vide	ASH	7,5	0,31	1,59								
Support	• Nettoyer locaux	ASH	90	0,31	19,08								
	• Nettoyer la cuve de l'autoclave	ASH	12	0,31	2,544								
	• Gestion du personnel	CS	22,5	0,55	8,28								
	• Suivi de l'activité	CS	45	0,55	16,56								
	• Approvisionnement en DM	CS	22,5	0,55	8,28								

**Tableau 9.** Modèle de calcul du coût en interne

\* pour des raisons de confidentialité, les valeurs représentées dans le tableau 9 ont été pondérées.

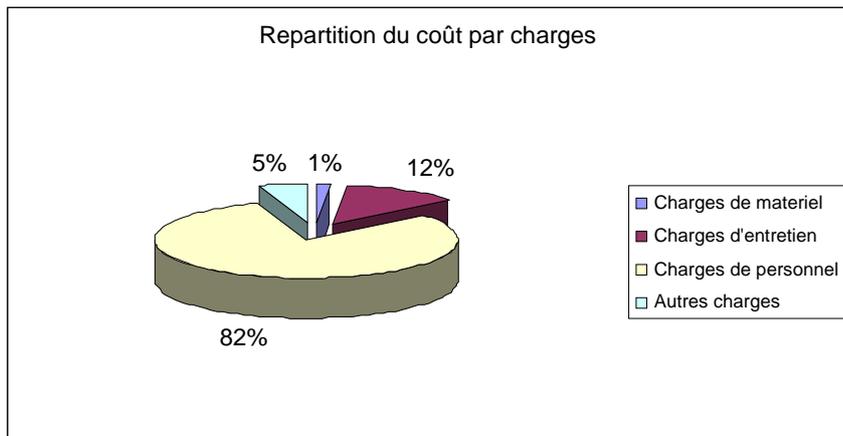
## 2.4. Résultats de l'étude

### 2.4.1. Coût total de chaque étape du processus de stérilisation

A partir du modèle du coût établi ci haut, plusieurs analyses sont effectuées :

- **Répartition du coût de stérilisation en interne selon quatre types de charge : charges du personnel, charges de matériel, charges d'entretien, et autres charges**

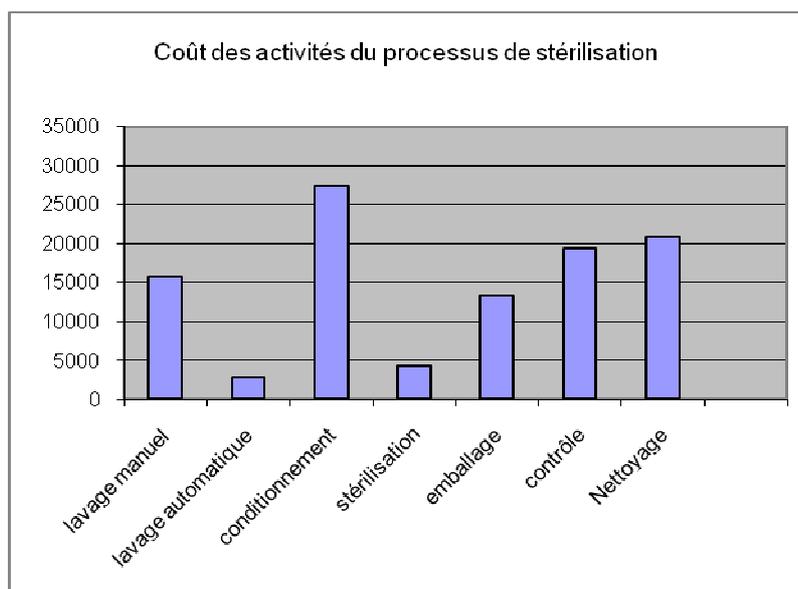
La figure 19 montre la répartition du coût de stérilisation sur ces quatre types de charges. Nous soulignons ici que 82% des charges de ce processus sont des charges de personnel. Le processus de stérilisation comporte plusieurs tâches manuelles (suivi de la traçabilité). Par ailleurs, le personnel d'encadrement représente une part importante de ce coût (gestion et suivie).



**Figure 19.** Répartition du coût par type de charge

- **Répartition du coût par étape du processus de stérilisation.**

En utilisant le modèle de coût proposée nous avons pu évaluer la consommation en termes de coût de chaque étape du processus de stérilisation. Comme le montre la figure 20, nous constatons que les activités de support tel que le nettoyage, par exemple, coûtent plus cher que certaines activités principales (stérilisation, emballage).



**Figure 20.** Répartition du coût par activité du processus de stérilisation

### **2.4.2. Coût par type de contenant**

Le coût de stérilisation par type de conditionnement constitue, pour le pharmacien responsable de la stérilisation du CHR de l'AIGLE, un paramètre important pour l'aide à la décision vu que la majorité des offres de prix des prestataires externes sont exprimés en unité monétaire et par type de conditionnement. En plus, ces éléments de coût peuvent être utiles dans le cas de choix entre matériel réutilisable et matériel à usage unique. Ainsi et grâce à cette étude, le pharmacien disposera des informations l'aidant à définir sa politique d'achat, à fixer ses prix pour la sous-traitance et à étudier des futures propositions concurrentielles.

Le coût de stérilisation par type de contenant (sachet ou paquet) a été déterminé dans le cas de notre étude sachant que la charge moyenne d'un autoclave peut contenir en moyenne 12 paquets ou 90 sachets. Ce coût est obtenu en divisant le coût global de la charge (déterminé par le modèle de calcul des coûts proposé plus haut) par le nombre de contenants par charge. Pour le cas du CHR de l'AIGLE, le coût d'un paquet s'élève à 8,26 euros tandis que le coût d'un sachet est de 1,1 euro.

### **2.4.3. Proposition des prestataires de sous-traitance**

Le choix entre faire ou faire faire dépend du coût de la stérilisation en interne et des offres de prix des prestataires externes. En effet, la comparaison entre le coût de stérilisation en interne et les offres des entreprises privées ou hôpitaux devra être approfondie avant toute prise de décision. Dans le cadre de notre étude nous avons pu disposer des éléments de coûts, de deux prestataires du service de stérilisation externes : un prestataire industriel (CHEXT1) et un prestataire hospitalier (CHEXT2). Ces coûts concernent essentiellement le coût par type de conditionnement en plus du coût de transport.

Le prestataire industriel propose son propre service de transport. En fonction de la demande du CHR de l'AIGLE en DMS, l'entreprise CHEXT1 effectue le nombre de livraisons (aller/retour) nécessaires. Ce transport se fait directement entre le service de stérilisation du CHR et le site du prestataire. Les livraisons sont prévues cinq jours par semaine, les besoins des week-ends sont à couvrir par les stocks de DMS à placer sur le site du CHR de l'AIGLE. Toutefois le sous-traitant peut effectuer des livraisons supplémentaires en cas d'urgences par exemple. Selon les offres de prix sollicitées auprès de l'entreprise CHEXT1, les coûts de la prestation de transport par exemple s'élèvent à 310 euros par aller/retour.

Pour le cas d'une externalisation chez le Centre Hospitalier CHEXT2, le transport sera soit confié à un autre prestataire de transport soit effectué par les propres véhicules du CHR de l'AIGLE. Dans ce dernier cas, il faut prévoir des camions pour effectuer les transports et donc un coût en plus. Dans nos calculs, nous nous sommes basés sur l'offre de l'entreprise CHEXT1 pour évaluer les coûts de transport dans le cas de l'externalisation chez le centre hospitalier.

Il est intéressant à signaler que dans le cas d'une externalisation le CHR de l'AIGLE doit redimensionner son parc d'instruments et donc prévoir une multiplication de celui-ci. Dans le cadre de cette étude, nous considérons que l'hôpital gardera la même quantité de DMS ce qui impliquera des coûts de transport élevés pour remédier à la rupture des stocks. Ainsi, nous ne considérons pas de coût d'augmentation du parc d'instruments dans nos évaluations économiques.

## **2.5. Comparaison des différents scénarios considérés selon le critère coût**

Après l'évaluation économique de la stérilisation du CHR en interne et la collecte d'éléments de coût concernant les offres de prix des prestataires externes, nous avons analysé les différents scénarios possibles pour définir le meilleur positionnement de l'unité de stérilisation.

Nous avons considéré donc le cas stérilisation centrale en interne, stérilisation externalisée chez le prestataire CHEXT1 et stérilisation externalisée chez le Centre Hospitalier CHEXT2. Pour ces

deux derniers cas nous avons évalué le coût tout en considérant le cas avec deux aller/retour (collecte/livraison) et le cas un seul aller/retour par jour.

Nous avons ainsi considéré ainsi les scenarii suivants :

- Scénario 0 : Stérilisation centrale au niveau du CHR de l'AIGLE.
- Scénario 1 : Externalisation chez CHEXT1 avec deux allers/retours par jour.
- Scénario 2 : Externalisation chez CHEXT1 avec un aller/retour par jour.
- Scénario 3 : Externalisation chez CHEXT2 avec deux allers/retours par jour sans mise à disposition de personnel.
- Scénario 4 : Externalisation chez CHEXT2 avec un aller/retour par jour sans mise à disposition de personnel.
- Scénario 5 : Externalisation chez CHEXT2 avec deux allers/retours par jour avec mise à disposition de personnel.
- Scénario 6 : Externalisation chez CHEXT2 avec un aller/retour par jour avec mise à disposition de personnel.

Les résultats des évaluations économiques des scénarios considérés sont donnés par le tableau 10.

L'évaluation économique du scénario 0 est obtenue en appliquant la méthode de calcul de coût que nous avons proposée. Pour les scénarios 1 et 2, nous nous basons sur l'offre du prestataire CHEXT1 qui nous fournit le coût de stérilisation par type de conditionnement (sachet, paquet, etc.) et avec qui nous convenons un coût de transport selon le nombre de livraisons journalières (par exemple, pour une livraison par jour, le coût de transport s'élève à 310 euros). Dans les quatre autres scénarios, nous nous basons aussi sur l'offre du prestataire CHEXT2 pour l'évaluation des coûts de stérilisation et de transport, auxquels nous ajoutons le coût du personnel mis à disposition pour effectuer la stérilisation chez le prestataire externe et que nous avons dimensionner en fonction de la quantité à stériliser.

Dans ces évaluations, le CHR de l'AIGLE décide par hypothèse de fonctionner avec les dispositifs médicaux qu'il possède sans augmentation de son parc d'instruments, ce qui engendrera des coûts de transports élevés pour éviter les risques de rupture de stock.

Scenario	Évaluations économiques (coût annuel en euros pour 2005)
Scenario 0	251 674
Scenario 1	505 599
Scenario 2	409 202
Scenario 3	541 635
Scenario 4	512 135
Scenario 5	309 190
Scenario 6	279 690

**Tableau 10.** Evaluation économique des scenarii considérés

Ces résultats montrent l'intérêt que représente le scénario « stérilisation en interne », (scénario 0), de point de vue coût total de stérilisation. Il est aussi intéressant de noter que les scénarios 5 et 6 présentent un avantage de point de vue coût par rapport aux autres scénarios. Ainsi, il semblerait qu'en seconde position l'externalisation chez un autre hôpital est favorisée et ce dans le cas d'une mise à disposition du personnel. Ces options sont eux même plus favorisées que l'externalisation chez un prestataire de service (scénarios 1 et 2). Ceci s'explique surtout par les coûts de transport qui sont très élevés dans ce cas.

Une externalisation chez le prestataire hospitalier sans mise à disposition du personnel est certes intéressante du fait qu'elle permet de libérer du personnel qui sera affecté à d'autres services mais elle s'avère plus coûteuse qu'une externalisation avec mise à disposition du personnel.

## 2.6. Comparaison des différents scénarios considérés selon les critères : coût, qualité et proximité géographique

Le choix entre internalisation ou externalisation du service de stérilisation peut tenir compte d'autres critères tels que la qualité par exemple ou la disponibilité des DMS.

Dans cette partie, nous allons intégrer d'autres critères dans le choix entre stérilisation effectuée en interne, stérilisation externalisée chez le prestataire CHEXT1 et stérilisation externalisée chez le centre hospitalier CHEXT2. Nous considérons, en plus du critère coût (C1), les critères « qualité » (C2) et « proximité géographique » (C3) dans notre choix et nous proposons d'utiliser la méthode du « critère globale » [Vincke, 1989] pour choisir le meilleur fournisseur de la prestation de stérilisation pour le cas du CHR de l'AIGLE.

Le critère qualité peut être exprimé la disponibilité ou l'état des boîtes (composition, stérilité, etc.).

### 2.6.1. Présentation de la méthode du « critère globale »

La méthode du « critère globale » est une méthode d'optimisation mathématique multi-critères qui consiste à minimiser les écarts par rapport à la solution idéale sans procéder à une articulation a priori des préférences. Sa formulation algébrique est la suivante :

$$\text{Min} \sum_{j=1}^n [(g_j(x^*) - g_j(x) / g_j(x^*))]^r$$

avec,  $g_j(x^*)$ : est l'évaluation de la meilleure des solutions sur le critère  $j$ .

D'une façon générale, si  $r$  est un entier pair, alors le décideur est indifférent par rapport aux écarts positifs et négatifs, si  $r$  est un entier impair, alors le décideur est sensible aux écarts positifs et négatifs.

### 2.6.2. Application de la méthode au cas du CHR de l'AIGLE

Afin d'évaluer les notes de chaque configuration par rapport au critère qualité et proximité géographique, nous avons définie l'échelle d'évaluation suivante :

$C2 \in [1, 5]$ . Ainsi 5 : la qualité est fortement appréciée

1 : la qualité a un niveau très faible pour le scénario considéré

$C3 \in [1, 3]$ . Ainsi 3 : le fournisseur externe de la stérilisation est très proche de l'hôpital,

1 : le fournisseur externe est géographiquement distant de l'hôpital

En se basant sur cette échelle, nous attribuons aux différents fournisseurs de la stérilisation les notes données par le tableau 11. Ainsi, le prestataire de service se caractérise par un niveau de qualité élevé et d'une localisation géographique éloignée. Par ailleurs, l'hôpital externe est plus proche. Nous choisissons  $r = 2$  (dans notre cas, les écarts sont toujours positifs).

Fournisseurs	Critères de choix	Coût (C1)	Qualité (C2)	Proximité géographique (C3)	Critère global
CHR (scénario 0)		251674	3	3	0.06
CHEXT1 (scénario 2)		409202	4	1.5	1.26
CHEXT2 (scénario 6)		279690	3	2	0.47

**Tableau 11.** Choix du meilleur fournisseur selon la méthode du critère globale

Avec :

$$g_{C1}(x^*) = 251674, g_{C2}(x^*) = 4 \text{ et } g_{C3}(x^*) = 3$$

Selon la méthode du critère globale, l'intégration des critères « qualité » et « proximité géographique » dans notre modèle de choix de fournisseurs aboutit au même résultat obtenu suite aux évaluations économiques que nous avons effectuées, et qui est de garder la stérilisation en interne au niveau du CHR de l'AIGLE. Ainsi, même si le prestataire de service a un niveau de qualité élevé, cela n'a pas influé sur son choix puisqu'il présente un coût plus élevé et une localisation géographique moins favorisée que les autres options.

Il est toujours plus intéressant d'externaliser chez le prestataire hospitalier que chez le prestataire de service. En effet, le prestataire hospitalier présente un coût moindre et une localisation géographique plus favorisée. Le prestataire industriel a pourtant été mieux noté pour le critère qualité de service. Ainsi outre le coût et la qualité, le critère « proximité géographique » est important dans le choix du fournisseur externe dans le cas de l'externalisation du service de stérilisation. Ceci influence non seulement les coûts de transport mais aussi la réactivité du fournisseur externe dans le cas des urgences par exemple [Tlahig et *al.*, 2007a].

## 2.7. Synthèse

La stratégie à adopter en matière de stérilisation doit répondre aux exigences réglementaires et aux bonnes pratiques de la pharmacie hospitalière. Elle doit également être à coût intéressant.

Dans le cas de la stérilisation du CHR de l'AIGLE, une externalisation chez le prestataire industriel ou chez un centre hospitalier situé à proximité ne semble pas être la plus intéressante de point de vue coût. En effet, en considérant l'ensemble de tous les coûts observés en internes et les coûts des différents scénarios considérés dans notre étude, l'analyse se révèle en défaveur de l'externalisation. Il apparaît que dans le cas de l'externalisation, les coûts de transport pèsent lourd, en plus il faut garder une équipe en interne pour effectuer la livraison, la réception et la distribution des DM et augmenter le parc d'instruments et donc gérer un stock en plus.

La stérilisation centrale interne est la solution à privilégier selon le critère coût et même selon un critère global qui traduit à la fois le coût, la qualité et la proximité géographique du prestataire externe dans le cas du CHR de l'AIGLE et représente l'avantage de la proximité du bloc opératoire. Toutefois certaines améliorations peuvent être introduites afin d'optimiser le fonctionnement du service de stérilisation. Un ensemble d'améliorations a été décelé au cours de notre étude (meilleure gestion des stocks et des périmés, certification ISO 9000 de la stérilisation et du bloc opératoire...)

Dans la suite de ce chapitre, nous proposons un modèle mathématique pour le choix entre internalisation ou externalisation du service de stérilisation que nous validons sur le cas du CHR de l'AIGLE.

## 3. Externalisation ou internalisation du service de stérilisation : modélisation mathématique

Dans cette section, nous proposons une modélisation mathématique pour le choix entre internalisation ou externalisation du service de stérilisation lorsque l'hôpital est considéré comme « établissements de santé indépendant ». Nous considérons que cette décision concerne l'ensemble des dispositifs médicaux utilisés par le bloc opératoire et les différents services de l'hôpital.

Nous formulons ce problème sous forme d'un programme linéaire mixte en nombre entier (MILP). Notre modèle est multi-périodes (prend en compte la variation de la demande et des coûts sur l'horizon considéré) et considère l'ensemble des activités du processus de stérilisation.

Nous validons ensuite notre modèle sur le cas du CHR de l'AIGLE et nous évaluons sa robustesse par des analyses de sensibilité en considérant différents scénarios possibles telle que la variation de la demande en DMS ou la variation de la capacité de production.

### **3.1. Modélisation de l'externalisation/internalisation**

#### **3.1.1. Approche proposée**

Dans cette stratégie, nous proposons pour la question de choix entre « internalisation » ou « externalisation » une approche qui concerne tous les dispositifs médicaux utilisés au niveau de l'hôpital et qui considère l'intégralité du processus de stérilisation.

L'objectif est d'identifier les activités à considérer dans le choix entre les deux options : internalisation (faire) ou externalisation (faire-faire). En effet, nous proposons une approche multi-périodes qui décompose le processus de stérilisation en activités et qui permet de répondre à deux types de questions :

1. Quelles activités du processus de stérilisation faut-il externaliser ? A partir de quelle période ? Quelles activités garder en interne ?
2. Si on opte pour l'externalisation, quel fournisseur externe est à sélectionner ?

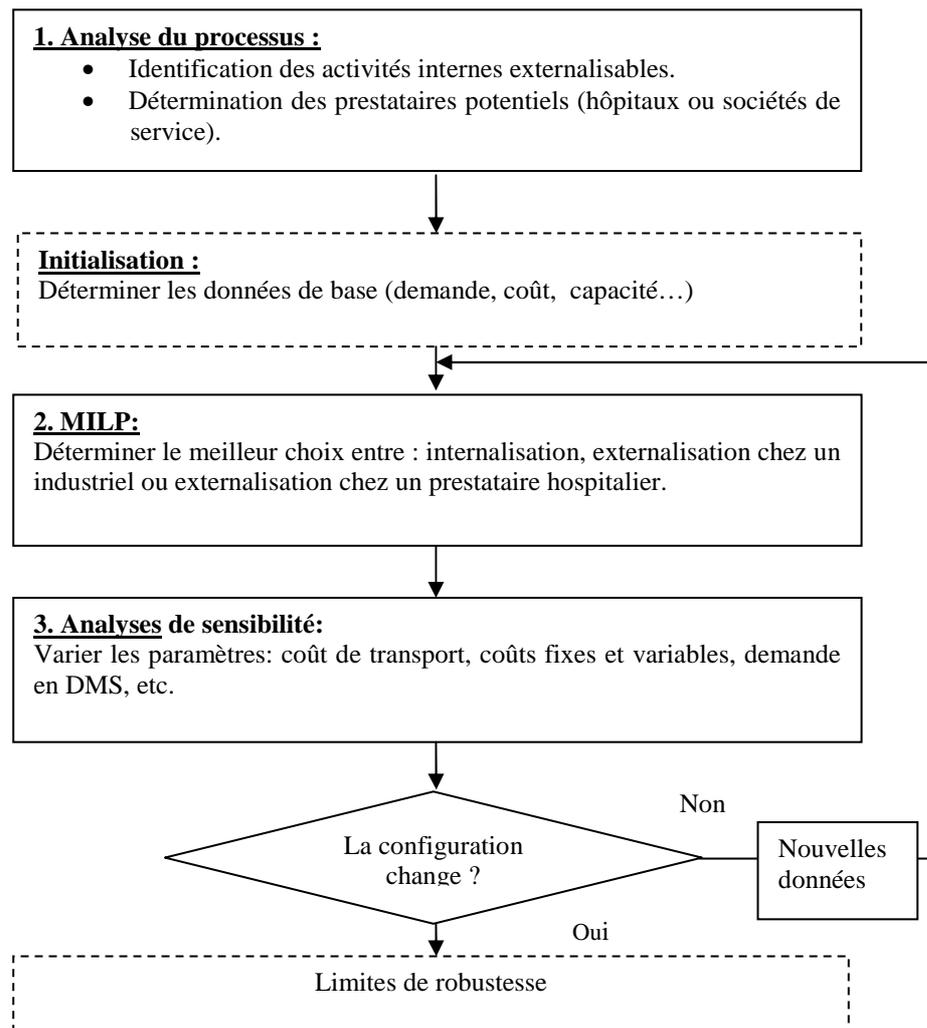
La figure 21 représente les différentes étapes de l'approche que nous proposons.

Nous commençons, dans une première étape, par effectuer une analyse du processus de stérilisation pour énumérer les activités de celui-ci qui sont externalisables. Le choix entre « internalisation » ou « externalisation » est basé sur le critère coût et tient compte de toutes les activités externalisables du processus de stérilisation. En effet, l'objectif consiste à déterminer le choix qui minimise le coût total de ce processus, composé du coût fixe de production des DMS (charges d'exploitation relatives au personnel, coût d'acquisition des autoclaves, coût d'installation), du coût variable de stérilisation (eau, énergie, consommables, etc.), du coût de transport et du coût de stockage (stocks intermédiaires et stock en DMS).

Les contraintes considérées sont : (1) les contraintes de respect de la capacité de production par activité du processus de stérilisation, (2) les contraintes de respect de la capacité de transport dans le cas de l'externalisation, (3) les contraintes de satisfaction de la demande en DMS, (4) les contraintes de conservation des flux, (5) les contraintes relatives au stock, et (6) les contraintes de fonctionnement (par exemple, il n'est pas permis de partager les produits à stériliser en une partie à traiter en interne et une autre à externaliser).

Dans une seconde étape, nous validons notre modèle sur le cas du CHR de l'AIGLE et nous testons sa sensibilité par rapport aux paramètres « coûts fixes et variables », « coût de transport », « demande en DMS » et « capacité de production ».

Nous effectuons ainsi des analyses de sensibilité en considérant différentes situations telles que l'augmentation de la demande suite à une extension de l'hôpital par l'ouverture par exemple de nouveaux services, ou l'augmentation des coûts pour savoir à partir de quelles limites serait-il plus opportun de basculer d'une alternative vers l'autre. Ces analyses de sensibilité permettront d'analyser la robustesse de notre modèle. Enfin, nous généralisons notre approche à travers des tests de scénarios (en variant le nombre de fournisseurs, le nombre de produits, les capacités internes, etc.).



**Figure 21.** Approche proposée

### 3.1.2. Description du problème

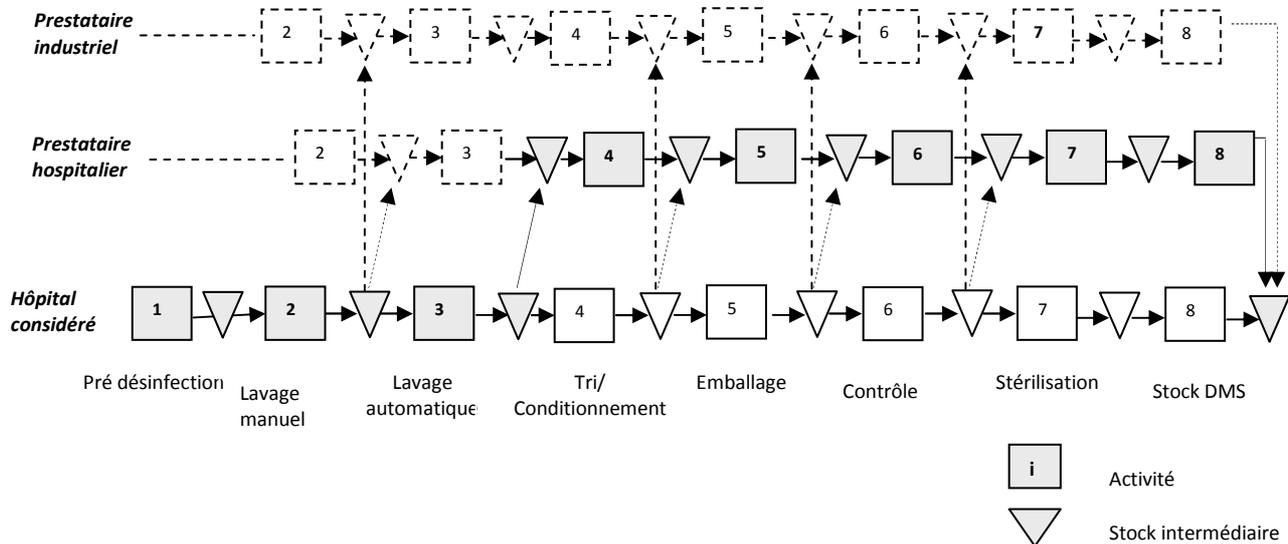
Le problème consiste à trouver la meilleure configuration du service de stérilisation en décidant des activités à garder en interne ou à externaliser. Si l'on opte pour l'externalisation, il s'agit en plus de sélectionner le fournisseur externe à contracter.

Pour répondre à ces questions, nous décomposons le processus de stérilisation en sept activités principales séparées par des stocks intermédiaires. Nous ne tenons compte que des stocks intermédiaires en interne. Les stocks intermédiaires chez le prestataire externe sont représentés sur la figure 22 mais leurs coûts ne seront pas pris en compte (le coût de ces stocks est inclus dans le coût global de la prestation proposée par le sous-traitant).

Par prestataire externe, nous désignons un industriel spécialisé dans le domaine, ou un autre établissement hospitalier. Dans ce dernier cas, la stérilisation sera effectuée dans les locaux de l'hôpital prestataire par les seules ressources de celui-ci.

Une solution possible de ce problème est donnée par les activités représentées en gris, sur la figure 22 : Étapes 1, 2 et 3 à garder en interne, le reste du processus sera externalisé chez un autre établissement hospitalier.

La première activité du processus de stérilisation (la pré-désinfection des instruments suite à leur utilisation) doit se faire, par mesure de sécurité, en interne. C'est pourquoi le processus en externe pourrait commencer à partir de la deuxième activité si l'option externalisation est retenue.



**Figure 22.** Configurations possibles du processus de stérilisation

Dans cette décision, nous considérons un horizon stratégique de l'ordre de cinq ans, et nous partons d'un seul secteur de stérilisation central. Nous utilisons la programmation mathématique pour modéliser notre problème sous forme d'un programme linéaire mixte.

Le modèle mathématique que nous développons est un modèle multi-produits, multi-périodes (la période est de l'ordre de l'année). En effet, nous tenons compte de l'augmentation de la demande sur l'horizon de planification considéré et nous proposons de déterminer à partir de quelle période serait-il plus opportun de basculer sur la solution externalisation.

### 3.1.3. Hypothèses

Nous considérons les hypothèses suivantes :

- Un seul service de stérilisation central est considéré,
- Les coûts de transport sont considérés fixes,
- La demande est dynamique et est déterminée à partir de l'historique de fonctionnement du bloc opératoire et des différents services de l'hôpital,
- Le stock final des DMS est centralisé en interne, au niveau d'un local de stockage approprié ou au niveau du bloc opératoire,
- Tous les DMS sont ou bien traités en interne ou externalisés chez un fournisseur externe (on externalise tout ou rien),
- La décision d'externalisation est irréversible et est la même à partir de l'activité externalisée pour le reste du processus.

### 3.2. Formulation mathématique

#### 3.2.1. Indices et données

Nous considérons les ensembles suivants:

- A : L'ensemble des activités du processus de stérilisation,
- J : L'ensemble des fournisseurs du service de stérilisation,
- P : L'ensemble des produits (DMS) utilisés,
- T : L'ensemble des périodes de l'horizon considéré

Les indices suivant sont utilisés pour les différents ensembles:

- $a \in A$  : Indice relatif à une activité,
- $j \in J$  : Indice relatif à un type de configuration du service de stérilisation (interne ou chez un fournisseur externe), avec  $j \geq 1$  pour le cas d'un fournisseur externe et  $j=0$  si la stérilisation est effectuée en interne au niveau du Service de Stérilisation Central (SSC),
- $p \in P$  : Indice relatif à un produit,
- $t \in T$  : Indice relatif à une période de temps,

Nous considérons les données suivantes:

- $D_{p,t}$  : Demande de l'hôpital considéré en produits p pendant la période t (exprimée en nombre).
- $K_{j,t}^a$  : capacité de l'activité a si elle est réalisée par le fournisseur j (interne ou externe) pendant la période t, (exprimée en nombre). Les capacités des activités "stérilisation" et "lavage automatique" sont exprimées en volume. Pour avoir des unités de mesure homogènes, nous convertissons les capacités de ces deux activités en nombre.
- $\phi_{j,t}^a$  : coût fixe de l'activité a pendant la période t si elle est réalisée par le fournisseur j (interne ou externe) pendant la période t, (exprimé en euros).
- $v_{p,j,t}^a$  : coût variable du produit p, issu de l'activité a réalisée par le fournisseur j (interne ou externe), pendant la période t (exprimé en euros/produit).
- $\tau_{j,t}$  : coût de transport entre l'hôpital considéré et le prestataire externe j pendant la période t (exprimé en euros/m<sup>3</sup>),
- $\sigma_{p,t}^a$  : coût de stockage du produit p issu de l'activité a au niveau de l'hôpital considéré pendant la période t (exprimé en euros/ produit.période).
- $\xi_{p,t}^a$  : stock de sécurité du produit p au niveau de l'hôpital considéré pendant la période t (exprimé en nombre).

#### 3.2.2. Variables de décision

- *Variables binaires*

- $y_{j,t}^a = \begin{cases} 1 & \text{si l'activité a est effectuée chez le prestataire j (interne ou externe) durant la période t,} \\ 0 & \text{sinon.} \end{cases}$

▪ Variables positives

$X_{p,j,t}^a$  : Quantité de produit p si l'activité a est réalisée chez le prestataire j (interne ou externe) pendant la période t.

$\psi_{p,t}^a$  : Stock intermédiaire en aval de l'activité a réalisée en interne pendant la période t.

### 3.2.3. Fonction objectif

$$\text{Min} \sum_{t \in T} \sum_{p \in P} \sum_{a \in A} \sum_{j \in J} \left[ v_{p,j,t}^a \cdot X_{p,j,t}^a + \left( \phi_{j,t}^a + \frac{\tau_{j,t}}{\|A\| - a + 1} \right) \cdot y_{j,t}^a + \right] + \sum_{t \in T} \sum_{p \in P} \sum_{a \in A} \sigma_{p,t}^a \cdot \psi_{p,t}^a$$

L'objectif considéré consiste à minimiser le coût total composé du coût de stérilisation (coût fixe et variable), du coût de stockage et du coût de transport dans le cas où la configuration externalisation est la solution à retenir.

Le premier terme de la fonction objectif correspond au coût variable de stérilisation, le deuxième terme est celui du coût fixe, le troisième terme représente le coût de transport (ce coût est divisé par le nombre d'activités externalisées pour ne pas être comptabilisé plusieurs fois), et le dernier terme est relatif au coût de stockage.

### 3.2.4. Contraintes

▪ *Activité de pré-désinfection*

Pour des mesures de sécurité, l'activité de pré-désinfection doit être effectuée en interne.

$$y_{0,t}^1 = 1 \quad \forall t \in T \quad (1)$$

▪ *Capacité des activités considérées*

Dans le cas d'une stérilisation en interne ainsi que dans le cas de l'externalisation, les quantités de DMS issues d'une activité (a), à produire par période, sont limitées par la capacité de cette activité.

$$\sum_p X_{p,j,t}^a \leq \kappa_{j,t}^a \cdot y_{j,t}^a \quad \forall a \in A, \forall j \in J, \forall t \in T \quad (2)$$

▪ *Externalisation d'une activité*

- Si une activité est externalisée chez un prestataire externe (j) alors toutes les activités qui la suivront dans le processus de stérilisation seront aussi externalisées chez le même prestataire.

$$y_{j,t}^a \leq y_{j,t}^{a+1} \quad \forall j \in J / j \neq 0, \forall a \in A / 1 < a < 7, \forall t = 1 \dots T \quad (3)$$

- Si une activité est externalisée chez un prestataire externe (j) durant la période t alors cette décision sera maintenue pour le reste de l'horizon de planification considéré.

$$y_{j,t}^a \leq y_{j,t+k}^a \quad \forall j \in J / j \neq 0, \forall a \in A / a > 1, \forall t \in T, \forall k \in T / k \leq 5 - t \quad (4)$$

- Une activité est soit effectuée en interne, soit externalisée chez un prestataire externe.

$$\sum_{j=0}^J y_{j,t}^a = 1 \quad \forall a \in A, \forall t \in T \quad (5)$$

▪ *Conservation des flux*

Dans les deux cas « externalisation » ou « internalisation, les quantités du produit p produites au niveau de l'activité (a+1) pendant la période t s'expriment en fonction des quantités produites au niveau de l'activité en amont (a), du stock intermédiaire issu de l'activité (a) et du stock de fin de la période précédente (t-1).

Pour la première période (t=1), ces quantités sont en fonction du stock initial.

$$\psi_{p,t}^a = \sum_{j=0}^J X_{p,j,t}^a - D_{p,t} + \psi_{p,t-1}^a \quad \forall a \in A, \forall p \in P, \forall t \in T / t > 1 \quad (6)$$

$$\psi_{p,1}^a = \sum_{j=0}^J X_{p,j,1}^a - D_{p,1} + \psi_{p,0}^a \quad \forall a \in A, \forall p \in P \quad (7)$$

▪ *Etat du stock*

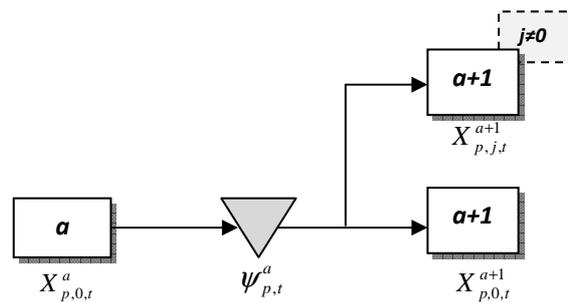
Ces contraintes permettent d'exprimer que le stock issu d'une activité (a) à la fin de la période (t) est fonction de la quantité en stock à la fin de la période précédente (t-1) et des quantités produites pendant la période (t).

En effet, Lorsqu'une activité du processus de stérilisation est effectuée en interne ( $y_{0,t}^a = 1$ ), la quantité en stock issue de cette activité durant la période t est supérieure ou égale aux quantités produites en interne au niveau de cette même activité et des stocks de la période précédente, diminuée des quantités transmises à l'activité suivante (a+1) effectuée en interne ou externalisée. Si par contre l'activité (a) est externalisée ( $y_{0,t}^a = 0$ ), alors la quantité en stock issue de cette activité est positive.

Pour la première période nous exprimons ces contraintes en fonction du stock de début de période. Nous choisissons, par hypothèse, dans notre cas d'étude des stocks nuls en début de période et ceci pour initialiser la relation de récurrence sur l'état du stock.

$$\psi_{p,t}^a \geq X_{p,0,t}^a - \sum_{j=0}^J X_{p,j,t}^{a+1} - (y_{0,t}^a - 1).M + \psi_{p,t-1}^a \quad \forall p \in P, \forall t \in T / t \geq 2, \forall a \in A / a < 7 \quad (8)$$

$$\psi_{p,1}^a \geq X_{p,0,1}^a - \sum_{j=0}^J X_{p,j,1}^{a+1} - (y_{0,1}^a - 1).M + \psi_{p,0}^a \quad \forall p \in P, \forall a \in A / a < 7 \quad (9)$$



**Figure 23.** Présentation d'une activité externalisable

▪ *Stock de sécurité*

Une contrainte supplémentaire est rajoutée sur l'état des stocks stériles (issus de l'activité 7) de fin de période en les fixant au moins égales à un niveau de stock de sécurité.

$$\psi_{p,t}^7 \geq \xi_{p,t}^7 \quad \forall p \in P, \forall t \in T \quad (10)$$

▪ *Contrainte d'intégrité*

Les variables binaires sont relatives au choix entre internalisation ou externalisation d'une activité du processus de stérilisation.

$$y_{j,t}^a \in \{0,1\} \quad \forall a \in A, \forall j \in J, \forall t \in T \quad (11)$$

Ces contraintes sont relatives au signe des variables de décision. Les quantités à produire en interne ou éventuellement chez un fournisseur externe ainsi que les niveaux de stock sont positives.

$$X_{p,j,t}^a \geq 0 \quad \forall a \in A, \forall j \in J, \forall t \in T, \forall p \in P \quad (12)$$

$$\psi_{p,t}^a \geq 0 \quad \forall p \in P, \forall t \in T, a \in A \quad (13)$$

L'encadré 1 résume notre modèle.

$\text{Min} \sum_{t \in T} \sum_{p \in P} \sum_{a \in A} \sum_{j \in J} \left[ v_{p,j,t}^a \cdot X_{p,j,t}^a + \left( \phi_{j,t}^a + \frac{\tau_{j,t}}{\ A\  - a + 1} \right) \cdot y_{j,t}^a + \right] + \sum_{t \in T} \sum_{p \in P} \sum_{a \in A} \sigma_{p,t}^a \cdot \psi_{p,t}^a$	
$y_{0,t}^1 = 1 \quad \forall t \in T \quad (1)$	(1)
$\sum_p X_{p,j,t}^a \leq \kappa_{j,t}^a \cdot y_{j,t}^a \quad \forall a \in A, \forall j \in J, \forall t \in T \quad (2)$	(2)
$y_{j,t}^a \leq y_{j,t}^{a+1} \quad \forall j \in J / j \neq 0, \forall a \in A / 1 < a < 7, \forall t = 1..T \quad (3)$	(3)
$y_{j,t}^a \leq y_{j,t+k}^a \quad \forall j \in J / j \neq 0, \forall a \in A / a > 1, \forall t \in T, \forall k \in T / k \leq 5 - t \quad (4)$	(4)
$\sum_{j=0}^J y_{j,t}^a = 1 \quad \forall a \in A, \forall t \in T \quad (5)$	(5)
$\psi_{p,t}^a = \sum_{j=0}^J X_{p,j,t}^a - D_{p,t} + \psi_{p,t-1}^a \quad \forall a \in A, \forall p \in P, \forall t \in T / t > 1 \quad (6)$	(6)
$\psi_{p,1}^a = \sum_{j=0}^J X_{p,j,1}^a - D_{p,1} + \psi_{p,0}^a \quad \forall a \in A, \forall p \in P \quad (7)$	(7)
$\psi_{p,t}^a \geq X_{p,0,t}^a - \sum_{j=0}^J X_{p,j,t}^{a+1} - (y_{0,t}^a - 1) \cdot M + \psi_{p,t-1}^a \quad \forall p \in P, \forall t \in T / t \geq 2, \forall a \in A / a < 7 \quad (8)$	(8)
$\psi_{p,1}^a \geq X_{p,0,1}^a - \sum_{j=0}^J X_{p,j,1}^{a+1} - (y_{0,1}^a - 1) \cdot M + \psi_{p,0}^a \quad \forall p \in P, \forall a \in A / a < 7 \quad (9)$	(9)
$\psi_{p,t}^7 \geq \xi_{p,t}^7 \quad \forall p \in P, \forall t \in T \quad (10)$	(10)
$y_{j,t}^a \in \{0,1\} \quad \forall a \in A, \forall j \in J, \forall t \in T \quad (11)$	(11)
$X_{p,j,t}^a \geq 0 \quad \forall a \in A, \forall j \in J, \forall t \in T, \forall p \in P \quad (12)$	(12)
$\psi_{p,t}^a \geq 0 \quad \forall p \in P, \forall t \in T, a \in A \quad (13)$	(13)

**Encadré 1.** Modèle de la décision de choix entre internalisation ou externalisation du service de stérilisation

### 3.3. Exploitation du modèle

#### 3.3.1. Données

Pour valider notre modèle, nous utilisons des données relatives à l'exemple du CHR de l'AIGLE. Nous rappelons que c'est un hôpital à 410 lits et une production annuelle en DMS de l'ordre de 200 m<sup>3</sup>. Le nombre de produits utilisés est de l'ordre de 400 produits. Un produit étant défini ici comme une boîte relative à un type d'intervention.

Nous faisons, ensuite, varier le nombre de produits entre 400 et 1000 et le nombre de fournisseurs entre 2 et 6 et nous testons notre modèle par rapport à la variation de ces deux paramètres.

Les données utilisées sont essentiellement de trois types :

1. les données relatives aux éléments de coût : les coûts relatifs à l'option « internalisation » sont calculés en utilisant la structure de coût proposée dans la première partie de ce chapitre. Pour l'option « externalisation », nous nous basons sur les offres de prix des fournisseurs externes (pour le coût de stérilisation et le coût de transport),
2. les données relatives à la demande : estimées en se basant sur l'historique de l'hôpital pour l'horizon de planification considéré,
3. les données relatives à la capacité de production interne : calculées sachant les ressources utilisées et les capacités de production unitaires pour chaque type de ressources

Le modèle que nous considérons est dynamique et tient compte de la variation des données (coût, demande, capacité) sur les différentes périodes de l'horizon considéré. En effet, les coûts et la demande par exemple augmentent d'une façon graduelle d'une période à l'autre.

Nous considérons un horizon de planification stratégique de l'ordre de 5 ans et deux fournisseurs externes potentiels : un autre établissement hospitalier situé dans la même région que l'hôpital que nous considérons et une entreprise industrielle offrant la prestation de stérilisation.

Pour tester notre modèle, nous utilisons le solveur CPLEX 9.1. sur une machine Pentium IV, 1.7 GHz avec 512 Mo de RAM.

#### 3.3.2. Résultats

Les résultats des tests relatifs à la variation du nombre de produits montrent que notre modèle n'est pas « difficile à résoudre » de point de vue temps de résolution et que cette complexité n'évolue pas en fonction du nombre de produits. En effet, pour chaque nombre de produit considéré, plusieurs tests ont été conduits et pour l'ensemble de ces tests le temps de calcul est de l'ordre de 20 minutes en moyenne.

Nous remarquons par contre que la configuration change avec l'augmentation du nombre de produits. En effet, à partir de 600 produits, le modèle bascule vers la solution externalisation chez le fournisseur 1 (ce que nous avons désigné par CHEXT1 dans le chapitre précédent). Ceci pourrait être expliqué par une insuffisance au niveau de la capacité interne pour produire les 600 produits et donc il serait plus intéressant de les traiter en externe.

Les résultats relatifs à la variation du nombre de produits sont reportés dans le tableau 12.

	<b>Configuration</b>	<b># Contraintes</b>	<b># Variables</b>	<b>CPU</b>
400 produits	Internalisation	140875	56105	1058
600 produits	Externalisation de tout le processus de stérilisation chez fournisseur 1 pour tout l'horizon considéré	210875	84105	988
1000 produits	Externalisation de tout le processus de stérilisation chez fournisseur 1 pour tout l'horizon considéré	350875	140105	1630

**Tableau 12.** Tests relatifs à la variation du nombre de produits

Nous avons également testé notre modèle vis-à-vis de la variation du nombre de fournisseurs externes et nous avons considéré un nombre de fournisseurs allant à 6 (les fournisseurs externes du service de stérilisation doivent être de proximité et localisés de préférence dans la même région).

Le tableau 13 représente les résultats relatifs à la variation du nombre de fournisseurs externes.

Nous remarquons d'après ces tests, que l'augmentation du nombre de fournisseurs n'introduit pas de complexité supplémentaire au niveau de notre modèle et que sur les quatre nouveaux fournisseurs introduits ici, le fournisseur 3 propose les meilleures offres de prix (surtout pour les coûts de transport à cause de sa proximité pour l'hôpital considéré) et donc une externalisation de tout le processus de stérilisation chez ce fournisseur et pour tout l'horizon de planification considéré sera la solution à retenir selon le critère coût.

	<b>Configuration</b>	<b># Contraintes</b>	<b># Variables</b>	<b>CPU</b>
2 fournisseurs	Internalisation	140875	56105	1058
4 fournisseurs	Externalisation chez fournisseur 3	169285	84175	1388
6 fournisseurs	Externalisation chez fournisseur 3	197695	11245	1553

**Tableau 13.** Tests relatifs à la variation du nombre de fournisseurs

Dans la section suivante, nous étudions la robustesse de notre modèle à travers des analyses de sensibilité pour évaluer jusqu'à quelle limite de variation de certains paramètres tels que la demande en DMS ou les coûts de transport ou de production, l'une ou l'autre des alternatives internalisation ou externalisation restera elle la solution à retenir.

### 3.3.3. Analyses de sensibilité

Dans les analyses de sensibilité que nous effectuons dans cette section, nous considérons toujours le cas de deux fournisseurs externes (un prestataire industriel et un autre établissement hospitalier) et nous nous basons sur les coûts de l'hôpital de l'AIGLE pour l'option internalisation. Ainsi, nous testons la robustesse de notre modèle à la variation : (1) de la demande en DMS, (2) du coût de transport, (3) des coûts fixes et variables, et (4) de la capacité de production en interne.

#### 3.3.3.1. Sensibilité au paramètre « Demande en DMS »

Nous proposons de tester l'effet d'une augmentation de la demande d'un produit donné sur la décision d'internalisation ou d'externalisation de la stérilisation. Nous considérons que l'augmentation de la demande se fait de façon graduelle sur l'horizon de planification considéré.

Notre question est : si la demande d'un produit augmente, est-ce que la configuration peut changer? et jusqu'à quelle augmentation de la demande la configuration optimale reste-elle compétitive?

Cette étude de sensibilité nous permet de connaître dans le cas d'une extension de l'hôpital (l'ouverture de nouveaux services par exemple) jusqu'à quelle limite la structure service de stérilisation centrale à l'intérieur de l'hôpital reste compétitive ?

Les résultats obtenus montrent qu'à partir d'une augmentation de la demande de 10%, il serait intéressant d'externaliser l'activité « stérilisation » chez le fournisseur 2 à partir de la 4<sup>ème</sup> période. Ceci s'explique par l'augmentation de la demande à partir de cette période. Il est par contre plus intéressant d'externaliser la totalité du processus de stérilisation sur tout l'horizon de planification considéré à partir d'une augmentation de la demande de 30%.

Les résultats obtenus sont reportés par le tableau 14.

<i>Augmentation de la demande</i>	<i>Meilleure configuration</i>
+ 10%	Externalisation de l'activité "stérilisation" (a=7) chez le fournisseur 2 à partir de la 4 <sup>ème</sup> période
+ 30%	Externalisation de tout le processus de stérilisation chez le fournisseur 2 durant tout l'horizon de planification considéré

**Tableau 14.** Sensibilité au paramètre « demande en DMS »

### 3.3.3.2. Sensibilité au paramètre « Coût de transport »

Nous testons dans ce cas, la sensibilité de la configuration obtenue aux variations du coût de transport entre l'hôpital considéré et le service de stérilisation externe à contracter. En effet, il est intéressant pour le décideur de connaître jusqu'à quelle augmentation des coûts, il devient plus intéressant de basculer vers l'une ou l'autre des configurations.

Le tableau 15 reporte les résultats des analyses de sensibilité relatifs au paramètre « coût de transport ». Nous remarquons que l'internalisation reste l'alternative la plus intéressante en termes de coût même avec une diminution des coûts de transport allant à 90%. Notre modèle est ainsi insensible aux coûts de transport. En effet, outre les coûts de transport, les coûts de stérilisation externalisée sont également importants.

<i>Coefficient du coût de transport</i>	<i>Meilleure configuration</i>
100%	Internalisation de tout le processus de stérilisation
- 50%	Internalisation de tout le processus de stérilisation
- 90%	Internalisation de tout le processus de stérilisation

**Tableau 15.** Sensibilité au paramètre « Coût de transport »

### 3.3.3.3. sensibilité au paramètre « coûts fixes et variables de production »

Dans ce cas, il s'agit de connaître la limite d'augmentation des coûts fixes et variables pour que l'externalisation devienne la solution à privilégier. Les résultats obtenus dans notre cas montrent qu'à partir d'une augmentation des coûts fixes et variables de 55%, l'externalisation de tout le processus de stérilisation chez le fournisseur 2 devient la solution la plus intéressante. En effet, la variabilité des coûts en interne fait qu'à partir d'une augmentation de 55%, les coûts de stérilisation chez le prestataire hospitalier (fournisseur 2) deviennent plus compétitifs.

Le tableau 16 représente les résultats de l'analyse de sensibilité au paramètre « coûts fixes et variables de production »

<i>Augmentation des coûts</i>	<i>Meilleure configuration</i>
+ 20%	Internalisation de tout le processus de stérilisation
+ 40%	Internalisation de tout le processus de stérilisation
+ 55%	Externalisation de tout le processus chez fournisseur 2
+ 60%	Externalisation de tout le processus chez fournisseur 2

**Tableau 16.** Sensibilité au paramètre « Coûts fixes et variables »

### **3.3.3.4. Sensibilité au paramètre « Capacité de production interne »**

Nous testons dans ce cas, la sensibilité de la configuration obtenue à la variation de la capacité de production interne initialement disponible au niveau de l'hôpital considéré. Nous nous proposons de regarder quelle politique optimale il convient d'adopter pour répondre à la demande : faut-il augmenter la capacité interne en acquérant de nouvelles ressources ou plutôt basculer sur la configuration externalisation de tout ou partie du processus de stérilisation.

Les résultats obtenus montrent que l'internalisation est l'option à privilégier jusqu'à une diminution de la capacité de 20%. A partir de cette diminution de la capacité, il devient plus intéressant de basculer sur l'externalisation de la totalité du processus de stérilisation [Tlahig et al., 2007b].

## **3.4. Synthèse**

Dans cette deuxième étude de la décision de choix entre internalisation ou externalisation du service de stérilisation, nous avons proposé une modélisation mathématique multi-périodes, multi-produits qui considère l'ensemble des activités du processus de stérilisation. Notre approche permet ainsi de répondre à deux types de question : (1) tenant compte d'une variation graduelle des coûts et de la demande sur l'horizon de planification considéré, à partir de quelle période serait-il plus intéressant de basculer vers l'une ou l'autre des configurations du service de stérilisation ? et (2) quelles activités du processus de stérilisation externaliser, lesquelles garder en interne ?

Nous avons validé notre modèle sur le cas du CHR de l'AIGLE et évalué sa robustesse par des analyses de sensibilité. Ainsi, il s'est avéré que la décision d'internalisation reste compétitive jusqu'à une augmentation de la demande allant à 30% et jusqu'à une augmentation des coûts fixes et variables de production de 55%. Au delà de ces augmentations, il devient plus intéressant de basculer vers l'alternative externalisation. Notre modèle n'est pas par contre sensible à la variation des coûts de transport.

## **4. Conclusion**

Dans ce chapitre nous avons étudié la décision de choix entre internalisation ou externalisation selon deux approches différentes.

La première approche consiste en une analyse par les coûts. Ainsi, nous avons proposé un modèle pour le calcul de coût basée sur la méthode ABC que nous avons appliqué sur un cas d'étude réel, celui du CHR de l'AIGLE. Ce modèle nous a permis d'évaluer le coût par type de conditionnement et le coût par activité du processus de stérilisation. Nous avons ensuite considéré d'autres critères de choix entre « faire » ou « faire-faire » la stérilisation, tels que la qualité du service ou la proximité géographique.

Une modélisation mathématique de la décision de choix entre internalisation ou externalisation a été proposée dans le cadre de la deuxième approche. Ainsi nous avons développé dans ce cas un programme linéaire mixte multi-périodes, multi-produits qui considère les différentes activités du processus de stérilisation. Nous avons validé notre modèle sur le cas du CHR de l'AIGLE et testé sa robustesse par des analyses de sensibilité.

L'externalisation de la stérilisation vers des structures de type industriel ou hospitalier n'est en fait qu'une solution parmi d'autres. La mutualisation entre établissements de santé par le partage de ressources peut représenter aussi une solution intéressante de point de vue coût mais aussi qualité de la prestation.

Dans le chapitre suivant, nous allons considérer le cas d'un réseau d'établissement de santé dans lequel la mutualisation représente une autre configuration possible du service de stérilisation. Nous étudions ainsi la décision de choix entre internalisation ou mutualisation du service de stérilisation en considérant deux options possibles : la mutualisation totale (la décision concerne l'ensemble de tous les DMS utilisés) et la mutualisation partielle (la décision concerne une partie de l'ensemble des DMS utilisés). Nous modélisons ce problème sous forme d'un problème de localisation-allocation avec dimensionnement de ressources et nous testons deux stratégies possibles pour le transfert des ressources : la stratégie statique et la stratégie dynamique.

## **Chapitre 5: Internalisation ou mutualisation du service de stérilisation : cas d'un réseau d'établissements de santé**

---

*La mutualisation peut être définie par la mise en commun, le partage et l'échange de ressources pour la réalisation d'activités communes [Trilling, 2006].*

*Nous nous intéressons dans ce chapitre à la question de choix entre « internalisation » ou « mutualisation » du service de stérilisation au sein d'un réseau d'établissements de santé. Cette décision est basée sur un modèle multi-périodes de localisation-allocation-dimensionnement dont l'objectif est de déterminer la meilleure configuration du service de stérilisation ainsi que la localisation et le dimensionnement adéquat du Service de Stérilisation Mutualisé (SSM). Le choix entre « internalisation » ou « mutualisation » sera basé sur le critère coût.*

*Nous considérons dans une deuxième étape l'option mutualisation partielle qui permet à un établissement de santé de garder une partie de ses produits en interne, et de mutualiser l'autre partie. Nous explorons deux stratégies de regroupement : (1) une stratégie avec allocation statique des ressources au service mutualisé, et (2) une stratégie avec allocation dynamique des ressources au service mutualisé.*

---

### **1. Introduction**

Dans le chapitre précédent, nous avons considéré des établissements de santé indépendants et nous avons étudié la décision de choix entre internalisation (Faire) ou externalisation (Faire-Faire) du service de stérilisation qui soit à coût minimal et qui respecte les contraintes relatives au fonctionnement de ce service.

Dans ce chapitre, nous considérons un réseau d'établissements hospitaliers et nous abordons le problème de choix entre internalisation (Faire) ou mutualisation (Faire ensemble) du service de stérilisation.

La mutualisation peut être vue comme une « forme » d'externalisation puisqu'elle permet à l'hôpital de ne plus assurer par lui-même le service de stérilisation. Mais elle diffère de l'externalisation par le fait que les hôpitaux qui partagent le même service de stérilisation seront ramenés à transférer les ressources qu'ils utilisent actuellement par ce service sur le site mutualisé. Dans les différents hôpitaux du réseau, nous pouvons repérer des sites potentiels pour le SSM (par exemple, une extension du site de stérilisation actuel). Nous considérons également la possibilité d'implanter un nouveau service de stérilisation qui desservira l'ensemble des hôpitaux du réseau.

Dans la décision à prendre, il s'agit de choisir la meilleure configuration du service de stérilisation (internalisation ou mutualisation) qui soit à coût minimal pour l'ensemble des hôpitaux du réseau tout en décidant de la localisation et du dimensionnement du SSM.

Dans la première partie de ce chapitre, cette décision est prise pour l'ensemble des produits (DMS) utilisés par l'hôpital (internalisation ou mutualisation totale). Nous présentons ainsi les différentes formes que peut avoir un service de stérilisation mutualisé. Nous décrivons ensuite notre approche de modélisation de la décision de choix entre internalisation ou mutualisation du service de stérilisation et nous présentons enfin le modèle mathématique proposé. Nous terminons par une expérimentation du modèle proposé et une analyse des résultats obtenus.

Dans la deuxième partie du chapitre, nous considérons la possibilité de traiter une partie de l'ensemble des DMS en interne, et le reste dans le SSM (mutualisation partielle). Nous explorons deux stratégies d'allocation de ressources : une stratégie avec allocation statique des ressources au service mutualisé, et (2) une stratégie avec allocation dynamique des ressources au service mutualisé.

## **2. Un modèle de localisation-allocation-dimensionnement pour le choix internalisation/mutualisation du service de stérilisation**

### **2.1. Description du problème**

Nous considérons un réseau d'hôpitaux composé de  $N$  établissements hospitaliers pour lesquels il serait intéressant d'étudier la possibilité de regrouper leurs services de stérilisation au niveau d'un seul site. Celui-ci peut être localisé au sein de l'un des hôpitaux du réseau ou aussi au niveau d'un nouveau site de stérilisation. Dans tous les cas, le site du service de stérilisation mutualisé sera implanté pour desservir l'ensemble des hôpitaux du réseau.

Notre objectif est de trouver la meilleure configuration entre internalisation ou mutualisation du service de stérilisation et de déterminer la meilleure localisation et le meilleur dimensionnement du service de stérilisation partagé ainsi que la meilleure allocation des ressources existantes (autoclave, infirmières...) au SSM. Ceci permettra d'identifier les gains potentiels à travers la réorganisation du fonctionnement des services de stérilisation dans le cadre d'un réseau d'hôpitaux.

Le problème ainsi considéré laisse poser les questions suivantes :

- Quelle est la configuration optimale du service de stérilisation mutualisé au sein d'un réseau d'établissements de santé ?
- Quelle est la localisation optimale du SSM ?
- Quelle est l'allocation optimale des ressources existantes au niveau des hôpitaux du réseau au SSM ?

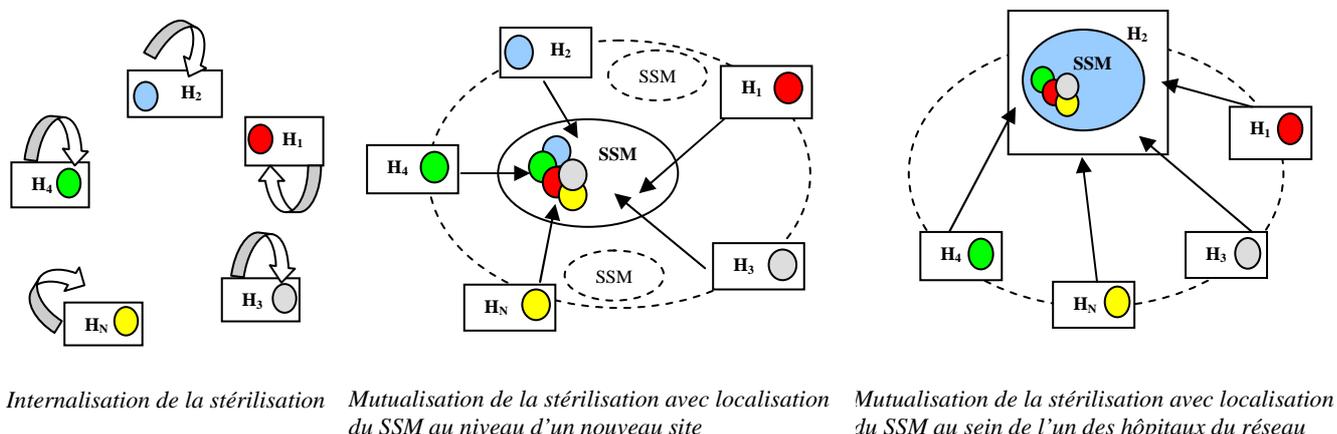
- Quelle est le dimensionnement adéquat du SSM ?

Dans la figure 24, nous avons représenté quelques configurations possibles du service de stérilisation.

Nous considérons que les hôpitaux du réseau pourront soit garder leur service de stérilisation (internalisation) ; soit être desservis par un seul SSM. Le SSM peut être localisé au niveau de l'un des hôpitaux du réseau (cas de l'hôpital 2, par exemple, dans la figure 24) ou bien au niveau d'une entité indépendante (un nouveau site à installer).

Nous considérons un horizon stratégique de l'ordre de cinq ans. Les demandes des différents hôpitaux en DMS sont supposées être variables d'une année à l'autre sur l'horizon de temps considéré. Nous avons ainsi opté pour un modèle multi-périodes (la période considérée est l'année). Nous nous basons sur l'historique des hôpitaux pour déterminer et prévoir les demandes annuelles des hôpitaux en DMS.

Si l'alternative mutualisation totale est retenue par le modèle, l'ensemble ou une partie de l'ensemble des ressources disponibles au niveau des hôpitaux du réseau seront transférées vers le SSM. Nous considérons un problème de dimensionnement pour décider des quantités de ressources nécessaires à transférer. Ainsi les ressources matérielles non transférées seront vendues et les ressources humaines seront redéployées dans d'autres services de l'hôpital.



**Figure 24.** Quelques configurations possibles du service de stérilisation dans le cas d'un réseau d'établissements de santé

## 2.2. Approche proposée

Le problème de choix entre internalisation ou mutualisation du service de stérilisation au sein d'un réseau d'établissements de santé revient à un problème de localisation-allocation avec dimensionnement de ressources. Pour traiter ce problème, nous proposons une approche utilisant un modèle mathématique intégré qui considère, en même temps, les différents aspects de configuration, de localisation et de dimensionnement.

Nous partons de la configuration actuelle du réseau. Les paramètres relatifs au SSM (capacité, éléments de coûts, etc.) étant initialement inconnus, nous proposons une approche qui consiste en deux phases : une phase d'initialisation et une phase itérative.

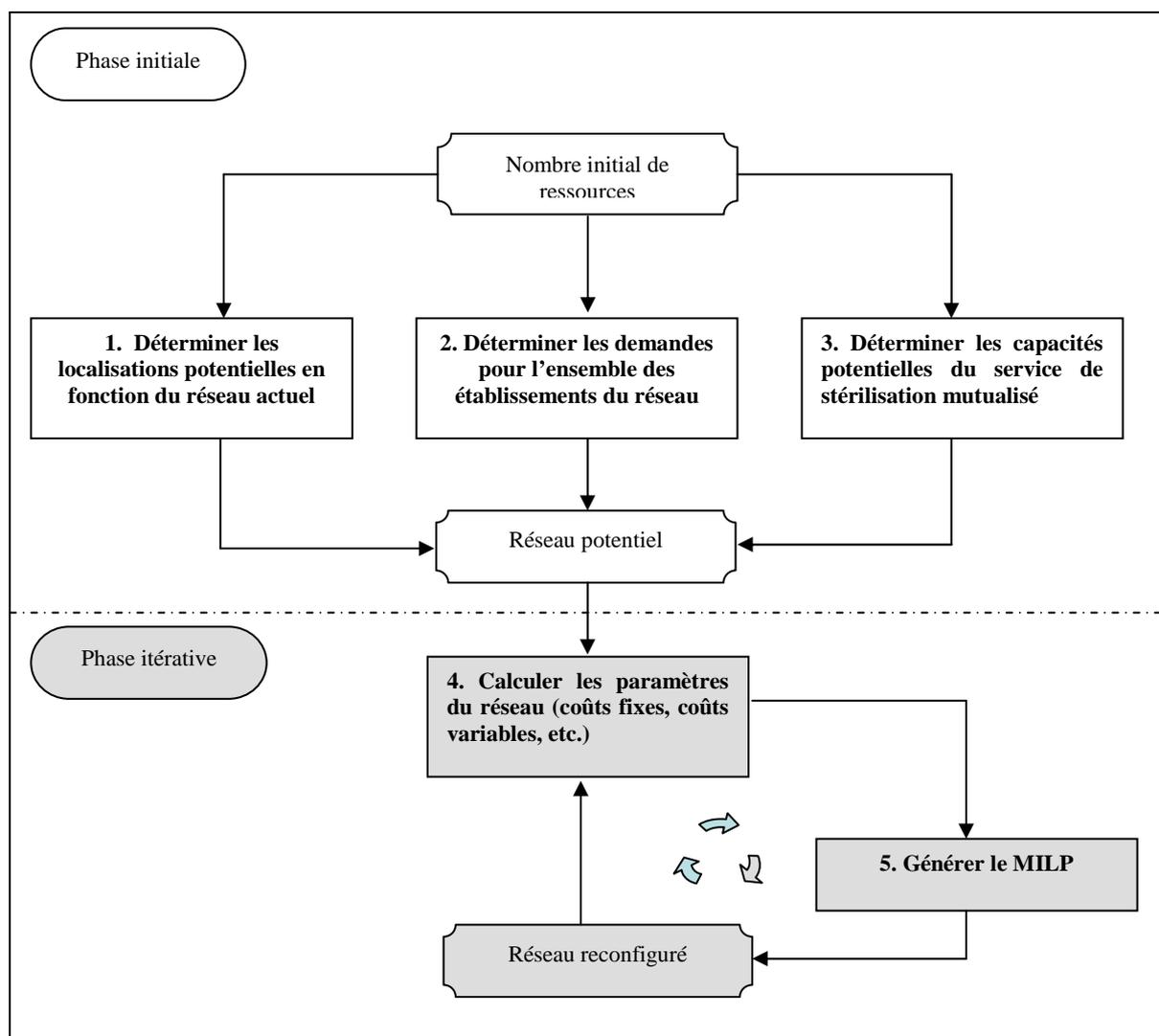
Dans la phase d'initialisation, nous déterminons les localisations potentielles du SSM. A partir de l'historique des différents hôpitaux, nous déterminons la demande totale en DMS et nous définissons les capacités potentielles du SSM sachant les quantités de ressources initiales et tenant

compte d'un ensemble de contraintes telles que, par exemple, les contraintes de satisfaction de la demande totale de tout le réseau.

Dans la phase itérative, nous cherchons à optimiser les paramètres de la configuration « mutualisation ». Ainsi, en fonction du réseau potentiel, nous estimons les éléments de coût (coût fixe, coût variable, coût de transport, etc.) que nous utilisons comme données du modèle mathématique. La génération du modèle mathématique dont l'objectif est d'optimiser la configuration potentielle du réseau, aboutira à une première configuration (localisation du service de stérilisation, nombre de ressources transférés, capacités, etc.). A partir de cette configuration, des nouveaux éléments de coûts (coûts fixes) sont définis et réinjectés dans le modèle mathématique.

Notre approche sera ainsi itérée jusqu'à convergence vers la même configuration du réseau et donc jusqu'à ce que les paramètres du réseau configuré restent inchangés.

Notre approche est représentée par la figure 25.



**Figure 25.** Approche proposée pour le choix entre internalisation ou mutualisation

### 2.3. Hypothèses

Dans notre modélisation, nous considérons les hypothèses suivantes :

- Les localisations potentielles du SSM sont connues à l'avance (l'un des hôpitaux du réseau ou une nouvelle localisation).
- Si les hôpitaux du réseau optent pour la mutualisation, ils seront alors desservis par un seul SSM.
- Tous les hôpitaux du réseau opteront pour le même choix : l'internalisation ou la mutualisation.
- Les coûts de transport sont considérés variables en fonction de la quantité transportée et dépendent de la localisation du SSM.
- Le transport des DMS est assuré par le SSM,
- Nous distinguons entre ressources humaines et matérielles et nous considérons que chaque type de ressources possède une capacité de production de DMS,
- Les coûts de transfert des ressources matérielles depuis les hôpitaux du réseau vers le SSM dépendent des distances (entre hôpital et SSM). Pour les ressources humaines, ce coût n'est pas évidemment estimé en fonction de la distance ; il est déterminé à partir de la rémunération payée à une infirmière, par exemple, dont le lieu de travail change [Gunes and Yaman, 2005].
- Nous ne considérons pas les coûts de licenciement. En effet, une infirmière non transférée sur le SSM est affectée à un autre service dans son établissement d'origine.
- Nous considérons que les ressources matérielles non transférées sont vendus.
- Si la décision de mutualisation est retenue par le modèle à partir d'une période donnée, alors cette décision reste inchangée et sera retenue pour tout le reste des périodes de l'horizon.
- Les stocks de début de période sont supposés nuls.
- Nous ne considérons pas de stock de DMS au niveau du SSM. En effet, une fois traités, les DMS sont transférés vers les différents hôpitaux où ils seront stockés en attente de leur utilisation.
- Le transport des DMS depuis le SSM vers les différents hôpitaux est assuré par le SSM en utilisant des véhicules et armoires de transport spécifiques (qui garantissent la stérilité des dispositifs médicaux lors de leur transport et manipulation).

## 2.4. Formulation mathématique

Le but de cette formulation mathématique est de permettre à chaque hôpital du réseau de choisir, pour l'ensemble de ses produits, entre les options internalisation ou mutualisation de la stérilisation. Nous nous plaçons du côté des hôpitaux du réseau qui veulent minimiser le coût de fonctionnement de leur stérilisation. Nous considérons un horizon de planification stratégique de l'ordre de cinq ans et nous supposons pour cette première modélisation que la quantité de ressources à transférer (à allouer) depuis les hôpitaux du réseau vers le SSM se fait une seule fois, dès que la décision de mutualisation est prise et reste inchangée sur tout le reste de l'horizon.

Nous formulons le problème sous forme d'un programme linéaire en nombres mixtes, multi-périodes, multi-produits de localisation-allocation. Nous considérons, en plus, dans le même modèle l'aspect dimensionnement.

Notre critère de choix est la minimisation du coût total composé du coût de transport, du coût de stérilisation (fixe et variable), du coût d'acquisition et du coût de transfert de ressources.

### 2.4.1. Les ensembles et les indices

Dans la formulation mathématique du problème de choix entre internalisation ou mutualisation du service de stérilisation au sein d'un réseau d'établissements de santé, nous considérons les ensembles et les indices suivants :

$H = \{H_1, H_2, \dots, H_N\}$  : ensemble des hôpitaux du réseau,

$S = \{H_1, H_2, \dots, H_{N+M}\}$  : ensemble des sites potentiels (localisations potentielles) du SSM (il s'agit des hôpitaux  $H_1, \dots, H_N$  et des localisations relatives aux sites du SSM pouvant être installés en dehors des hôpitaux du réseau),

$i$  : indice relatif à un hôpital du réseau,  $i=1 \dots N$ ,

$j$  : indice relatif à une localisation possible du SSM,  $j=1 \dots N+M$ ,

$p$  : indice relatif à un produit donné,  $p=1 \dots P$ ,

$t$  : indice relatif à une période de temps,  $t=1 \dots T$ ,

$r$  : indice relatif à un type de ressource matérielle,  $r=1 \dots R$ ,

$w$  : indice relatif à un type de ressource humaine,  $w=1 \dots W$ .

### 2.4.2. Les données

Nous définissons dans ce qui suit les données du modèle ainsi que les unités qui leurs correspondent.

$Ctrans_{p,i,j,t}$  : coût de transport d'un produit  $p$ ,  $p=1 \dots P$ , depuis un hôpital considéré  $i$ ,  $i=1 \dots N$ , vers le SSM localisé au site  $j$ ,  $j=1 \dots N+M$ , durant la période  $t$ ,  $t=1 \dots T$ , (euro/m<sup>3</sup>).

$CAPV$  : capacité de transport d'un véhicule (nombre de produits).

$Q_{r,i}$  : nombre initial de ressources matérielles de type  $r$ ,  $r=1 \dots R$ , disponible au niveau de l'hôpital  $i$ ,  $i=1 \dots N$ , (nombre de ressources de type  $r$ ).

$Q_{w,i}$  : nombre initial de ressources humaines de type  $w$ ,  $w=1 \dots W$ , disponibles au niveau de l'hôpital  $i$ ,  $i=1 \dots N$ , (nombre de ressources de type  $w$ ).

$D_{p,i,t}$  : demande de l'hôpital  $i$ ,  $i=1 \dots N$ , pour le produit  $p$ ,  $p=1 \dots P$ , pendant la période  $t$ ,  $t=1 \dots T$ , (nombre de produits  $p$ ).

$CV_{p,j,t}$  : coût variable de stérilisation du produit  $p$ ,  $p=1 \dots P$ , lorsqu'elle est réalisée au niveau du SSM localisé au site  $j$ ,  $j=1 \dots N+M$ , pendant la période  $t$ ,  $t=1 \dots T$ , (euro/unité de produit  $p$ ).

$CVH_{p,i,t}$  : coût variable de stérilisation du produit  $p$ ,  $p=1 \dots P$ , lorsqu'elle est réalisée en interne au niveau de l'hôpital  $i$ ,  $i=1 \dots N$ , durant la période  $t$ ,  $t=1 \dots T$ , (euro/unité de produit  $p$ ).

$CS_{p,i,t}$  : coût unitaire de possession de stock du produit  $p$ ,  $p=1 \dots P$ , au niveau de l'hôpital  $i$ ,  $i=1 \dots N$ , pendant la période  $t$ ,  $t=1 \dots T$ , (euro/unité de stock.unité de période).

$CF_{j,t}$  : coût fixe de stérilisation au niveau du SSM localisé au site  $j$ ,  $j=1 \dots N+M$ , pendant la période  $t$ ,  $t=1 \dots T$ , (euro).

$CFH_{i,t}$  : coût fixe de stérilisation en interne au niveau de l'hôpital  $i$ ,  $i=1 \dots N$  pendant la période  $t$ ,  $t=1 \dots T$ , (euro).

$CT_{r,i,j,t}$  : coût de transfert d'une unité de ressource matérielle de type  $r$ ,  $r=1 \dots R$ , depuis l'hôpital  $i$ ,  $i=1 \dots N$ , vers le SSM  $j$ ,  $j=1 \dots N$ , pendant la période  $t$ ,  $t=1 \dots T$ , (euro /ressource de type  $r$ ).

- $CT_{w,i,j,t}$  : coût de transfert d'une unité de ressource humaine de type  $w$ ,  $w=1\dots W$ , depuis l'hôpital  $i$ ,  $i=1\dots N$ , vers le SSM localisé au site  $j$ ,  $j=1\dots N$ , pendant la période  $t$ ,  $t=1\dots T$ , (euro/ressource de type  $w$ ).
- $CAV_t$  : coût d'acquisition d'un véhicule pendant la période  $t$ ,  $t=1\dots T$ , (euro/véhicule).
- $IO_{p,i}$  : stock de début de période du produit  $p=1\dots P$ , au niveau de l'hôpital  $i$ ,  $i=1\dots N$ , (nombre).
- $IS_{p,i,t}$  : stock de sécurité du produit  $p$ ,  $p=1\dots P$ , au niveau de l'hôpital  $i$ ,  $i=1\dots N$ ,  $t=1\dots T$ , (nombre).
- $CAP_{r,i,t}$  : capacité de l'hôpital  $i$ ,  $i=1\dots N$ , pour la ressource matérielle de type  $r$ ,  $r=1\dots R$ , pendant la période  $t$ ,  $t=1\dots T$ , (unité de temps).
- $CAP_{w,i,t}$  : capacité de l'hôpital  $i$ ,  $i=1\dots N$ , pour la ressource humaine de type  $w$ ,  $w=1\dots W$ , pendant la période  $t$ ,  $t=1\dots T$ , (unité de temps).
- $\delta_{p,i}$  = 1 si le produit  $p$ ,  $p=1\dots P$ , est demandé par l'hôpital  $i$ ,  $i=1\dots N$ , 0 sinon.
- $b_{w,i,t}$  : gain obtenu par le redéploiement d'une ressource humaine de type  $w$ ,  $w=1\dots W$ , au niveau de l'hôpital  $i$ ,  $i=1\dots N$ , durant la période  $t$ ,  $t=1\dots T$ , (euro/ressource).
- $b_{r,i,t}$  : gain obtenu par le redéploiement d'une ressource matérielle de type  $r$ ,  $r=1\dots R$ , au niveau de l'hôpital  $i$ ,  $i=1\dots N$ , durant la période  $t$ ,  $t=1\dots T$ , (euro/ ressource).
- $v_{r,i,t}$  : prix de vente d'une ressource matérielle de type  $r$ ,  $r=1\dots R$ , disponible au niveau de l'hôpital  $i$ ,  $i=1\dots N$ , pendant la période  $t$ ,  $t=1\dots T$ , (euro/ressource).
- $\lambda_{r,p}$  : nombre d'unités de temps de la ressource matérielle de type  $r$ ,  $r=1\dots R$ , nécessaires pour produire une unité de produit  $p$ ,  $p=1\dots P$  (unité de temps/produit).
- $\lambda_{w,p}$  : nombre d'unités de temps que met la ressource humaine de type  $w$ ,  $w=1\dots W$ , pour produire une unité de produit  $p$ ,  $p=1\dots P$ , (unité de temps/produit).
- $cap_r$  : capacité de la ressource matérielle de type  $r$ ,  $r=1\dots R$ , (unité de temps/ressource).
- $cap_w$  : capacité de la ressource humaine de type  $w$ ,  $w=1\dots W$ , (unité de temps/ressource).

### 2.4.3. Variables de décision

Les décisions consistent à trouver la meilleure configuration entre internalisation ou mutualisation du service de stérilisation, la localisation optimale et le dimensionnement adéquat du SSM partagé par un ensemble d'hôpitaux organisés en réseau.

Nous considérons dans notre modélisation les variables de décision suivantes :

$Z_{i,t}$  = 1 si la stérilisation est effectuée en interne au niveau de l'hôpital  $i$ ,  $i= 1\dots N$ , pendant la période  $t$ .

0 sinon.

$Y_{i,j,t}$  = 1 si l'hôpital  $i$ ,  $i=1\dots N$ , est affecté au SSM localisé au site  $j$ ,  $j= 1\dots N+M$ , pendant la période  $t$ ,  $t=1\dots T$ .

0 sinon.

$X_{p,i,j,t}$  : quantité du produit  $p$ ,  $p=1\dots P$ , stérilisée pour le compte de l'hôpital  $i$ ,  $i=1\dots N$ , au niveau du SSM localisé au site  $j$ ,  $j=1\dots N+M$ , pendant la période  $t$ ,  $t=1\dots T$ .

$XH_{p,i,t}$  : quantité du produit  $p$ ,  $p=1\dots P$ , stérilisée en interne au niveau de l'hôpital  $i$ ,  $i=1\dots N$ ,

pendant la période  $t$ ,  $t=1 \dots T$ .

- $I_{p,i,t}$  : stock du produit  $p$ ,  $p=1 \dots P$ , au niveau de l'hôpital  $i$ ,  $i=1 \dots N$ , à la fin de période  $t$ ,  $t=1 \dots T$ .
- $TR_{r,i,j,t}$  : quantité de ressources matérielles de type  $r$ ,  $r=1 \dots R$ , transférées de l'hôpital  $i$ ,  $i=1 \dots N$ , vers le SSM localisé au site  $j$ ,  $j=1 \dots N+M$  au début de la période  $t$ ,  $t=1 \dots T$ .
- $TR_{w,i,j,t}$  : nombre de ressources humaines de type  $w$ ,  $w=1 \dots W$ , transférées de l'hôpital  $i$ ,  $i=1 \dots N$ , vers le SSM localisé au site  $j$ ,  $j=1 \dots N+M$ , au début de la période  $t$ ,  $t=1 \dots T$ .
- $VR_{r,i,j,t}$  : nombre de ressources matérielles de type  $r$ ,  $r=1 \dots R$ , disponibles au niveau du SSM  $j$ ,  $j=1 \dots N+M$ , et provenant de l'hôpital  $i$ ,  $i=1 \dots N$ , pendant la période  $t$ ,  $t=1 \dots T$ .

Par exemple, si on considère un horizon de planification de 5 ans, et qu'on décide de mutualiser à partir de la 2<sup>ème</sup> période en transférant 4 ressources matérielles,  $TR_{r,i,j,t}$  et  $VR_{r,i,j,t}$  sont définis comme suit :

	t=1	t=2	t=3	t=4	t=5
$TR_{r,i,j,t}$	0	4	0	0	0
$VR_{r,i,j,t}$	0	4	4	4	4

- $VR_{w,i,j,t}$  : nombre de ressources humaines de type  $w$ ,  $w=1 \dots W$ , disponible au niveau du SSM localisé au site  $j$ ,  $j=1 \dots N+M$ , et provenant de l'hôpital  $i$ ,  $i=1 \dots N$ , pendant la période  $t$ ,  $t=1 \dots T$ . (la relation entre  $VR_{w,i,j,t}$  et  $TR_{w,i,j,t}$  est exprimée de la même façon que pour le cas de ressources matérielles).
- $AV_{j,t}$  : nombre de véhicules à acquérir au niveau du SSM localisé au site  $j$ ,  $j=1 \dots N+M$ , pendant la période  $t$ ,  $t=1 \dots T$ .
- $CAPtrans_{j,t}$  : capacité de transport totale du SSM localisé au site  $j$ ,  $j=1 \dots N+M$ , pendant la période  $t$ ,  $t=1 \dots T$ .
- $CAP_{r,j,t}$  : capacité du SSM localisé au site  $j$ ,  $j=1 \dots N+M$ , pour la ressource matérielle de type  $r$ ,  $r=1 \dots R$ , pendant la période  $t$ ,  $t=1 \dots T$ .
- $CAP_{w,j,t}$  : capacité du SSM localisé au site  $j$ ,  $j=1 \dots N+M$ , pour la ressource humaine de type  $w$ ,  $w=1 \dots W$ , pendant la période  $t$ ,  $t=1 \dots T$ .
- $N_{r,i,t}$  : quantité de ressources matérielles de type  $r$ ,  $r=1 \dots R$ , à vendre au niveau de l'hôpital  $i$ ,  $i=1 \dots N$ , au début de la période  $t$ ,  $t=1 \dots T$ .
- $N_{w,i,t}$  : nombre de ressources humaines de type  $w$ ,  $w=1 \dots W$ , à redéployer au niveau de l'hôpital  $i$ ,  $i=1 \dots N$ , au début de la période  $t$ ,  $t=1 \dots T$ .

#### 2.4.4. Fonction objectif

Pour modéliser notre problème, nous proposons une formulation mathématique dont l'objectif est de minimiser le coût total de production des DMS. Ce coût est composé du coût de transport entre le SSM et les différents hôpitaux du réseau considéré, du coût de production (fixe et variable), du coût de stockage, du coût d'acquisition de nouvelles ressources (véhicules pour le transport, etc.) et du coût de transfert de ressources existantes (autoclaves, infirmières, etc.) depuis les hôpitaux vers le SSM. Nous considérons également les prix de vente des ressources matérielles non utilisées et les gains obtenus grâce au redéploiement des ressources humaines dans d'autres services de l'hôpital.

Nous formulons cet objectif sous forme d'un programme linéaire en nombre entier mixte modélisé comme suit :

$$\text{Min} \sum_{t=1}^T \left[ \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^{N+M} \sum_{p=1}^P C_{trans} \cdot X_{p,i,j,t} + \sum_{i=1}^N \sum_{p=1}^P (CVH_{p,i,t} \cdot XH_{p,i,t} + CFH_{i,t} \cdot Z_{i,t}) \right. \\ \left. + \sum_{j=1}^{N+M} \sum_{i=1}^N \sum_{p=1}^P (CV_{p,j,t} \cdot X_{p,i,j,t} + CF_{j,t} \cdot Y_{i,j,t} / N) + \sum_{i=1}^N \sum_{p=1}^P CS_{p,i,t} \cdot I_{p,i,t} + \sum_{j=1}^{N+M} CAV_t \cdot AV_{j,t} \right. \\ \left. + \sum_{w=1}^W \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^{N+M} (CT_{w,i,j,t} \cdot TR_{w,i,j,t} - b_{w,i,t} \cdot N_{w,i,t}) + \sum_{r=1}^R \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^{N+M} [CT_{r,i,j,t} \cdot TR_{r,i,j,t} - (b_{r,i,t} + v_{r,i,t}) \cdot N_{r,i,t}] \right]$$

La fonction objectif permet de minimiser le coût total relatif à l'option internalisation ou mutualisation. Le premier terme correspond au coût de transport entre le SSM et les hôpitaux qui lui sont affectés. Les deuxième et troisième termes expriment les coûts de stérilisation (variables et fixes) respectivement pour l'option internalisation ou mutualisation. Le quatrième terme représente le coût de stockage. Le cinquième terme reflète le coût d'acquisition des nouvelles ressources. Les deux derniers termes représentent les coûts de transfert de ressources depuis les différents hôpitaux du réseau vers le SSM, diminués des gains du redéploiement ou de la vente des ressources non utilisées. Ces coûts sont exprimés respectivement pour les ressources humaines et matérielles.

#### 2.4.5. Les contraintes

$$Z_{i,t} + \sum_{j=1}^{N+M} Y_{i,j,t} = 1 \quad \forall i=1\dots N, \forall t=1\dots T \quad (14)$$

Les contraintes (14) sont relatives au choix entre internalisation ou mutualisation du service de stérilisation au niveau d'un SSM commun pour l'ensemble des hôpitaux du réseau. Elles expriment également que chaque hôpital du réseau opte pour l'une de ces deux options : l'internalisation du service de stérilisation ou le recours à un SSM.

$$Y_{i,j,t} \leq Y_{i,j,t+k} \quad \forall j=1\dots N+M, \forall i=1\dots N, \forall t=1\dots T, \forall k=1\dots T-t \quad (15)$$

Les contraintes (15) expriment que si l'alternative de mutualisation est choisie pendant la période (t), alors cette décision doit être maintenue pour le reste des périodes de l'horizon considéré.

$$Y_{i,j,t} \leq Y_{i',j,t} \quad \forall j=1\dots N+M, \forall t=1\dots T, \forall i=1\dots N, \forall i'=1\dots N / i' \neq i \quad (16)$$

Les contraintes (16) garantissent qu'un seul SSM soit considéré : tous les hôpitaux du réseau doivent être affectés au même SSM. Ces contraintes expriment également que tous les hôpitaux optent pour l'internalisation ou pour la mutualisation

$$\sum_{p=1}^P \sum_{i=1}^N X_{p,i,j,t} \leq CAP_{trans} \quad \forall j=1\dots N+M, \forall t=1\dots T \quad (17)$$

La famille de contraintes (17) exprime que les quantités stérilisées au niveau du SSM et transportées vers les différents hôpitaux du réseau sont limitées par la capacité de transport disponible au niveau de ce service.

$$\sum_{i=1}^N \sum_{p=1}^P X_{p,i,j,t} \cdot \lambda_{r,p} \leq CAP_{r,j,t} \quad \forall j=1\dots N+M, \forall t=1\dots T, \forall r=1\dots R \quad (18. i)$$

$$\sum_{i=1}^N \sum_{p=1}^P X_{p,i,j,t} \cdot \lambda_{w,p} \leq CAP_{w,j,t} \quad \forall j=1\dots N+M, \forall t=1\dots T, \forall w=1\dots W \quad (18. ii)$$

$$\sum_{p=1}^P XH_{p,i,t} \cdot \lambda_{r,p} \leq CAP_{r,i,t} \quad \forall i=1\dots N, \forall r=1\dots R, \forall t=1\dots T \quad (18'. i)$$

$$\sum_{p=1}^P XH_{p,i,t} \cdot \lambda_{w,p} \leq CAP_{w,i,t} \quad \forall i=1\dots N, \forall w=1\dots W, \forall t=1\dots T \quad (18'. ii)$$

Les contraintes (18. i), (18. ii), (18'. i) et (18'. ii) sont des contraintes de ressources à capacité finie. Les contraintes (18. i), (18. ii) concernent l'alternative de mutualisation ; si celle-ci est retenue, les quantités de DMS produites pour le compte des hôpitaux affectés au SSM sont limitées par la capacité de production de celui-ci, exprimées respectivement en ressources matérielles et ressources humaines. Les contraintes (18'. i) et (18'. ii) expriment la même chose dans le cas de l'alternative d'internalisation.

$$X_{p,i,j,t} \leq M \cdot Y_{i,j,t} \quad \forall i=1\dots N, \forall j=1\dots N+M, \forall p=1\dots P, \forall t=1\dots T \quad (19)$$

$$XH_{p,i,t} \leq M \cdot Z_{i,t} \quad \forall i=1\dots N, \forall p=1\dots P, \forall t=1\dots T \quad (19')$$

La stérilisation d'un produit (p) est effectuée au niveau du SSM si et seulement si l'alternative de mutualisation est retenue (contraintes 19). Les contraintes (19') sont équivalentes à (19) dans le cas où l'internalisation est la solution retenue.

$$I_{p,i,t} = I_{p,i,t-1} + XH_{p,i,t} + \sum_{j=1}^{N+M} X_{p,i,j,t} - D_{p,i,t} \quad \forall i=1\dots N, \forall t=2\dots T, \forall p=1\dots P / \delta_{p,i} = 1$$

$$I_{p,i,1} = IO_{p,i} + XH_{p,i,1} + \sum_{j=1}^{N+M} X_{p,i,j,1} - D_{p,i,1} \quad \forall i=1\dots N, \forall p=1\dots P / \delta_{p,i} = 1 \quad (20)$$

Les contraintes (20) sont relatives à la conservation des flux. Le niveau de stock en fin de période au niveau de chaque hôpital du réseau se calcule à partir du stock initial, des quantités produites pendant cette période (au niveau du SSM ou au niveau de l'hôpital) et de la demande pour ce produit durant la même période.

$$I_{p,i,t} \geq IS_{p,i,t} \quad \forall i=1\dots N, \forall t=1\dots T, \forall p=1\dots P \quad (21)$$

Des contraintes supplémentaires sont rajoutées sur l'état des stocks stériles de fin de période en les fixant au moins égales au niveau de stock de sécurité (contraintes 21).

$$CAP_{r,j,t} = \sum_{i=1}^N cap_r \cdot VR_{r,i,j,t} \quad \forall j=1\dots N+M, \forall t=1\dots T, \forall r=1\dots R \quad (22. i)$$

$$CAP_{w,j,t} = \sum_{i=1}^N cap_w \cdot VR_{w,i,j,t} \quad \forall j=1\dots N+M, \forall t=1\dots T, \forall w=1\dots W \quad (22. ii)$$

Les contraintes (22. i) et (22. ii) calculent la capacité du SSM ; elle est égale respectivement à la somme des capacités des ressources matérielles et humaines disponibles au niveau de ce service et provenant des différents hôpitaux du réseau.

$$CAP_{trans,j,t} = CAPV \cdot \sum_{k=1}^I AV_{j,k} \quad \forall t=1\dots T, \forall j=1\dots N+M \quad (23)$$

Les contraintes (23) expriment la capacité de transport en fonction du nombre de véhicules acquis.

$$Q_{r,i} \geq \sum_{t=1}^T \sum_{j=1}^{N+M} (TR_{r,i,j,t} + N_{r,i,t}) \quad \forall i = 1 \dots N, \forall r = 1 \dots R \quad (24. i)$$

$$Q_{r,i} \leq \sum_{t=1}^T \sum_{j=1}^{N+M} (TR_{r,i,j,t} + N_{r,i,t} + M \cdot (1 - Y_{i,j,t})) \quad \forall i = 1 \dots N, \forall r = 1 \dots R$$

$$Q_{w,i} \geq \sum_{t=1}^T \sum_{j=1}^{N+M} (TR_{w,i,j,t} + N_{w,i,t}) \quad \forall i = 1 \dots N, \forall w = 1 \dots W \quad (24. ii)$$

$$Q_{w,i} \leq \sum_{t=1}^T \sum_{j=1}^{N+M} (TR_{w,i,j,t} + N_{w,i,t} + M \cdot (1 - Y_{i,j,t})) \quad \forall i = 1 \dots N, \forall w = 1 \dots W$$

Ces contraintes expriment qu'une partie des ressources matérielles disponibles au niveau d'un hôpital du réseau sera transférées sur le SSM ; les ressources non transférées au SSM seront vendues (24. i). Pour les ressources humaines, les ressources non transférés sont redéployées sur d'autres services au niveau de l'hôpital (24. ii).

$$\begin{aligned} TR_{r,i,j,t+1} &\leq Q_{r,i} \cdot (Y_{i,j,t+1} - Y_{i,j,t}) && \forall t = 1 \dots T, \forall j = 1 \dots N + M, \forall i = 1 \dots N, \forall r = 1 \dots R \\ TR_{r,i,j,1} &\leq Q_{r,i} \cdot Y_{i,j,1} && \forall j = 1 \dots N + M, \forall i = 1 \dots N, \forall r = 1 \dots R \\ N_{r,i,t+1} &\leq Q_{r,i} \cdot \sum_{j=1}^{N+M} (Y_{i,j,t+1} - Y_{i,j,t}) && \forall t = 1 \dots T, \forall i = 1 \dots N, \forall r = 1 \dots R \\ N_{r,i,1} &\leq Q_{r,i} \cdot \sum_{j=1}^{N+M} Y_{i,j,1} && \forall i = 1 \dots N, \forall r = 1 \dots R \end{aligned} \quad (25. i)$$

$$\begin{aligned} TR_{w,i,j,t+1} &\leq Q_{w,i} \cdot (Y_{i,j,t+1} - Y_{i,j,t}) && \forall t = 1 \dots T, \forall j = 1 \dots N + M, \forall i = 1 \dots N, \forall w = 1 \dots W \\ TR_{w,i,j,1} &\leq Q_{w,i} \cdot Y_{i,j,1} && \forall j = 1 \dots N + M, \forall i = 1 \dots N, \forall w = 1 \dots W \\ N_{w,i,t+1} &\leq Q_{w,i} \cdot \sum_{j=1}^{N+M} (Y_{i,j,t+1} - Y_{i,j,t}) && \forall t = 1 \dots T, \forall i = 1 \dots N, \forall w = 1 \dots W \\ N_{w,i,1} &\leq Q_{w,i} \cdot \sum_{j=1}^{N+M} Y_{i,j,1} && \forall i = 1 \dots N, \forall w = 1 \dots W \end{aligned} \quad (25. ii)$$

Ces contraintes expriment que si l'alternative de mutualisation est retenue pendant la période  $t$  alors le transfert de ressources nécessaires au niveau du SSM et la vente de ressources non utilisées doit se faire de façon statique et en une seule fois durant cette période. Ces contraintes sont exprimées respectivement pour les ressources matérielles (25. i) et les ressources humaines (25. ii).

$$\begin{aligned} VR_{r,i,j,t} &\geq VR_{r,i,j,t+k} - M \cdot (1 - Y_{i,j,t}) && \forall t = 1 \dots T, \forall i = 1 \dots N, \forall r = 1 \dots R, \forall j = 1 \dots N + M, \forall k = 1 \dots T - t \\ VR_{r,i,j,t} &\leq VR_{r,i,j,t+k} && \forall t = 1 \dots T, \forall i = 1 \dots N, \forall r = 1 \dots R, \forall j = 1 \dots N + M, \forall k = 1 \dots T - t \end{aligned} \quad (26. i)$$

$$\begin{aligned} VR_{w,i,j,t} &\geq VR_{w,i,j,t+k} - M \cdot (1 - Y_{i,j,t}) && \forall t = 1 \dots T, \forall i = 1 \dots N, \forall w = 1 \dots W, \forall j = 1 \dots N + M, \forall k = 1 \dots T - t \\ VR_{w,i,j,t} &\leq VR_{w,i,j,t+k} && \forall t = 1 \dots T, \forall i = 1 \dots N, \forall w = 1 \dots W, \forall j = 1 \dots N + M, \forall k = 1 \dots T - t \end{aligned} \quad (26. ii)$$

Le transfert de ressources matérielles (26. i) et de ressources humaines (26. ii) se fait une seule fois à partir du moment où la décision de mutualisation est prise ; les quantités de ressources disponibles au SSM provenant des hôpitaux du réseau affectés à ce service restent dès lors inchangées sur le reste de l'horizon.

$$\begin{aligned}
 VR_{r,i,j,t+1} &\geq TR_{r,i,j,t+1} && \forall t=1..T-1, \forall i=1..N, \forall r=1..R, \forall j=1..N+M \\
 VR_{r,i,j,t+1} &\leq TR_{r,i,j,t+1} + M \cdot (1 - (Y_{i,j,t+1} - Y_{i,j,t})) && \forall t=1..T-1, \forall i=1..N, \forall r=1..R, \forall j=1..N+M \\
 VR_{r,i,j,1} &\geq TR_{r,i,j,1} && \forall i=1..N, \forall r=1..R, \forall j=1..N+M \\
 VR_{r,i,j,1} &\leq TR_{r,i,j,1} + M \cdot (1 - Y_{i,j,1}) && \forall i=1..N, \forall r=1..R, \forall j=1..N+M
 \end{aligned} \tag{27. i}$$

$$\begin{aligned}
 VR_{w,i,j,t+1} &\geq TR_{w,i,j,t+1} && \forall t=1..T-1, \forall i=1..N, \forall w=1..W, \forall j=1..N+M \\
 VR_{w,i,j,t+1} &\leq TR_{w,i,j,t+1} + M \cdot (1 - (Y_{i,j,t+1} - Y_{i,j,t})) && \forall t=1..T-1, \forall i=1..N, \forall w=1..W, \forall j=1..N+M \\
 VR_{w,i,j,1} &\geq TR_{w,i,j,1} && \forall i=1..N, \forall w=1..W, \forall j=1..N+M \\
 VR_{w,i,j,1} &\leq TR_{w,i,j,1} + M \cdot (1 - Y_{i,j,1}) && \forall i=1..N, \forall w=1..W, \forall j=1..N+M
 \end{aligned} \tag{27. ii}$$

Les contraintes (27. i) et (27. ii) déterminent les quantités de ressources disponibles au niveau du SSM en fonction des quantités de ressources transférées à partir des hôpitaux affectés à celui-ci.

$$VR_{r,i,j,t} \leq Q_{r,j} \cdot Y_{i,j,t} \quad \forall t=1..T, \forall j=1..N+M, \forall i=1..N, \forall r=1..R \tag{28. i}$$

$$VR_{w,i,j,t} \leq Q_{w,i} \cdot Y_{i,j,t} \quad \forall t=1..T, \forall j=1..N+M, \forall i=1..N, \forall w=1..W \tag{28. ii}$$

Aucune ressource ne sera disponible (transférée) au SSM si l'alternative de mutualisation n'est pas celle qui est retenue.

$$\begin{aligned}
 Y_{i,j,t} &\in \{0,1\} && \forall i=1..N, \forall j=1..N+M, \forall t=1..T \\
 Z_{i,t} &\in \{0,1\} && \forall i=1..N, \forall t=1..T
 \end{aligned} \tag{29}$$

Les contraintes 29 précisent les variables binaires utilisées. Il s'agit des variables relatives au choix de la décision entre internalisation ou mutualisation et à l'affectation des hôpitaux du réseau au SSM.

$$\begin{aligned}
 X_{p,i,j,t} &\geq 0 && \forall i=1..N, \forall j=1..N+M, \forall p=1..P, \forall t=1..T \\
 XH_{p,i,t} &\geq 0 && \forall i=1..N, \forall p=1..P, \forall t=1..T \\
 I_{p,i,t} &\geq 0 && \forall i=1..N, \forall p=1..P, \forall t=1..T \\
 TR_{r,i,j,t} &\geq 0 && \forall i=1..N, \forall j=1..N, \forall r=1..R, \forall t=1..T \\
 TR_{w,i,j,t} &\geq 0 && \forall i=1..N, \forall j=1..N, \forall w=1..W, \forall t=1..T \\
 VR_{r,i,j,t} &\geq 0 && \forall i=1..N, \forall j=1..N, \forall r=1..R, \forall t=1..T \\
 VR_{w,i,j,t} &\geq 0 && \forall i=1..N, \forall j=1..N, \forall w=1..W, \forall t=1..T \\
 AV_{j,t} &\geq 0 && \forall j=1..N, \forall t=1..T \\
 CAP_{r,j,t} &\geq 0 && \forall j=1..N+M, \forall r=1..R, \forall t=1..T \\
 CAP_{w,j,t} &\geq 0 && \forall j=1..N+M, \forall w=1..W, \forall t=1..T \\
 N_{r,i,t} &\geq 0 && \forall i=1..N, \forall r=1..R, \forall t=1..T \\
 N_{w,i,t} &\geq 0 && \forall i=1..N, \forall w=1..W, \forall t=1..T \\
 CAPtrans_{j,t} &\geq 0 && \forall j=1..N+M, \forall t=1..T
 \end{aligned} \tag{30}$$

Pour (30), il s'agit des contraintes relatives aux variables de décision positives. [Tlahig et al., 2008a]

L'encadré 2 résume notre modèle.

$$\text{Min} \sum_{t=1}^T \left[ \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^{N+M} \sum_{p=1}^P C_{\text{trans}} \cdot X_{p,i,j,t} + \sum_{i=1}^N \sum_{p=1}^P (CVH_{p,i,t} \cdot XH_{p,i,t} + CFH_{i,t} \cdot Z_{i,t}) \right. \\ \left. + \sum_{j=1}^{N+M} \sum_{i=1}^N \sum_{p=1}^P (CV_{p,j,t} \cdot X_{p,i,j,t} + CF_{j,t} \cdot Y_{i,j,t} / N) + \sum_{i=1}^N \sum_{p=1}^P CS_{p,i,t} \cdot I_{p,i,t} + \sum_{j=1}^{N+M} CAV_t \cdot AV_{j,t} \right. \\ \left. + \sum_{w=1}^W \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^{N+M} (CT_{w,i,j,t} \cdot TR_{w,i,j,t} - b_{w,i,t} \cdot N_{w,i,t}) + \sum_{r=1}^R \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^{N+M} [CT_{r,i,j,t} \cdot TR_{r,i,j,t} - (b_{r,i,t} + v_{r,i,t}) \cdot N_{r,i,t}] \right]$$

$$Z_{i,t} + \sum_{j=1}^{N+M} Y_{i,j,t} = 1 \quad \forall i=1 \dots N, \forall t=1 \dots T$$

$$Y_{i,j,t} \leq Y_{i,j,t+k} \quad \forall j=1 \dots N+M, \forall i=1 \dots N, \forall t=1 \dots T, \forall k=1 \dots T-t$$

$$Y_{i,j,t} \leq Y_{i',j,t} \quad \forall j=1 \dots N+M, \forall t=1 \dots T, \forall i=1 \dots N, \forall i'=1 \dots N / i' \neq i$$

$$\sum_{i=1}^N \sum_{p=1}^P X_{p,i,j,t} \cdot \lambda_{r,p} \leq CAP_{r,j,t} \quad \forall j=1 \dots N+M, \forall t=1 \dots T, \forall r=1 \dots R$$

$$\sum_{i=1}^N \sum_{p=1}^P X_{p,i,j,t} \cdot \lambda_{w,p} \leq CAP_{w,j,t} \quad \forall j=1 \dots N+M, \forall t=1 \dots T, \forall w=1 \dots W$$

$$\sum_{p=1}^P XH_{p,i,t} \cdot \lambda_{r,p} \leq CAP_{r,i,t} \quad \forall i=1 \dots N, \forall r=1 \dots R, \forall t=1 \dots T$$

$$\sum_{p=1}^P XH_{p,i,t} \cdot \lambda_{w,p} \leq CAP_{w,i,t} \quad \forall i=1 \dots N, \forall w=1 \dots W, \forall t=1 \dots T$$

$$X_{p,i,j,t} \leq M \cdot Y_{i,j,t} \quad \forall i=1 \dots N, \forall j=1 \dots N+M, \forall p=1 \dots P, \forall t=1 \dots T$$

$$XH_{p,i,t} \leq M \cdot Z_{i,t} \quad \forall i=1 \dots N, \forall p=1 \dots P, \forall t=1 \dots T$$

$$I_{p,i,t} = I_{p,i,t-1} + XH_{p,i,t} + \sum_{j=1}^{N+M} X_{p,i,j,t} - D_{p,i,t} \quad \forall i=1 \dots N, \forall t=2 \dots T, \forall p=1 \dots P / \delta_{p,i} = 1$$

$$I_{p,i,t} = I0_{p,i} + XH_{p,i,t} + \sum_{j=1}^{N+M} X_{p,i,j,t} - D_{p,i,t} \quad \forall i=1 \dots N, \forall p=1 \dots P / \delta_{p,i} = 1$$

$$I_{p,i,t} \geq IS_{p,i,t} \quad \forall i=1 \dots N, \forall t=1 \dots T, \forall p=1 \dots P$$

$$\sum_{p=1}^P \sum_{i=1}^N X_{p,i,j,t} \leq CAP_{\text{trans},j,t} \quad \forall j=1 \dots N+M, \forall t=1 \dots T$$

$$CAP_{\text{trans},j,t} = CAPV \cdot \sum_{k=1}^t AV_{j,k} \quad \forall j=1 \dots N+M, \forall t=1 \dots T$$

$$CAP_{r,j,t} = \sum_{i=1}^N cap_r \cdot VR_{r,i,j,t} \quad \forall j=1 \dots N+M, \forall t=1 \dots T, \forall r=1 \dots R$$

$$CAP_{w,j,t} = \sum_{i=1}^N cap_w \cdot VR_{w,i,j,t} \quad \forall j=1 \dots N+M, \forall t=1 \dots T, \forall w=1 \dots W$$

$$Q_{r,i} \geq \sum_{t=1}^T \sum_{j=1}^{N+M} (TR_{r,i,j,t} + N_{r,i,t}) \quad \forall i=1 \dots N, \forall r=1 \dots R$$

$$Q_{r,i} \leq \sum_{t=1}^T \sum_{j=1}^{N+M} (TR_{r,i,j,t} + N_{r,i,t} + M \cdot (1 - Y_{i,j,t})) \quad \forall i=1 \dots N, \forall r=1 \dots R$$

$$Q_{w,i} \geq \sum_{t=1}^T \sum_{j=1}^{N+M} (TR_{w,i,j,t} + N_{w,i,t}) \quad \forall i=1 \dots N, \forall w=1 \dots W$$

$$Q_{w,i} \leq \sum_{t=1}^T \sum_{j=1}^{N+M} (TR_{w,i,j,t} + N_{w,i,t} + M \cdot (1 - Y_{i,j,t})) \quad \forall i=1 \dots N, \forall w=1 \dots W$$

$$TR_{r,i,j,t+1} \leq Q_{r,i} \cdot (Y_{i,j,t+1} - Y_{i,j,t}) \quad \forall t=1 \dots T-1, \forall j=1 \dots N+M, \forall i=1 \dots N, \forall r=1 \dots R$$

$$TR_{w,i,j,t+1} \leq Q_{w,i} \cdot (Y_{i,j,t+1} - Y_{i,j,t}) \quad \forall t=1 \dots T-1, \forall j=1 \dots N+M, \forall i=1 \dots N, \forall w=1 \dots W$$

$$TR_{r,i,j,1} \leq Q_{r,i} \cdot Y_{i,j,1} \quad \forall j=1 \dots N+M, \forall i=1 \dots N, \forall r=1 \dots R$$

$$\begin{aligned}
 TR_{w,i,j,1} &\leq Q_{w,i} \cdot Y_{i,j,1} \quad \forall j=1\dots N+M, \forall i=1\dots N, \forall w=1\dots W \\
 N_{r,i,t+1} &\leq Q_{r,i} \cdot \sum_{j=1}^{N+M} (Y_{i,j,t+1} - Y_{i,j,t}) \quad \forall t=1\dots T-1, \forall i=1\dots N, \forall r=1\dots R \\
 N_{w,i,t+1} &\leq Q_{w,i} \cdot \sum_{j=1}^{N+M} (Y_{i,j,t+1} - Y_{i,j,t}) \quad \forall t=1\dots T-1, \forall i=1\dots N, \forall w=1\dots W \\
 N_{w,i,1} &\leq Q_{w,i} \cdot \sum_{j=1}^{N+M} Y_{i,j,1} \quad \forall i=1\dots N, \forall w=1\dots W \\
 N_{r,i,1} &\leq Q_{r,i} \cdot \sum_{j=1}^{N+M} Y_{i,j,1} \quad \forall i=1\dots N, \forall r=1\dots R \\
 VR_{r,i,j,t} &\leq Q_{r,i} \cdot Y_{i,j,t} \quad \forall t=1\dots T, \forall j=1\dots N+M, \forall i=1\dots N, \forall r=1\dots R \\
 VR_{w,i,j,t} &\leq Q_{w,i} \cdot Y_{i,j,t} \quad \forall t=1\dots T, \forall j=1\dots N+M, \forall i=1\dots N, \forall w=1\dots W \\
 VR_{r,i,j,t} &\geq VR_{r,i,j,t+k} - M \cdot (1 - Y_{i,j,t}) \quad \forall t=1\dots T, \forall i=1\dots N, \forall r=1\dots R, \forall j=1\dots N+M, \forall k=1\dots T-t \\
 VR_{r,i,j,t} &\leq VR_{r,i,j,t+k} \quad \forall t=1\dots T, \forall i=1\dots N, \forall r=1\dots R, \forall j=1\dots N+M, \forall k=1\dots T-t \\
 VR_{w,i,j,t} &\geq VR_{w,i,j,t+k} - M \cdot (1 - Y_{i,j,t}) \quad \forall t=1\dots T, \forall i=1\dots N, \forall w=1\dots W, \forall j=1\dots N+M, \forall k=1\dots T-t \\
 VR_{w,i,j,t} &\leq VR_{w,i,j,t+k} \quad \forall t=1\dots T, \forall i=1\dots N, \forall w=1\dots W, \forall j=1\dots N+M, \forall k=1\dots T-t \\
 VR_{r,i,j,t+1} &\geq TR_{r,i,j,t+1} \quad \forall t=1\dots T-1, \forall i=1\dots N, \forall r=1\dots R, \forall j=1\dots N+M \\
 VR_{r,i,j,t+1} &\leq TR_{r,i,j,t+1} + M \cdot (1 - (Y_{i,j,t+1} - Y_{i,j,t})) \quad \forall t=1\dots T-1, \forall i=1\dots N, \forall r=1\dots R, \forall j=1\dots N+M \\
 VR_{w,i,j,t+1} &\geq TR_{w,i,j,t+1} \quad \forall t=1\dots T-1, \forall i=1\dots N, \forall w=1\dots W, \forall j=1\dots N+M \\
 VR_{w,i,j,t+1} &\leq TR_{w,i,j,t+1} + M \cdot (1 - (Y_{i,j,t+1} - Y_{i,j,t})) \quad \forall t=1\dots T-1, \forall i=1\dots N, \forall w=1\dots W, \forall j=1\dots N+M \\
 VR_{r,i,j,1} &\geq TR_{r,i,j,1} \quad \forall i=1\dots N, \forall r=1\dots R, \forall j=1\dots N+M \\
 VR_{r,i,j,1} &\leq TR_{r,i,j,1} + M \cdot (1 - Y_{i,j,1}) \quad \forall i=1\dots N, \forall r=1\dots R, \forall j=1\dots N+M \\
 VR_{w,i,j,1} &\geq TR_{w,i,j,1} \quad \forall i=1\dots N, \forall w=1\dots W, \forall j=1\dots N+M \\
 VR_{w,i,j,1} &\leq TR_{w,i,j,1} + M \cdot (1 - Y_{i,j,1}) \quad \forall i=1\dots N, \forall w=1\dots W, \forall j=1\dots N+M \\
 Y_{i,j,t} &\in \{0,1\} \quad \forall i=1\dots N, \forall j=1\dots N+M, \forall t=1\dots T \\
 Z_{i,t} &\in \{0,1\} \quad \forall i=1\dots N, \forall t=1\dots T \\
 X_{p,i,j,t} &\geq 0 \quad \forall i=1\dots N, \forall j=1\dots N+M, \forall p=1\dots P, \forall t=1\dots T \\
 XH_{p,i,t} &\geq 0 \quad \forall i=1\dots N, \forall p=1\dots P, \forall t=1\dots T \\
 I_{p,i,t} &\geq 0 \quad \forall i=1\dots N, \forall p=1\dots P, \forall t=1\dots T \\
 TR_{r,i,j,t} &\geq 0 \quad \forall i=1\dots N, \forall j=1\dots N+M, \forall r=1\dots R, \forall t=1\dots T \\
 TR_{w,i,j,t} &\geq 0 \quad \forall i=1\dots N, \forall j=1\dots N+M, \forall w=1\dots W, \forall t=1\dots T \\
 VR_{r,i,j,t} &\geq 0 \quad \forall i=1\dots N, \forall j=1\dots N+M, \forall r=1\dots R, \forall t=1\dots T \\
 VR_{w,i,j,t} &\geq 0 \quad \forall i=1\dots N, \forall j=1\dots N+M, \forall w=1\dots W, \forall t=1\dots T \\
 AV_{j,t} &\geq 0 \quad \forall j=1\dots N+M, \forall t=1\dots T \\
 CAP_{r,j,t} &\geq 0 \quad \forall j=1\dots N+M, \forall r=1\dots R, \forall t=1\dots T \\
 CAP_{w,j,t} &\geq 0 \quad \forall j=1\dots N+M, \forall w=1\dots W, \forall t=1\dots T \\
 N_{r,i,t} &\geq 0 \quad \forall i=1\dots N, \forall r=1\dots R, \forall t=1\dots T \\
 N_{w,i,t} &\geq 0 \quad \forall i=1\dots N, \forall w=1\dots W, \forall t=1\dots T \\
 CAPtrans_{j,t} &\geq 0 \quad \forall j=1\dots N+M, \forall t=1\dots T
 \end{aligned}$$

**Encadré 2.** Modèle de la décision de choix entre internalisation ou mutualisation des services de stérilisation au sein d'un réseau d'établissements de santé

## 2.5. Expérimentation et résultats

La méthode de *Branch and Bound* est la méthode la plus fréquemment utilisée pour résoudre les programmes linéaires en nombres entiers et en nombres mixtes. Elle est implémentée sur différents solveurs de programmes linéaires tels que LINGO, CPLEX, etc.

Pour expérimenter le modèle intégré de localisation-allocation-dimensionnement du service de stérilisation (MILP) ainsi proposé, nous utilisons ILOG CPLEX 9.1 sur une machine Pentium IV, 1.7 GHz avec 512 Mo de RAM.

### 2.5.1. Expérimentation du modèle intégré

L'objectif de cette expérimentation est de valider le modèle proposé en explorant ses temps de résolution (étudier sa complexité) et en évaluant quelques performances de la configuration retenue. Pour cela nous allons expérimenter le modèle sur sept exemples de problèmes pseudo-réels. Le premier exemple est construit sur la base d'une étude de cas réel : cas de l'hôpital de l'AIGLE que nous avons introduit au chapitre précédent. Dans ce premier exemple, nous considérons un réseau de trois hôpitaux. La décision de choix entre internalisation ou mutualisation sera prise sur un horizon de 5 ans et en considérant deux gammes de produits (sachets et paquets). A partir de ce premier exemple, six autres exemples de problèmes pseudo-réels sont générés en faisant varier à chaque fois les paramètres considérés (nombre de périodes, nombre de produits, nombre d'hôpitaux du réseau, etc.).

Le modèle sera ainsi testé sur différents jeux de données. Ceci permettra d'évaluer la sensibilité du modèle aux données et d'étudier sa complexité en fonction des paramètres de la configuration : taille du réseau (nombre d'hôpitaux), nombre de périodes de l'horizon de décision, et nombre de produits.

Les sept exemples de problèmes sont numérotés de 1 à 7 et sont résumés dans le tableau 17.

	# Périodes <sup>13</sup>	# Hôpitaux du réseau	# Produits
<b>Exemple N° 1 :</b>	5	3	2 gammes (sachet ou paquet)
<b>Exemple N° 2 :</b>	3	6	2 gammes (sachet ou paquet)
<b>Exemple N° 3 :</b>	5	6	2 gammes (sachet ou paquet)
<b>Exemple N° 4 :</b>	5	10	2 gammes (sachet ou paquet)
<b>Exemple N° 5 :</b>	5	6	100 boîtes (chaque boîte correspond à une intervention chirurgicale)
<b>Exemple N° 6 :</b>	5	10	300 boîtes (chaque boîte correspond à une intervention chirurgicale)
<b>Exemple N° 7 :</b>	5	3	100 boîtes (chaque boîte correspond à une intervention chirurgicale)

**Tableau 17.** Exemples considérés dans la validation du modèle de choix entre internalisation ou mutualisation du service de stérilisation

Les résultats obtenus pour chaque exemple sont rapportés dans le tableau 18.

Pour chaque exemple, référencé par un numéro, nous indiquons, le temps de calcul (exprimé en secondes), le nombre d'itérations, le nombre de branches, le nombre de contraintes et le nombre de variables.

<sup>13</sup> La période considérée est de l'ordre de l'année

Exemple	# itération	# branches	# contraintes	# variables	CPU (en sec)
1	6936	412	5772	915	391
2	17932	198	9759	1674	84
3	41824	420	19461	2790	233
4	11116667	116642	53465	6830	>>83228 <sup>14</sup>
5	1217913	2009	75321	29250	54850
6	2712366	1355	189321	83250	>>75366
7	53513	37	9735	24882	1281

**Tableau 18.**Complexité relative aux exemples considérés

L'expérimentation que nous avons conduite confirme la complexité du modèle proposé. A partir d'une certaine augmentation de la taille du réseau (nombre d'hôpitaux) et du nombre de produits, le temps de résolution du modèle est devenu important (supérieur à 23 heures). En effet, en examinant les résultats obtenus pour les exemples 3 et 4 (de 4 minutes à 23 heures) et les exemples 7 et 5 (de 21 minutes à 15 heures), nous constatons que le temps de résolution augmente d'une façon très significative avec la taille du réseau. L'augmentation du temps de résolution se remarque aussi en augmentant le nombre de produits (scénario 4) ou aussi du nombre de périodes (voir exemple 1 & 2)

Le tableau 19 représente les résultats obtenus pour chaque exemple de problème considéré. Nous donnons alors pour chaque exemple la configuration retenue par le modèle. Si l'alternative de mutualisation est proposée, nous précisons la localisation du SSM. Nous évaluons, pour chaque exemple, le gain moyen en termes de ressources matérielles et humaines pour l'ensemble des hôpitaux du réseau (ce gain est calculé en divisant le nombre de ressources non utilisées, redéployées ou vendus, par le nombre de ressources initiales).

Exemple N°	Meilleure configuration	Gain en ressources matérielles (%)	Gain en ressources humaines (%)
1	Mutualisation au niveau de l'hôpital 2 à partir de t = 2	58%	60%
2	Mutualisation au niveau de l'hôpital 2 à partir de t = 2	49%	68%
3	Mutualisation au niveau de l'hôpital 2 sur tout l'horizon de planification	60%	80%
4	Mutualisation au niveau de l'hôpital 5 sur tout l'horizon de planification	59%	49%
5	Mutualisation au niveau de l'hôpital 2 sur tout l'horizon de planification	42%	54%
6	Mutualisation au niveau de l'hôpital 5 sur tout l'horizon de planification	53%	72%
7	Mutualisation au niveau de l'hôpital 2 sur tout l'horizon de planification	38%	60%

**Tableau 19.** Configuration retenue et gain en ressources

Le gain moyen représenté dans le tableau 19 est estimé à partir du gain en ressources par hôpital. Dans le tableau 20, nous représentons, à titre d'exemple, le nombre de ressources (humaines et matérielles) transférées par rapport au nombre de ressources initiales disponibles dans chaque hôpital du réseau. Nous exposons également le gain en ressources calculé pour chaque hôpital et pour l'ensemble des hôpitaux du réseau grâce à la mutualisation. (Le gain est

<sup>14</sup> Pour les exemples 4 et 6, le temps de résolution devenu trop important, nous avons suspendu la résolution avant que le modèle atteigne la solution optimale.

calculé en divisant la différence nombre initial de ressources moins nombre de ressources transférées par le nombre initial de ressources)

Hôpital	Ressources matérielles			Ressources humaines		
	# Initial	Transfert	Gain/hôpital	# Initial	Transfert	Gain/hôpital
1	6	1	83%	9	2	77%
2	5	5	0%	7	7	0%
3	8	2	75%	12	2	83%

**Tableau 20.** Gain en ressources dans le cas de l'exemple 1

Pour l'exemple de base (l'exemple 1), la mutualisation est la solution proposée à partir de la deuxième période de l'horizon de planification. Ceci peut s'expliquer par l'augmentation des coûts et de la demande à partir de cette période ; le SSM est localisé au niveau de l'hôpital 2, celui-ci présente les coûts de transport les plus attractifs. Nous remarquons, pour cet exemple, que le gain en ressources est au moins de 75%, sauf pour l'hôpital 2 où le SSM sera localisé. Les ressources humaines non transférées depuis les hôpitaux 1 et 3 seront redéployées dans d'autres services. Les ressources matérielles non utilisées seront vendues.

Aussi, nous remarquons qu'il est plus intéressant de transférer des ressources matérielles à partir de l'hôpital 3 que depuis l'hôpital 1. Ceci peut s'expliquer par les coûts de transport qui sont plus élevés entre l'hôpital 1 et 2 que ceux entre l'hôpital 3 et 2.

Les résultats obtenus pour les différents exemples de problèmes que nous avons testés montrent l'intérêt de l'alternative de mutualisation de point de vue gain en ressources et donc gain en coût total. Toutefois, le modèle proposé est un modèle complexe ; les temps de résolution deviennent très importants en augmentant le nombre d'hôpitaux du réseau et/ou le nombre de produits. Le modèle est sensible à la variation des paramètres de la configuration considérée et à la variation des données.

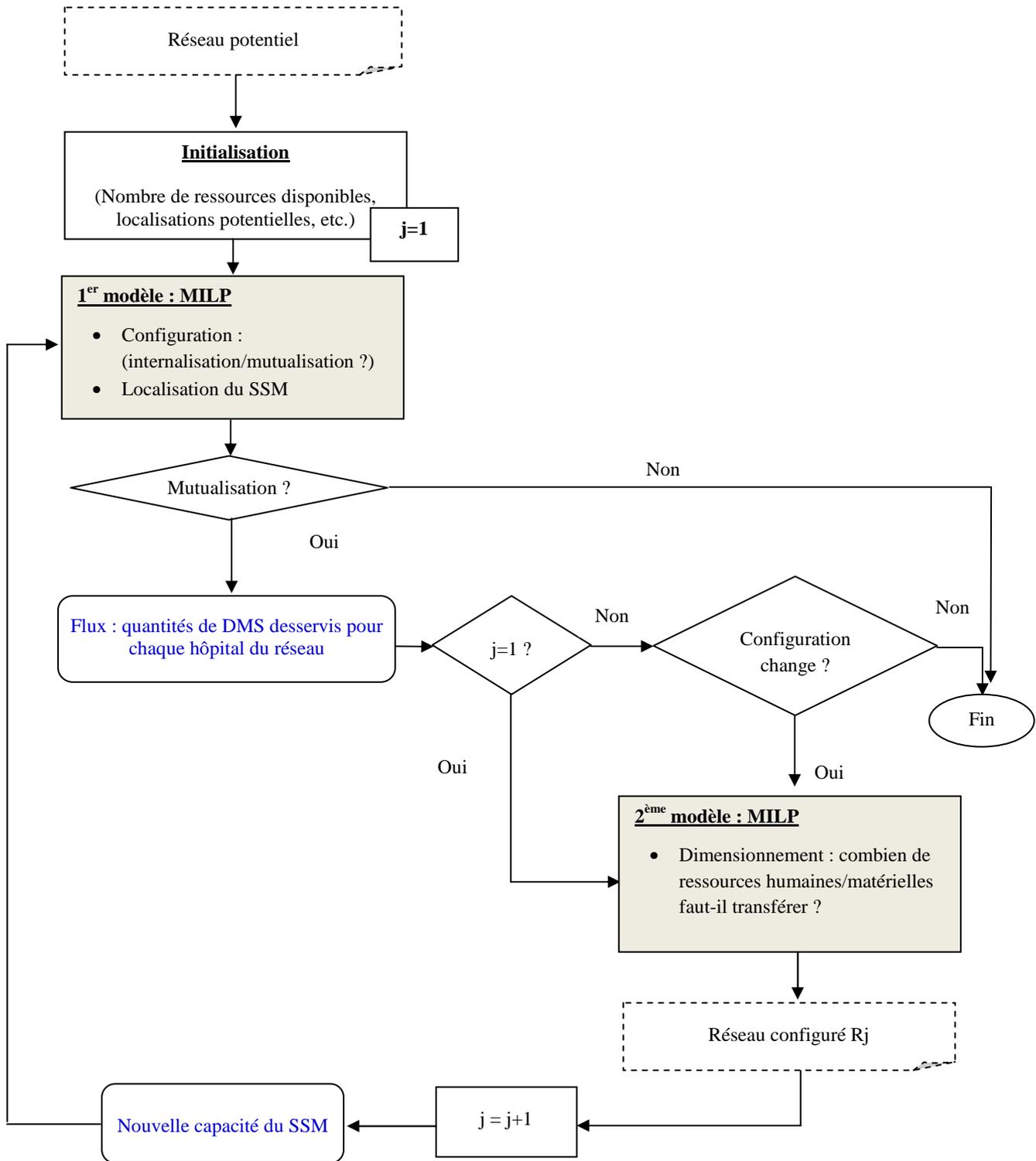
Dans le paragraphe suivant, nous proposons une approche heuristique pour la résolution du problème étant donnée la complexité du modèle intégré. Cette approche reposera sur le principe de décomposition. Le problème initial sera décomposé en deux sous-problèmes : un problème de recherche de la meilleure configuration du service de stérilisation au sein d'un réseau d'établissements de santé, et un problème de dimensionnement du SSM.

### 2.5.2. Une approche heuristique basée sur le principe de décomposition

Pour résoudre le problème en un temps raisonnable, nous avons pensé à le décomposer en deux sous-problèmes : (1) un problème de choix de configuration-localisation et (2) un problème de dimensionnement de ressources. Nous proposons ainsi une approche heuristique à deux phases basée sur le principe de décomposition. La résolution de chaque sous-problème constitue une phase de l'approche ainsi proposée. Cette approche est représentée par la figure 26.

Dans la première phase de l'approche nous utilisons un modèle de configuration-localisation dont l'objectif consiste à trouver la meilleure configuration et la localisation optimale du SSM dans le cas d'une mutualisation des services de stérilisation. Ce premier modèle nous permettra de calculer les quantités de DMS à produire pour le compte de l'ensemble des hôpitaux du réseau. Ces quantités seront introduites comme des données dans le modèle de dimensionnement de ressources, utilisé dans la deuxième phase de l'approche.

Le modèle de dimensionnement permet d'ajuster les capacités aux quantités à produire et donc de dimensionner le SSM. De ce modèle, nous obtenons un réseau reconfiguré. La capacité du SSM calculée par ce modèle sera injectée dans le premier modèle, celui-ci de nouveau généré et l'approche réitérée jusqu'à convergence vers une même configuration-localisation et dimensionnement du SSM. Notre approche est ainsi réitérée jusqu'à ce que la configuration obtenue ne change plus.



**Figure 26.** Approche heuristique basée sur le principe de décomposition

Les deux sous-problèmes résultants de la décomposition de notre problème initial sont donnés respectivement par les encadrés 3 et 4.

$$\text{Min} \sum_{t=1}^T \left[ \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^{N+M} \sum_{p=1}^P C_{\text{trans}} \cdot X_{p,i,j,t} + \sum_{i=1}^N \sum_{p=1}^P (CVH_{p,i,t} \cdot XH_{p,i,t} + CFH_{i,t} \cdot Z_{i,t}) \right. \\ \left. + \sum_{j=1}^{N+M} \sum_{i=1}^N \sum_{p=1}^P (CV_{p,j,t} \cdot X_{p,i,j,t} + CF_{j,t} \cdot Y_{i,j,t} / N) + \sum_{i=1}^N \sum_{p=1}^P CS_{p,i,t} \cdot I_{p,i,t} + \sum_{j=1}^{N+M} CAV_t \cdot AV_{j,t} \right. \\ \left. + \sum_{j=1}^{N+M} \sum_{i=1}^N \sum_{r=1}^R CT_{r,i,j,t} \cdot Q_{r,i} \cdot Y_{i,j,t} + \sum_{j=1}^{N+M} \sum_{i=1}^N \sum_{w=1}^W CT_{w,i,j,t} \cdot Q_{w,i} \cdot Y_{i,j,t} \right]$$

$$Z_{i,t} + \sum_{j=1}^{N+M} Y_{i,j,t} = 1 \quad \forall i=1 \dots N, \forall t=1 \dots T$$

$$Y_{i,j,t} \leq Y_{i,j,t+k} \quad \forall j=1 \dots N+M, \forall i=1 \dots N, \forall t=1 \dots T, \forall k=1 \dots T-t$$

$$Y_{i,j,t} \leq Y_{i',j,t} \quad \forall j=1 \dots N+M, \forall t=1 \dots T, \forall i=1 \dots N, \forall i'=1 \dots N / i' \neq i$$

$$\sum_{i=1}^N \sum_{p=1}^P X_{p,i,j,t} \cdot \lambda_{r,p} \leq \sum_{i=1}^N cap_r \cdot Q_{r,i} \cdot Y_{i,j,t} \quad \forall j=1 \dots N+M, \forall t=1 \dots T, \forall r=1 \dots R$$

$$\sum_{i=1}^N \sum_{p=1}^P X_{p,i,j,t} \cdot \lambda_{w,p} \leq \sum_{i=1}^N cap_w \cdot Q_{w,i} \cdot Y_{i,j,t} \quad \forall j=1 \dots N+M, \forall t=1 \dots T, \forall w=1 \dots W$$

$$\sum_{p=1}^P XH_{p,i,t} \cdot \lambda_{r,p} \leq CAP_{r,i,t} \quad \forall i=1 \dots N, \forall r=1 \dots R, \forall t=1 \dots T$$

$$\sum_{p=1}^P XH_{p,i,t} \cdot \lambda_{w,p} \leq CAP_{w,i,t} \quad \forall i=1 \dots N, \forall w=1 \dots W, \forall t=1 \dots T$$

$$X_{p,i,j,t} \leq M \cdot Y_{i,j,t} \quad \forall i=1 \dots N, \forall j=1 \dots N+M, \forall p=1 \dots P, \forall t=1 \dots T$$

$$XH_{p,i,t} \leq M \cdot Z_{i,t} \quad \forall i=1 \dots N, \forall p=1 \dots P, \forall t=1 \dots T$$

$$I_{p,i,t} = I_{p,i,t-1} + XH_{p,i,t} + \sum_{j=1}^{N+M} X_{p,i,j,t} - D_{p,i,t} \quad \forall i=1 \dots N, \forall t=2 \dots T, \forall p=1 \dots P / \delta_{p,i} = 1$$

$$I_{p,i,t} = IO_{p,i} + XH_{p,i,t} + \sum_{j=1}^{N+M} X_{p,i,j,t} - D_{p,i,t} \quad \forall i=1 \dots N, \forall p=1 \dots P / \delta_{p,i} = 1$$

$$I_{p,i,t} \geq IS_{p,i,t} \quad \forall i=1 \dots N, \forall t=1 \dots T, \forall p=1 \dots P$$

$$\sum_{p=1}^P \sum_{i=1}^N X_{p,i,j,t} \leq CAP_{\text{trans}} \cdot j_{j,t} \quad \forall j=1 \dots N+M, \forall t=1 \dots T$$

$$CAP_{\text{trans}} \cdot j_{j,t} = CAPV \cdot \sum_{k=1}^t AV_{j,k} \quad \forall j=1 \dots N+M, \forall t=1 \dots T$$

$$Y_{i,j,t} \in \{0,1\} \quad \forall i=1 \dots N, \forall j=1 \dots N+M, \forall t=1 \dots T$$

$$Z_{i,t} \in \{0,1\} \quad \forall i=1 \dots N, \forall t=1 \dots T$$

$$X_{p,i,j,t} \geq 0 \quad \forall i=1 \dots N, \forall j=1 \dots N+M, \forall p=1 \dots P, \forall t=1 \dots T$$

$$XH_{p,i,t} \geq 0 \quad \forall i=1 \dots N, \forall p=1 \dots P, \forall t=1 \dots T$$

$$I_{p,i,t} \geq 0 \quad \forall i=1 \dots N, \forall p=1 \dots P, \forall t=1 \dots T$$

$$AV_{j,t} \geq 0 \quad \forall j=1 \dots N+M, \forall t=1 \dots T$$

$$CAP_{\text{trans}} \cdot j_{j,t} \geq 0 \quad \forall j=1 \dots N+M, \forall t=1 \dots T$$

**Encadré 3.** Modèle de choix de configuration-localisation (1<sup>er</sup> modèle)

$$\text{Min } \sum_{t=1}^T \left[ \sum_{w=1}^W \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^{N+M} (CT_{w,i,j,t} \cdot TR_{w,i,j,t} - b_{w,i,t} \cdot N_{w,i,t}) + \sum_{r=1}^R \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^{N+M} [CT_{r,i,j,t} \cdot TR_{r,i,j,t} - (b_{r,i,t} + v_{r,i,t}) \cdot N_{r,i,t}] \right]$$

$$\sum_{i=1}^N \sum_{p=1}^P X_{p,i,j,t} \cdot \lambda_{r,p} \leq CAP_{r,j,t} \quad \forall j=1 \dots N+M, \forall t=1 \dots T, \forall r=1 \dots R$$

$$\sum_{i=1}^N \sum_{p=1}^P X_{p,i,j,t} \cdot \lambda_{w,p} \leq CAP_{w,j,t} \quad \forall j=1 \dots N+M, \forall t=1 \dots T, \forall w=1 \dots W$$

$$CAP_{r,j,t} = \sum_{i=1}^N cap_r \cdot VR_{r,i,j,t} \quad \forall j=1 \dots N+M, \forall t=1 \dots T, \forall r=1 \dots R$$

$$CAP_{w,j,t} = \sum_{i=1}^N cap_w \cdot VR_{w,i,j,t} \quad \forall j=1 \dots N+M, \forall t=1 \dots T, \forall w=1 \dots W$$

$$Q_{r,i} \geq \sum_{t=1}^T \sum_{j=1}^{N+M} (TR_{r,i,j,t} + N_{r,i,t}) \quad \forall i=1 \dots N, \forall r=1 \dots R$$

$$Q_{r,i} \leq \sum_{t=1}^T \sum_{j=1}^{N+M} (TR_{r,i,j,t} + N_{r,i,t} + M \cdot (1 - Y_{i,j,t})) \quad \forall i=1 \dots N, \forall r=1 \dots R$$

$$Q_{w,i} \geq \sum_{t=1}^T \sum_{j=1}^{N+M} (TR_{w,i,j,t} + N_{w,i,t}) \quad \forall i=1 \dots N, \forall w=1 \dots W$$

$$Q_{w,i} \leq \sum_{t=1}^T \sum_{j=1}^{N+M} (TR_{w,i,j,t} + N_{w,i,t} + M \cdot (1 - Y_{i,j,t})) \quad \forall i=1 \dots N, \forall w=1 \dots W$$

$$TR_{r,i,j,t+1} \leq Q_{r,i} \cdot (Y_{i,j,t+1} - Y_{i,j,t}) \quad \forall t=1 \dots T-1, \forall j=1 \dots N+M, \forall i=1 \dots N, \forall r=1 \dots R$$

$$TR_{w,i,j,t+1} \leq Q_{w,i} \cdot (Y_{i,j,t+1} - Y_{i,j,t}) \quad \forall t=1 \dots T-1, \forall j=1 \dots N+M, \forall i=1 \dots N, \forall w=1 \dots W$$

$$TR_{r,i,j,1} \leq Q_{r,i} \cdot Y_{i,j,1} \quad \forall j=1 \dots N+M, \forall i=1 \dots N, \forall r=1 \dots R$$

$$TR_{w,i,j,1} \leq Q_{w,i} \cdot Y_{i,j,1} \quad \forall j=1 \dots N+M, \forall i=1 \dots N, \forall w=1 \dots W$$

$$N_{r,i,t+1} \leq Q_{r,i} \cdot \sum_{j=1}^{N+M} (Y_{i,j,t+1} - Y_{i,j,t}) \quad \forall t=1 \dots T-1, \forall i=1 \dots N, \forall r=1 \dots R$$

$$N_{w,i,t+1} \leq Q_{w,i} \cdot \sum_{j=1}^{N+M} (Y_{i,j,t+1} - Y_{i,j,t}) \quad \forall t=1 \dots T-1, \forall i=1 \dots N, \forall w=1 \dots W$$

$$N_{w,i,1} \leq Q_{w,i} \cdot \sum_{j=1}^{N+M} Y_{i,j,1} \quad \forall i=1 \dots N, \forall w=1 \dots W$$

$$N_{r,i,1} \leq Q_{r,i} \cdot \sum_{j=1}^{N+M} Y_{i,j,1} \quad \forall i=1 \dots N, \forall r=1 \dots R$$

$$VR_{r,i,j,t} \leq Q_{r,i} \cdot Y_{i,j,t} \quad \forall t=1 \dots T, \forall j=1 \dots N+M, \forall i=1 \dots N, \forall r=1 \dots R$$

$$VR_{w,i,j,t} \leq Q_{w,i} \cdot Y_{i,j,t} \quad \forall t=1 \dots T, \forall j=1 \dots N+M, \forall i=1 \dots N, \forall w=1 \dots W$$

$$VR_{r,i,j,t} \geq VR_{r,i,j,t+k} - M \cdot (1 - Y_{i,j,t}) \quad \forall t=1 \dots T, \forall i=1 \dots N, \forall r=1 \dots R, \forall j=1 \dots N+M, \forall k=1 \dots T-t$$

$$VR_{r,i,j,t} \leq VR_{r,i,j,t+k} \quad \forall t=1 \dots T, \forall i=1 \dots N, \forall r=1 \dots R, \forall j=1 \dots N+M, \forall k=1 \dots T-t$$

$$VR_{w,i,j,t} \geq VR_{w,i,j,t+k} - M \cdot (1 - Y_{i,j,t}) \quad \forall t=1 \dots T, \forall i=1 \dots N, \forall w=1 \dots W, \forall j=1 \dots N+M, \forall k=1 \dots T-t$$

$$VR_{w,i,j,t} \leq VR_{w,i,j,t+k} \quad \forall t=1 \dots T, \forall i=1 \dots N, \forall w=1 \dots W, \forall j=1 \dots N+M, \forall k=1 \dots T-t$$

$$VR_{r,i,j,t+1} \geq TR_{r,i,j,t+1} \quad \forall t=1 \dots T-1, \forall i=1 \dots N, \forall r=1 \dots R, \forall j=1 \dots N+M$$

$$VR_{r,i,j,t+1} \leq TR_{r,i,j,t+1} + M \cdot (1 - (Y_{i,j,t+1} - Y_{i,j,t})) \quad \forall t=1 \dots T-1, \forall i=1 \dots N, \forall r=1 \dots R, \forall j=1 \dots N+M$$

$$VR_{w,i,j,t+1} \geq TR_{w,i,j,t+1} \quad \forall t=1 \dots T-1, \forall i=1 \dots N, \forall w=1 \dots W, \forall j=1 \dots N+M$$

$$VR_{w,i,j,t+1} \leq TR_{w,i,j,t+1} + M \cdot (1 - (Y_{i,j,t+1} - Y_{i,j,t})) \quad \forall t=1 \dots T-1, \forall i=1 \dots N, \forall w=1 \dots W, \forall j=1 \dots N+M$$

$$VR_{r,i,j,1} \geq TR_{r,i,j,1} \quad \forall i=1 \dots N, \forall r=1 \dots R, \forall j=1 \dots N+M$$

$$VR_{r,i,j,1} \leq TR_{r,i,j,1} + M \cdot (1 - Y_{i,j,1}) \quad \forall i=1 \dots N, \forall r=1 \dots R, \forall j=1 \dots N+M$$

$$VR_{w,i,j,1} \geq TR_{w,i,j,1} \quad \forall i=1 \dots N, \forall w=1 \dots W, \forall j=1 \dots N+M$$

$$VR_{w,i,j,1} \leq TR_{w,i,j,1} + M \cdot (1 - Y_{i,j,1}) \quad \forall i=1 \dots N, \forall w=1 \dots W, \forall j=1 \dots N+M$$

$$Y_{i,j,t} \in \{0,1\} \quad \forall i=1 \dots N, \forall j=1 \dots N+M, \forall t=1 \dots T$$

$$X_{p,i,j,t} \geq 0 \quad \forall i=1 \dots N, \forall j=1 \dots N+M, \forall p=1 \dots P, \forall t=1 \dots T$$

$TR_{r,i,j,t} \geq 0$	$\forall i=1\dots N, \forall j=1\dots N+M, \forall r=1\dots R, \forall t=1\dots T$
$TR_{w,i,j,t} \geq 0$	$\forall i=1\dots N, \forall j=1\dots N+M, \forall w=1\dots W, \forall t=1\dots T$
$VR_{r,i,j,t} \geq 0$	$\forall i=1\dots N, \forall j=1\dots N+M, \forall r=1\dots R, \forall t=1\dots T$
$VR_{w,i,j,t} \geq 0$	$\forall i=1\dots N, \forall j=1\dots N+M, \forall w=1\dots W, \forall t=1\dots T$
$CAP_{r,j,t} \geq 0$	$\forall j=1\dots N+M, \forall r=1\dots R, \forall t=1\dots T$
$CAP_{w,j,t} \geq 0$	$\forall j=1\dots N+M, \forall w=1\dots W, \forall t=1\dots T$
$N_{r,j,t} \geq 0$	$\forall i=1\dots N, \forall r=1\dots R, \forall t=1\dots T$
$N_{w,i,t} \geq 0$	$\forall i=1\dots N, \forall w=1\dots W, \forall t=1\dots T$

**Encadré 4.** Modèle de dimensionnement (2<sup>ème</sup> modèle)

Les temps de résolution obtenus par l’approche heuristique basée sur la décomposition du problème en un problème de configuration-localisation et en un problème de dimensionnement sont représentés dans le tableau 21 et sont comparés aux temps de résolution du modèle intégré.

Les résultats obtenus montrent l’intérêt de l’approche heuristique que nous avons proposée pour la résolution du problème de configuration-localisation-dimensionnement. Elle a permis de résoudre le problème en un temps plus réduit que celui mis pour résoudre le problème en utilisant le modèle intégré. Cette réduction est particulièrement remarquable pour l’exemple 4 qui considère un réseau de 10 hôpitaux. Par contre, dans le cas de l’augmentation du nombre de produits et de la taille du réseau (Exemples 5 et 6) la méthode de décomposition est limitée et les temps de résolution restent élevés.

La convergence de notre modèle est aussi rapide pour l’ensemble des exemples de problèmes testés. En moyenne, pour l’ensemble des exemples testés, l’approche a convergé au bout de deux itérations.

Exemple N°	CPU (en secondes)	
	Modèle intégré	Approche heuristique
1	391	36
2	84	8
3	233	214
4	>>83228	185
5	54850	53219
6	>>75366	>>73420
7	1281	540

**Tableau 21.** Comparaison des temps de résolution obtenus par le modèle intégré et par l’approche heuristique basée sur la décomposition

**2.5.3. Génération de coupes**

La décomposition du problème initial présentée dans la section précédente n’a pas permis de réduire les temps de calcul dans le cas d’une augmentation du nombre de produits à stériliser. Pour résoudre cette complexité, nous proposons d’utiliser la méthode de coupes.

La méthode des coupes consiste à ajouter des contraintes supplémentaires qui permettent d’approcher les solutions réalisables à valeurs entières sans les écarter du domaine des solutions réalisables [Belmokhtar, 2006].

Dans le cas de notre modélisation du problème de choix entre internalisation ou mutualisation du service de stérilisation au sein d’un réseau d’établissements de santé, ces coupes se traduisent par les contraintes (31) et (32). Pour la définition de ces coupes nous nous sommes inspiré du travail de [Paquet et al., 2007].

$D_{p,t}$  représente la demande totale en DMS pour l'ensemble des hôpitaux du réseau considéré.

Les contraintes (31) et (32) permettent de calculer le nombre minimal respectivement de ressources matérielles et humaines pour satisfaire la demande totale de tout le réseau.

- **Coupe par rapport au nombre minimal de ressources matérielles nécessaires**

$$\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^{N+M} \sum_{r=1}^R cap_r \cdot VR_{r,i,j,t} / \lambda_{r,p} \geq D_{p,t} \quad \forall p=1\dots P \forall t=1\dots T \quad (31)$$

- **Coupe par rapport au nombre minimal de ressources humaines nécessaires**

$$\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^{N+M} \sum_{w=1}^W cap_w \cdot VR_{w,i,j,t} / \lambda_{w,p} \geq D_{p,t} \quad \forall p=1\dots P \forall t=1\dots T \quad (32)$$

Les résultats de la comparaison des temps de résolution obtenus par le modèle intégré et par la génération de coupes sont représentés par le tableau 22. La comparaison des résultats obtenus pour les deux approches utilisées montre l'intérêt de la génération de coupes en ce qui concerne la réduction du temps de calcul. En effet, cette approche a permis de réduire ce temps pour les exemples les plus complexes (4, 5 et 6) respectivement de 23 heures à 2 mn, de 15 heures à 12 mn et de 20 heures à 31 mn).

Exemple N°	CPU (en secondes)	
	Modèle intégré	Modèle intégré + coupes
1	391	18
2	84	19
3	233	108
4	>>83228	112
5	54850	719
6	>>75366	1902
7	1281	301

**Tableau 22.** Comparaison des temps de résolution obtenus par le modèle intégré et par la génération de coupes

#### 2.5.4. Modification des paramètres de CPLEX

Au niveau de CPLEX, certaines coupes peuvent être automatiquement générées. Il suffit de changer les paramètres de résolution du solveur pour introduire ces coupes au MILP à résoudre.

Dans le cas de notre modèle, nous avons choisi de modifier les paramètres suivants :

- CPX\_PARAM\_MIPEMPHASIS → CPX\_MIPEMPHASIS\_HIDDENFEAS : ce paramètre permet de commencer le processus d'optimisation par la recherche des solutions de bonne qualité en premier.
- CPX\_PARAM\_NODESEL → CPX\_NODESEL-BESTEST : ce paramètre permet de sélectionner le nœud qui a la meilleure estimation de la valeur entière de la fonction objectif.
- CPX\_PARAM\_OBJDIF → 500 : ce paramètre permet de choisir les nœuds qui font diminuer la solution d'au moins 500 unités (euros dans notre cas).
- CPX\_PARAM\_EPGAP → 0,03 : ce paramètre permet d'arrêter la résolution lorsque le gap sera de 3%.

Les résultats de la comparaison des temps de résolution obtenus par le modèle intégré et par la modification des paramètres de CPLEX sont représentés par le tableau 23. Les résultats obtenus montrent également l'intérêt de ces coupes dans la réduction du temps de résolution résultant de l'augmentation de la taille du réseau (nombre d'hôpitaux) ou aussi du nombre de produits à traiter.

Exemple N°	CPU (en secondes)	
	<i>Modèle intégré-CPLEX</i>	<i>Modèle intégré-CPLEX + paramètres modifiés</i>
1	391	209
2	84	56
3	233	217
4	>>83228	702
5	54850	2454
6	>>75366	4119
7	1281	502

**Tableau 23.** Comparaison des temps de résolution obtenus par le modèle intégré et après la modification des paramètres de CPLEX

### 2.5.5. Comparaison des temps de résolution obtenus par les différentes approches de résolution

Les temps de résolution des différentes approches proposées seront comparés sur 49 exemples de problèmes. Ces problèmes peuvent être classés en 7 groupes. Chaque groupe se base sur l'un des exemples numérotés de 1 à 7 introduits au paragraphe 2.5.1. Les exemples d'un même groupe utilisent les mêmes données ; sauf la demande qui sera multipliée par un coefficient variant de 0,5 à 1,5. Le coefficient de demande 1,0 correspond à l'un des exemples numérotés de 1 à 7. Le tableau 24 rapporte les temps de calcul (CPU) en secondes obtenus pour chaque exemple en fonction de la méthode de résolution utilisée.

Chaque groupe d'exemples est référé par un numéro de 1 à 7 de sorte que l'exemple avec un coefficient de la demande de 1.0 correspond à l'exemple portant le même numéro introduit au paragraphe 2.5.1. Pour chaque groupe, la première ligne (CLEX 9.1) correspond à la résolution du modèle intégré par le solveur CPLEX 9.1. La deuxième ligne (CPLEX 9.1+paramètres modifiés) correspond à la résolution avec les nouveaux paramètres de CPLEX. La troisième ligne (CPLEX 9.1+coupes) donne les temps de résolution lorsque les nouvelles coupes (contraintes 31 et 32) sont introduites dans le modèle intégré et enfin la dernière ligne (Approche heuristique par décomposition) correspond aux temps de résolution obtenus par l'approche heuristique basée sur une décomposition du problème initial en deux sous-problèmes : un problème de configuration-localisation et un problème de dimensionnement de ressources.

L'objectif de cette expérimentation est double : comparer les temps de résolution obtenus par les différentes approches de résolution proposée mais aussi étudier la complexité du modèle par rapport au paramètre « demande de DMS » et cerner sa sensibilité par rapport à ce paramètre.

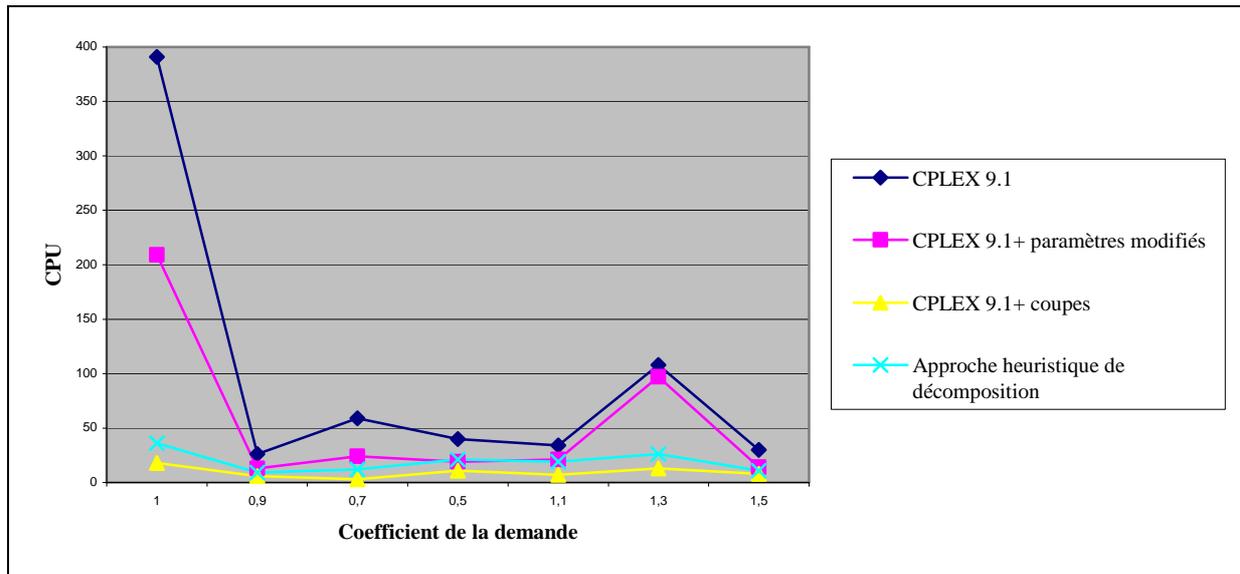
	Coefficient demande	1,0	0,9	0,7	0,5	1,1	1,3	1,5
Groupe N° 1	CPLEX 9.1	391	26	59	40	34	108	30
	CPLEX 9.1+ paramètres modifiés	209	13	24	19	21	97	14
	CPLEX 9.1+ coupes	18	6	3	11	7	13	8
	Approche heuristique de décomposition	36	9	12	21	19	26	11
Groupe N° 2	CPLEX 9.1	84	42026	146	680	177	>30289	1102
	CPLEX 9.1+ paramètres modifiés	56	3054	98	405	150	590	319
	CPLEX 9.1+ coupes	19	830	56	201	111	230	108
	Approche heuristique de décomposition	8	105	23	104	98	123	73
Groupe N° 3	CPLEX 9.1	233	23050	172	978	5479	57875	28736
	CPLEX 9.1+ paramètres modifiés	217	820	130	470	312	578	419
	CPLEX 9.1+ coupes	108	210	69	102	98	320	217
	Approche heuristique de décomposition	214	328	81	114	230	509	319
Groupe N° 4	CPLEX 9.1	>83338	42308	30508	12708	85708	23802	42923
	CPLEX 9.1+ paramètres modifiés	702	580	304	501	683	416	513
	CPLEX 9.1+ coupes	112	98	204	78	92	63	74
	Approche heuristique de décomposition	185	127	308	159	127	95	103
Groupe N° 5	CPLEX 9.1	54850	23409	17230	570	4302	42419	19107
	CPLEX 9.1+ paramètres modifiés	2454	2106	812	300	508	787	602
	CPLEX 9.1+ coupes	719	403	389	106	230	698	397
	Approche heuristique de décomposition	53219	21212	17101	480	4210	41105	18998
Groupe N° 6	CPLEX 9.1	75366	36203	13111	7802	10102	62115	48207
	CPLEX 9.1+ paramètres modifiés	4119	3707	2603	2817	2701	4017	2938
	CPLEX 9.1+ coupes	1902	1790	1220	1401	1426	1814	1317
	Approche heuristique de décomposition	73420	32414	1908	7103	9070	57480	38117
Groupe N° 7	CPLEX 9.1	1281	720	304	229	114	980	680
	CPLEX 9.1+ paramètres modifiés	502	407	208	135	78	602	412
	CPLEX 9.1+ coupes	301	211	98	74	34	119	301
	Approche heuristique de décomposition	540	340	201	108	69	395	402

**Tableau 24.** Temps de résolution des différentes approches proposées en fonction de la variation de la demande en DMS

Les résultats ainsi obtenus montrent que le modèle intégré est très sensible en termes de temps de résolution à la variation du paramètre « demande en DMS ». Ceci étant le cas pour les différentes approches utilisées. Les résultats obtenus montrent particulièrement l'intérêt des deux approches : « résolution du modèle intégré avec rajout de coupes » et « résolution du modèle intégré avec modification des paramètres de CPLEX ». Ceci justifie la performance des solveurs actuellement disponibles pour la résolution de MILP même de taille importante. En effet, grâce à ces deux dernières méthodes, nous avons constaté que le temps de résolution a été diminué de façon significative pour les différents exemples.

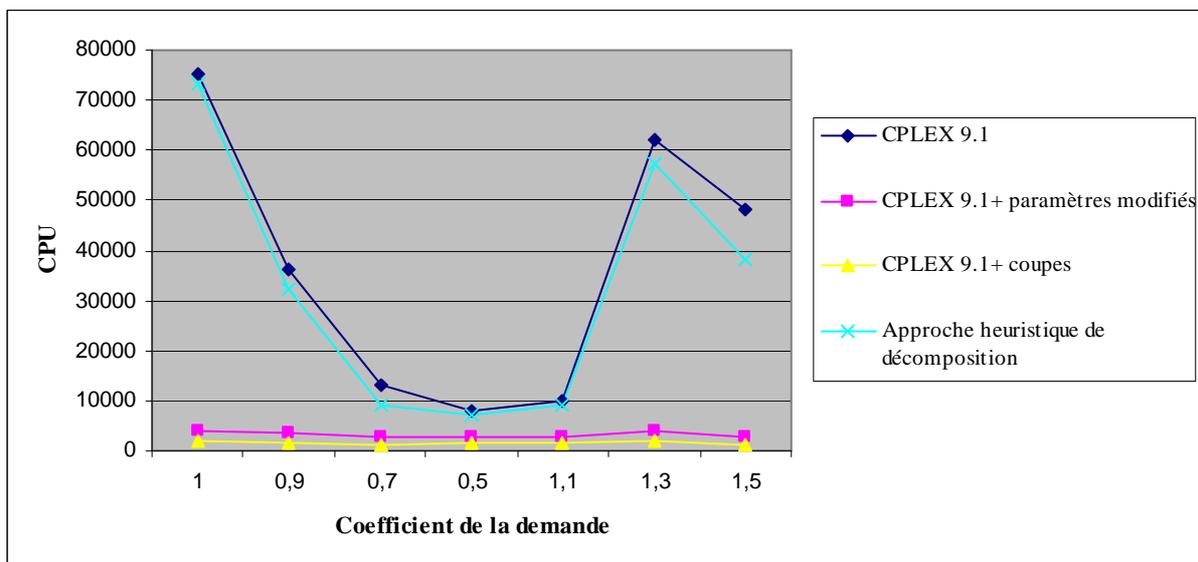
La figure 26 représente une comparaison des différentes méthodes de résolution que nous avons proposées pour le groupe N°1 basée sur l'exemple N°1 introduit au paragraphe 2.5.1 (l'exemple

de base). En effet, sur la courbe nous représentons la variation du temps de résolution en fonction de la variation de la demande en DMS pour les quatre méthodes de résolution utilisées.



**Figure 26.** Variation du temps de résolution en fonction de la demande dans le cas de l'exemple de base

La figure 27 représente une comparaison des différentes méthodes de résolution que nous avons proposées pour le groupe N°6 basée sur l'exemple N°6 introduit au paragraphe 6.1. Cette comparaison montre que l'approche heuristique basée sur le principe de décomposition n'est pas intéressante dans le cas d'une augmentation du nombre de produits. Par contre, nous remarquons la performance des deux approches « résolution du modèle intégré avec rajout de coupes » et « résolution du modèle intégré avec modification des paramètres de CPLEX » détaillées respectivement dans les paragraphes 2.5.3 et 2.5.4.



**Figure 27.** Variation du temps de résolution en fonction de la demande dans le cas de l'exemple N°6

## 2.6. Synthèse

Dans cette première partie du chapitre, nous avons proposé une modélisation mathématique de la décision de choix entre internalisation ou mutualisation du service de stérilisation au sein d'un réseau d'établissements de santé.

Nous avons formulé ce problème sous forme d'un modèle intégré multi-périodes, multi-produits de localisation-allocation-dimensionnement. Nous avons considéré le cas d'une mutualisation totale (c'est-à-dire qu'il n'est pas permis de diviser la quantité de DMS à stériliser en une partie à traiter en interne et l'autre partie au niveau du service de stérilisation mutualisé), et nous avons supposé que le transfert de ressources depuis les différents hôpitaux du réseau vers le service de stérilisation mutualisé se fait de façon statique en une seule fois pendant la période où la décision de mutualisation est prise. Ainsi les ressources non transférées seront vendues ou redéployées sur d'autres services au sein de l'hôpital.

Ce problème a été modélisé sous forme d'un programme linéaire en nombres mixtes. La résolution du modèle avec le solveur CPLEX a démontré que la complexité de notre problème augmente avec la taille du réseau (nombre d'hôpitaux) et aussi avec l'augmentation du nombre de produits à stériliser. En effet, en passant, par exemple, de 2 produits (représentant les gammes sachet et paquet) à 100 produits (100 boîtes, une boîte par type d'intervention chirurgicale), nous remarquons que le temps de résolution augmente de façon significative.

En vue de résoudre ce problème en un temps raisonnable, nous avons proposé trois approches de résolution : (1) une approche heuristique basée sur la décomposition du problème initial en deux sous-problèmes de configuration-localisation et de dimensionnement, (2) la génération de nouvelles coupes relatives au nombre minimal de ressources nécessaires pour satisfaire la demande totale de tout le réseau, et (3) la modification des paramètres du solveur CPLEX de façon à ce que des coupes soient générées automatiquement et que le temps de résolution soit réduit.

Les résultats obtenus montrent l'intérêt économique de la configuration de mutualisation des services de stérilisation au niveau d'un service commun pour tous les hôpitaux du réseau. En plus, cette configuration permet de gagner en ressources rares et coûteuses. Pour les méthodes de résolution proposées, nous avons remarqué l'intérêt de la génération de coupes en introduisant des nouvelles contraintes ou aussi de façon automatique en modifiant certains paramètres au niveau de CPLEX. L'approche heuristique basée sur le principe de décomposition du problème initial est aussi intéressante dans le cas d'une augmentation de la taille du réseau mais ne permet pas de réduire les temps de résolution dans le cas d'une augmentation de la taille du réseau et en considérant un nombre important de produits (en considérant comme produits les boîtes d'intervention chirurgicales).

Dans la suite de ce chapitre, nous introduisons une nouvelle alternative qui concerne la mutualisation partielle des services de stérilisation. Nous proposons dans ce cadre d'évaluer deux stratégies de regroupement : (1) une stratégie avec allocation statique des ressources au service mutualisé, et (2) une stratégie avec allocation dynamique des ressources au service mutualisé.

## 3. Evaluation de deux stratégies d'allocation de ressources dans le cadre d'une mutualisation partielle

### 3.1. Introduction

Dans cette section, nous considérons l'alternative mutualisation partielle. Dans ce cas, chaque établissement du réseau peut assurer la stérilisation d'une partie de ses DMS en interne, l'autre partie sera assurée par le SSM. Trois alternatives sont ainsi considérées : l'internalisation totale, la mutualisation totale et la mutualisation partielle. Bien évidemment, la mutualisation totale est un

cas particulier de la mutualisation partielle dans lequel tous les hôpitaux ne gardent pas une partie des DM à stériliser en interne.

La première stratégie considère que la quantité de ressources à transférer (à allouer) depuis les hôpitaux du réseau vers le SSM se fait en une seule fois, dès que la décision de mutualisation est prise et reste inchangée sur le reste de l'horizon. Dans le cas de la deuxième stratégie d'allocation, le transfert de ressources existantes au niveau des hôpitaux du réseau vers le SSM se fait de façon dynamique. Désormais, dès que la décision de mutualisation est prise, la quantité de ressources à transférer peut changer d'une période à l'autre, en fonction des quantités de DMS à traiter.

L'application de la stratégie dynamique semble être intéressante surtout dans le cas d'une mutualisation partielle. Toutefois, nous supposons que même dans le cas d'une mutualisation totale, le transfert de ressources peut se faire de façon dynamique en transférant pendant la période de mutualisation juste les ressources nécessaires pour produire la demande de cette période et garder les autres ressources en interne (même si elles ne seront pas utilisées par l'hôpital) pour les transférer pendant une période ultérieure.

Pour les deux stratégies, nous considérons un horizon stratégique et nous proposons une approche multi-périodes pour le choix entre internalisation totale, mutualisation totale, ou mutualisation partielle. En effet, il s'agit de décider au niveau de chaque établissement du réseau de la configuration à retenir (internalisation ou mutualisation) et ce pour chaque produit utilisé (déterminer les produits à stériliser en interne et les produits à stériliser au niveau du SSM).

Nous proposons ainsi de répondre pour les deux stratégies aux questions suivantes :

1. Quelle configuration du service de stérilisation est à adopter (internalisation totale, mutualisation totale ou mutualisation partielle) ?
2. Dans le cas d'une mutualisation partielle, quels produits stériliser en interne, lesquels stériliser au sein du SSM ?
3. Quel site choisir pour le SSM ?
4. Comment dimensionner ce site de façon à satisfaire les demandes de tous les hôpitaux du réseau ?
5. Quelle serait le nombre de ressources humaines qu'on peut gagner à travers le choix de mutualisation et qui peuvent être redéployées au sein de l'hôpital ?

Nous considérons le même objectif : la minimisation du coût total induit par la stérilisation des DM de tous les hôpitaux du réseau (détaillé dans le paragraphe 2.4.4). Nous considérons les mêmes hypothèses que dans le cadre de la mutualisation totale de tous les DMS, déjà présentées dans le paragraphe 2.3, et nous supposons en plus que même si un hôpital confie la stérilisation de tous les DMS au SSM, il est possible de garder des ressources matérielles non utilisées en interne pour un éventuel transfert en cas d'une augmentation de la demande par exemple.

Nous formulons les deux stratégies d'allocation de ressources ainsi proposées sous forme de programmes linéaires en nombres mixtes.

## **3.2. Formulation mathématique**

### **3.2.1. Stratégie d'allocation dynamique des ressources**

#### **3.2.1.1. Notations**

##### **– Indices et données**

Les mêmes indices et ensembles que dans le cadre de la mutualisation totale sont considérés.

En plus des données considérées dans la section 2.4.2 de ce chapitre, nous considérons que les quantités de ressources initiales sont exprimées par :

- $Q_{r,i}^0$  : quantité initiale de ressources matérielles type  $r$ ,  $r=1\dots R$ , au niveau de l'hôpital  $i$ ,  $i=1\dots N$ , (exprimée en nombre),
- $Q_{w,i}^0$  : nombre initial de ressources humaines type  $w$ ,  $w=1\dots W$ , au niveau de l'hôpital considéré  $i$ ,  $i=1\dots N$ , (exprimé en nombre),

– **Les variables de décision**

Nous considérons en plus des variables de décision de la section 2.4.3 les variables de décision suivantes :

- $z_{p,i,t}$  : 1 si le produit  $p$ ,  $p=1\dots P$  est stérilisé en interne (au niveau de l'hôpital  $i$ ,  $i=1\dots N$ ), pendant la période  $t$ ,  $t=1\dots T$ , 0 sinon,
- $y_{p,i,j,t}$  : 1 si le produit  $p$ ,  $p=1\dots P$  utilisé par l'hôpital  $i$ ,  $i=1\dots N$  est stérilisé au niveau du SSM localisé au site  $j$ ,  $j=1\dots N+M$ , pendant la période  $t$ ,  $t=1\dots T$ , 0 sinon,
- $Q_{r,i,t}$  : quantité de ressources matérielles de type  $r$ ,  $r=1\dots R$ , disponible au niveau de l'hôpital  $i$ ,  $i=1\dots N$ , à la fin de la période  $t$ ,  $t=1\dots T$ ,
- $Q_{w,i,t}$  : nombre de ressources humaines de type  $w$ ,  $w=1\dots W$ , disponible au niveau de l'hôpital  $i$ ,  $i=1\dots N$ , à la fin de la période  $t$ ,  $t=1\dots T$ .

– **Fonction objectif**

L'objectif consiste à minimiser le coût total qui est composé du coût de transport des dispositifs médicaux stériles, du coût de stérilisation (fixe et variable), du coût de transfert de ressources (humaines et matérielle) et du coût d'acquisition de nouvelles ressources (véhicules) nécessaires au niveau du SSM. La fonction objectif est exprimée de la même façon que dans le cadre de la mutualisation totale (paragraphe 2.4.4).

– **Les contraintes**

$$z_{p,i,t} + \sum_{j=1}^{N+M} y_{p,i,j,t} = 1 \quad \forall i=1\dots N, \forall t=1\dots T, \forall p=1\dots P \quad (33)$$

Ces contraintes sont relatives au choix entre internalisation ou mutualisation de la stérilisation d'un produit donné (33).

$$y_{p,i,j,t} \leq Y_{i,j,t} \quad \forall j=1\dots N+M, \forall i=1\dots N, \forall t=1\dots T, \forall p=1\dots P \quad (34)$$

$$z_{p,i,t} \leq Z_{i,t} \quad \forall p=1\dots P, \forall i=1\dots N, \forall t=1\dots T \quad (34')$$

Les contraintes (34) expriment qu'un produit ( $p$ ) appartenant à l'hôpital ( $i$ ) n'est stérilisé au niveau du SSM localisé au site ( $j$ ) que si l'hôpital ( $i$ ) est affecté à ce service mutualisé. Ces contraintes permettent aussi que si aucun produit ( $p$ ) appartenant à l'hôpital ( $i$ ) n'est stérilisé au site ( $j$ ) alors l'hôpital ( $i$ ) n'est pas affecté à ce site. De même un produit n'est stérilisé en interne que si la stérilisation est effectuée au niveau de l'hôpital (34').

$$Y_{i,j,t} \leq Y_{i,j,t+k} \quad \forall j=1\dots N+M, \forall i=1\dots N, \forall t=1\dots T, \forall k=1\dots T-t \quad (35)$$

Si l'hôpital est affecté au SSM, pendant une période donnée, alors cette décision sera maintenue sur le reste de l'horizon (contraintes 35).

$$Y_{i,j,t} = Y_{i',j,t} \quad \forall t=1..T, \forall j=1..N+M, \forall i=1..N, \forall i'=1..N / i' \neq i \quad (36)$$

Par ces contraintes, nous exprimons que si l'alternative de mutualisation est retenue, tous les hôpitaux du réseau sont affectés au même SSM.

$$\sum_{p=1}^P \sum_{i=1}^N X_{p,i,j,t} \leq CAP_{trans,j,t} \quad \forall j=1..N+M, \forall t=1..T \quad (37)$$

Les contraintes (37) expriment que les quantités transportées entre le SSM et les différents hôpitaux du réseau sont limitées par la capacité du transport.

$$\sum_{i=1}^N \sum_{p=1}^P X_{p,i,j,t} \cdot \lambda_{r,p} \leq CAP_{r,j,t} \quad \forall j=1..N+M, \forall t=1..T, \forall r=1..R \quad (38.i)$$

$$\sum_{i=1}^N \sum_{p=1}^P X_{p,i,j,t} \cdot \lambda_{w,p} \leq CAP_{w,j,t} \quad \forall j=1..N+M, \forall t=1..T, \forall w=1..W \quad (38.ii)$$

$$\sum_{p=1}^P XH_{p,i,t} \cdot \lambda_{r,p} \leq CAP_{r,i,t} \quad \forall i=1..N, \forall r=1..R, \forall t=1..T \quad (38'.i)$$

$$\sum_{p=1}^P XH_{p,i,t} \cdot \lambda_{w,p} \leq CAP_{w,i,t} \quad \forall i=1..N, \forall w=1..W, \forall t=1..T \quad (38'.ii)$$

Ces contraintes expriment que si l'alternative de mutualisation est retenue, les quantités de DMS produites pour le compte des hôpitaux affectés au SSM sont limitées par la capacité de production de celui-ci. Cette capacité est exprimée pour les ressources matérielles (38.i) et humaines (38.ii). Les mêmes contraintes sont écrites dans le cas de l'alternative internalisation (38'.i) et (38'.ii).

$$X_{p,i,j,t} \leq M \cdot y_{p,i,j,t} \quad \forall i=1..N, \forall j=1..N+M, \forall p=1..P, \forall t=1..T \quad (39)$$

$$XH_{p,i,t} \leq M \cdot z_{p,i,t} \quad \forall i=1..N, \forall p=1..P, \forall t=1..T \quad (39')$$

La stérilisation d'un produit p est effectuée au niveau du SSM si et seulement si l'alternative de mutualisation est retenue pour ce produit par le modèle (contraintes 39). Les contraintes (39') sont équivalentes à (39) dans le cas où l'internalisation est la solution retenue.

$$I_{p,i,t} = I_{p,i,t-1} + XH_{p,i,t} + \sum_{j=1}^{N+M} X_{p,i,j,t} - D_{p,i,t} \quad \forall i=1..N, \forall t=2..T, \forall p=1..P / \delta_{p,i} = 1 \quad (40)$$

$$I_{p,i,1} = IO_{p,i} + XH_{p,i,1} + \sum_{j=1}^{N+M} X_{p,i,j,1} - D_{p,i,1} \quad \forall i=1..N, \forall p=1..P / \delta_{p,i} = 1$$

Les contraintes (40) sont relatives à la conservation des flux. Le niveau de stock de fin de période au niveau de chaque hôpital du réseau s'écrit en fonction du stock initial, des quantités produites pendant cette période (au niveau du SSM ou au niveau de l'hôpital) et de la demande pour ce produit durant la même période.

$$I_{p,i,t} \geq IS_{p,i,t} \cdot \delta_{p,i} \quad \forall i=1..N, \forall t=1..T, \forall p=1..P \quad (41)$$

Des contraintes supplémentaires sont rajoutées sur l'état des stocks stériles de fin de période en les fixant au moins égales au niveau de stock de sécurité (contraintes 41).

$$CAP_{r,j,t} = \sum_{i=1}^N \sum_{k=1}^t cap_r \cdot TR_{r,i,j,k} \quad \forall j=1..N+M, \forall t=1..T, \forall r=1..R \quad (42.i)$$

$$CAP_{w,j,t} = \sum_{i=1}^N \sum_{k=1}^t cap_w \cdot TR_{w,i,j,k} \quad \forall j=1..N+M, \forall t=1..T, \forall w=1..W \quad (42.ii)$$

$$CAP_{r,i,t} = cap_r \cdot Q_{r,i,t} \quad \forall i=1..N, \forall t=1..T, \forall r=1..R \quad (43.i)$$

$$CAP_{w,i,t} = cap_w \cdot Q_{w,i,t} \quad \forall i=1..N, \forall t=1..T, \forall w=1..W \quad (43.ii)$$

Par ces contraintes, nous exprimons que la capacité du SSM est égale à la somme des capacités des ressources transférées sur ce service exprimée respectivement pour les ressources matérielles (42.i) et les ressources humaines (42.ii).

Les contraintes (43.i) et (43.ii) expriment les capacités internes au niveau de l'hôpital i pendant la période t en fonction des quantités de ressources disponibles en fin de période au niveau de cet hôpital. Ces contraintes sont exprimées respectivement pour les ressources matérielles et les ressources humaines.

$$CAPtrans_{j,t} = CAPV \cdot \sum_{k=1}^t AV_{j,k} \quad \forall j=1...N+M \quad (44)$$

Les contraintes (44) expriment la capacité de transport en fonction du nombre des véhicules acquis chaque période.

$$Q_{r,i,t} = Q_{r,i,t-1} - \sum_{j=1}^{N+M} TR_{r,i,j,t} - N_{r,i,t} \quad \forall i=1...N, \forall r=1...R, \forall t=2...T \quad (45.i)$$

$$Q_{r,i,1} = Q_{r,i}^0 - \sum_{j=1}^{N+M} TR_{r,i,j,1} - N_{r,i,1} \quad \forall i=1...N, \forall r=1...R$$

$$Q_{w,i,t} = Q_{w,i,t-1} - \sum_{j=1}^{N+M} TR_{w,i,j,t} - N_{w,i,t} \quad \forall i=1...N, \forall w=1...W, \forall t=2...T \quad (45.ii)$$

$$Q_{w,i,1} = Q_{w,i}^0 - \sum_{j=1}^{N+M} TR_{w,i,j,1} - N_{w,i,1} \quad \forall i=1...N, \forall w=1...W$$

Les contraintes (45.i) expriment la quantité d'un type de ressources matérielles au niveau d'un hôpital i du réseau, pendant la période t, en fonction de la quantité de ce même type de ressource d la période antérieure (t-1), des quantités de ressources transférées sur le SSM localisé au site j et des quantités à vendre durant la période t.

Les contraintes (45.ii) expriment le nombre d'un type de ressources humaines au niveau d'un hôpital i du réseau, pendant la période t, en fonction du nombre de ce même type de ressource pendant la période antérieure (t-1), du nombre de ressources transférées sur le SSM localisé au site j et du nombre de ressources à redéployer sur d'autres services durant la période t.

$$TR_{r,i,j,t} \leq Q_{r,i}^0 \cdot Y_{i,j,t} \quad \forall j=1...N+M, \forall i=1...N, \forall r=1...R, \forall t=1...T \quad (46.i)$$

$$N_{r,i,t} \leq Q_{r,i}^0 \cdot \sum_{j=1}^{N+M} Y_{i,j,t} \quad \forall i=1...N, \forall r=1...R, \forall t=1...T$$

$$TR_{w,i,j,t} \leq Q_{w,i}^0 \cdot Y_{i,j,t} \quad \forall j=1...N+M, \forall i=1...N, \forall w=1...W, \forall t=1...T \quad (46.ii)$$

$$N_{w,i,t} \leq Q_{w,i}^0 \cdot \sum_{j=1}^{N+M} Y_{i,j,t} \quad \forall i=1...N, \forall w=1...W, \forall t=1...T$$

Ces contraintes expriment respectivement que des ressources matérielles (46.i) et humaines (46.ii) sont transférées ou vendues ou redéployée si et seulement si l'alternative de mutualisation est retenue.

$$y_{p,i,j,t} \in \{0,1\} \quad \forall i=1...N, \forall j=1...N+M, \forall t=1...T, \forall p=1...P$$

$$z_{p,i,t} \in \{0,1\} \quad \forall i=1...N, \forall t=1...T, \forall p=1...P \quad (47)$$

$$Y_{i,j,t} \in \{0,1\} \quad \forall i=1...N, \forall j=1...N+M, \forall t=1...T$$

$$Z_{i,t} \in \{0,1\} \quad \forall i=1...N, \forall t=1...T$$

$$X_{p,i,j,t} \geq 0 \quad \forall i=1...N, \forall j=1...N+M, \forall p=1...P, \forall t=1...T$$

$$XH_{p,i,t} \geq 0 \quad \forall i=1...N, \forall p=1...P, \forall t=1...T$$

$$I_{p,i,t} \geq 0 \quad \forall i=1...N, \forall p=1...P, \forall t=1...T$$

$$\begin{aligned}
 TR_{r,i,j,t} &\geq 0 \quad \forall i=1\dots N, \forall j=1\dots N, \forall r=1\dots R, \forall t=1\dots T \\
 TR_{w,i,j,t} &\geq 0 \quad \forall i=1\dots N, \forall j=1\dots N, \forall w=1\dots W, \forall t=1\dots T \\
 AV_{j,t} &\geq 0 \quad \forall t=1\dots T, \forall j=1\dots N \\
 CAP_{r,j,t} &\geq 0 \quad \forall r=1\dots T, \forall t=1\dots T, \forall j=1\dots N+M \\
 CAP_{w,j,t} &\geq 0 \quad \forall w=1\dots W, \forall t=1\dots T, \forall j=1\dots N+M \\
 N_{r,i,t} &\geq 0 \quad \forall r=1\dots T, \forall t=1\dots T, \forall i=1\dots N \\
 N_{w,i,t} &\geq 0 \quad \forall w=1\dots W, \forall t=1\dots T, \forall i=1\dots N \\
 CAPtrans_{j,t} &\geq 0 \quad \forall t=1\dots T, \forall j=1\dots N+M
 \end{aligned} \tag{48}$$

Les variables binaires (contraintes 47) sont relatives à la décision de choix entre internalisation ou mutualisation et à l'affectation des hôpitaux du réseau au SSM. Les contraintes (48) sont des contraintes de restriction de signe des variables de décision.

L'encadré 5 résume la formulation mathématique de la stratégie dynamique d'allocation des ressources.

$$\begin{aligned}
 \text{Min} & \sum_{t=1}^T \left[ \sum_{j=1}^{N+M} \sum_{i=1}^N \sum_{p=1}^P Ctrans_{p,i,j,t} \cdot X_{p,i,j,t} + \sum_{i=1}^N \sum_{p=1}^P (CVH_{p,i,t} \cdot XH_{p,i,t} + CFH_{i,t} \cdot Z_{i,t}) \right. \\
 & + \sum_{j=1}^{N+M} \sum_{i=1}^N \sum_{p=1}^P (CV_{p,j,t} \cdot X_{p,i,j,t} + CF_{j,t} \cdot Y_{i,j,t} / N) + \sum_{i=1}^N \sum_{p=1}^P CS_{p,i,t} \cdot I_{p,i,t} + \sum_{j=1}^{N+M} CAV_t \cdot AV_{j,t} \\
 & \left. + \sum_{j=1}^{N+M} \sum_{i=1}^N \sum_{r=1}^R CT_{r,i,j,t} \cdot Q_{r,i} \cdot Y_{i,j,t} + \sum_{j=1}^{N+M} \sum_{i=1}^N \sum_{w=1}^W CT_{w,i,j,t} \cdot Q_{w,i} \cdot Y_{i,j,t} \right] \\
 z_{p,i,t} + \sum_{j=1}^{N+M} y_{p,i,j,t} &= 1 \quad \forall i=1\dots N, \forall t=1\dots T, \forall p=1\dots P \\
 y_{p,i,j,t} &\leq Y_{i,j,t} \quad \forall j=1\dots N+M, \forall i=1\dots N, \forall t=1\dots T, \forall p=1\dots P \\
 z_{p,i,t} &\leq Z_{i,t} \quad \forall p=1\dots P+M, \forall i=1\dots N, \forall t=1\dots T \\
 Y_{i,j,t} &\leq Y_{i,j,t+k} \quad \forall j=1\dots N+M, \forall i=1\dots N, \forall t=1\dots T, \forall k=1\dots T-t \\
 Y_{i,j,t} &= Y_{i',j,t} \quad \forall t=1\dots T, \forall j=1\dots N+M, \forall i=1\dots N, \forall i'=1\dots N / i' \neq i \\
 \sum_{p=1}^P \sum_{i=1}^N X_{p,i,j,t} &\leq CAPtrans_{j,t} \quad \forall j=1\dots N+M, \forall t=1\dots T \\
 \sum_{i=1}^N \sum_{p=1}^P X_{p,i,j,t} \cdot \lambda_{r,p} &\leq CAP_{r,j,t} \quad \forall j=1\dots N+M, \forall t=1\dots T, \forall r=1\dots R \\
 \sum_{i=1}^N \sum_{p=1}^P X_{p,i,j,t} \cdot \lambda_{w,p} &\leq CAP_{w,j,t} \quad \forall j=1\dots N+M, \forall t=1\dots T, \forall w=1\dots W \\
 \sum_{p=1}^P XH_{p,i,t} \cdot \lambda_{r,p} &\leq CAP_{r,i,t} \quad \forall i=1\dots N, \forall r=1\dots R, \forall t=1\dots T \\
 \sum_{p=1}^P XH_{p,i,t} \cdot \lambda_{w,p} &\leq CAP_{w,i,t} \quad \forall i=1\dots N, \forall w=1\dots W, \forall t=1\dots T \\
 X_{p,i,j,t} &\leq M \cdot y_{p,i,j,t} \quad \forall i=1\dots N, \forall j=1\dots N+M, \forall p=1\dots P, \forall t=1\dots T \\
 XH_{p,i,t} &\leq M \cdot z_{p,i,t} \quad \forall i=1\dots N, \forall p=1\dots P, \forall t=1\dots T \\
 I_{p,i,t} &= I_{p,i,t-1} + XH_{p,i,t} + \sum_{j=1}^{N+M} X_{p,i,j,t} - D_{p,i,t} \quad \forall i=1\dots N, \forall t=2\dots T, \forall p=1\dots P / \delta_{p,i}=1 \\
 I_{p,i,1} &= IO_{p,i} + XH_{p,i,1} + \sum_{j=1}^{N+M} X_{p,i,j,1} - D_{p,i,1} \quad \forall i=1\dots N, \forall p=1\dots P / \delta_{p,i}=1 \\
 I_{p,i,t} &\geq IS_{p,i,t} \cdot \delta_{p,i} \quad \forall i=1\dots N, \forall t=1\dots T, \forall p=1\dots P
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 CAP_{r,j,t} &= \sum_{i=1}^N \sum_{k=1}^t cap_r TR_{r,i,j,k} \quad \forall j=1\dots N+M, \forall t=1\dots T, \forall r=1\dots R \\
 CAP_{w,j,t} &= \sum_{i=1}^N \sum_{k=1}^t cap_w TR_{w,i,j,k} \quad \forall j=1\dots N+M, \forall t=1\dots T, \forall w=1\dots W \\
 CAP_{r,i,t} &= cap_r \cdot Q_{r,i,t} \quad \forall i=1\dots N, \forall t=1\dots T, \forall r=1\dots R \\
 CAP_{w,i,t} &= cap_w \cdot Q_{w,i,t} \quad \forall i=1\dots N, \forall t=1\dots T, \forall w=1\dots W \\
 CAPtrans_{j,t} &= CAPV \cdot \sum_{k=1}^t AV_{j,k} \quad \forall j=1\dots N+M \\
 Q_{r,i,t} &= Q_{r,i,t-1} - \sum_{j=1}^{N+M} TR_{r,i,j,t} - N_{r,i,t} \quad \forall i=1\dots N, \forall r=1\dots R, \forall t=2\dots T \\
 Q_{r,i,1} &= Q_{r,i}^0 - \sum_{j=1}^{N+M} TR_{r,i,j,1} - N_{r,i,1} \quad \forall i=1\dots N, \forall r=1\dots R \\
 Q_{w,i,t} &= Q_{w,i,t-1} - \sum_{j=1}^{N+M} TR_{w,i,j,t} - N_{w,i,t} \quad \forall i=1\dots N, \forall w=1\dots W, \forall t=2\dots T \\
 Q_{w,i,1} &= Q_{w,i}^0 - \sum_{j=1}^{N+M} TR_{w,i,j,1} - N_{w,i,1} \quad \forall i=1\dots N, \forall w=1\dots W \\
 TR_{r,i,j,t} &\leq Q_{r,i}^0 \cdot Y_{i,j,t} \quad \forall j=1\dots N+M, \forall i=1\dots N, \forall r=1\dots R, \forall t=1\dots T \\
 N_{r,i,t} &\leq Q_{r,i}^0 \cdot \sum_{j=1}^{N+M} Y_{i,j,t} \quad \forall i=1\dots N, \forall r=1\dots R, \forall t=1\dots T \\
 TR_{w,i,j,t} &\leq Q_{w,i}^0 \cdot Y_{i,j,t} \quad \forall j=1\dots N+M, \forall i=1\dots N, \forall w=1\dots W, \forall t=1\dots T \\
 N_{w,i,t} &\leq Q_{w,i}^0 \cdot \sum_{j=1}^{N+M} Y_{i,j,t} \quad \forall i=1\dots N, \forall w=1\dots W, \forall t=1\dots T \\
 y_{p,i,j,t} &\in \{0,1\} \quad \forall i=1\dots N, \forall j=1\dots N+M, \forall t=1\dots T, \forall p=1\dots P \\
 z_{p,i,t} &\in \{0,1\} \quad \forall i=1\dots N, \forall t=1\dots T, \forall p=1\dots P \\
 Y_{i,j,t} &\in \{0,1\} \quad \forall i=1\dots N, \forall j=1\dots N+M, \forall t=1\dots T \\
 Z_{i,t} &\in \{0,1\} \quad \forall i=1\dots N, \forall t=1\dots T \\
 X_{p,i,j,t} &\geq 0 \quad \forall i=1\dots N, \forall j=1\dots N+M, \forall p=1\dots P, \forall t=1\dots T \\
 XH_{p,i,t} &\geq 0 \quad \forall i=1\dots N, \forall p=1\dots P, \forall t=1\dots T \\
 I_{p,i,t} &\geq 0 \quad \forall i=1\dots N, \forall p=1\dots P, \forall t=1\dots T \\
 TR_{r,i,j,t} &\geq 0 \quad \forall i=1\dots N, \forall j=1\dots N, \forall r=1\dots R, \forall t=1\dots T \\
 TR_{w,i,j,t} &\geq 0 \quad \forall i=1\dots N, \forall j=1\dots N, \forall w=1\dots W, \forall t=1\dots T \\
 AV_{j,t} &\geq 0 \quad \forall t=1\dots T, \forall j=1\dots N \\
 CAP_{r,j,t} &\geq 0 \quad \forall r=1\dots T, \forall t=1\dots T, \forall j=1\dots N+M \\
 CAP_{w,j,t} &\geq 0 \quad \forall w=1\dots W, \forall t=1\dots T, \forall j=1\dots N+M \\
 N_{r,i,t} &\geq 0 \quad \forall r=1\dots T, \forall t=1\dots T, \forall i=1\dots N \\
 N_{w,i,t} &\geq 0 \quad \forall w=1\dots W, \forall t=1\dots T, \forall i=1\dots N \\
 CAPtrans_{j,t} &\geq 0 \quad \forall t=1\dots T, \forall j=1\dots N+M
 \end{aligned}$$

**Encadré 5.** Formulation mathématique de la stratégie dynamique d'allocation des ressources

### 3.2.2. Stratégie d'allocation statique des ressources

Les mêmes indices, données et variables de décision que la stratégie d'allocation dynamique sont adoptés. Cette stratégie considère que, tenant compte de la variation de la demande en DMS pour l'ensemble des hôpitaux du réseau considéré, l'allocation des ressources au SSM se fait en une seule fois pendant la période de la mutualisation. Ceci se traduit au niveau des variables de

décision par le fait que la capacité du SSM est fixe sur tout l'horizon. Ainsi, nous ne considérons plus les variables  $Q_{r,i,t}$  et  $Q_{w,i,t}$ . Nous introduisons par contre les nouvelles variables de décision suivantes :

$VR_{r,i,j,t}$  : quantité de ressources matérielles de type  $r$ ,  $r=1\dots R$ , disponible au niveau du SSM localisé au site  $j$ ,  $j=1\dots N+M$ , et provenant de l'hôpital  $i$ ,  $i=1\dots N$ , pendant la période  $t$ ,  $t=1\dots T$ .

$VR_{w,i,j,t}$  : quantité de ressources humaines type  $w$ ,  $w=1\dots W$ , disponible au niveau du SSM localisé au site  $j$ ,  $j=1\dots N+M$ , et provenant de l'hôpital  $i$ ,  $i=1\dots N$ , pendant la période  $t$ ,  $t=1\dots T$ .

Nous considérons le même objectif de minimisation du coût total du système et les mêmes contraintes que celles considérées pour la stratégie d'allocation dynamique des ressources. Les seules contraintes qui changent sont les suivantes :

$$CAP_{r,j,t} = \sum_{i=1}^N cap_r \cdot VR_{r,i,j,t} \quad \forall j = 1\dots N+M, \forall t = 1\dots T, \forall r = 1\dots R \quad (49.i)$$

$$CAP_{w,j,t} = \sum_{i=1}^N cap_w \cdot VR_{w,i,j,t} \quad \forall j = 1\dots N+M, \forall t = 1\dots T, \forall w = 1\dots W \quad (49.ii)$$

Par ces contraintes, nous exprimons que la capacité du SSM est égale à la somme des capacités des ressources disponibles au niveau de ce service et provenant des différents hôpitaux du réseau. Ces contraintes sont exprimées respectivement pour les ressources matérielles (49.i) et pour les ressources humaines (49.ii).

$$Q_{r,i}^0 \geq \sum_{t=1}^T \sum_{j=1}^{N+M} (TR_{r,i,j,t} + N_{r,i,t}) \quad \forall i = 1\dots N, \forall r = 1\dots R \quad (50.i)$$

$$Q_{r,i}^0 \leq \sum_{t=1}^T \sum_{j=1}^{N+M} (TR_{r,i,j,t} + N_{r,i,t} + M \cdot (1 - Y_{i,j,t})) \quad \forall i = 1\dots N, \forall r = 1\dots R$$

$$Q_{w,i}^0 \geq \sum_{t=1}^T \sum_{j=1}^{N+M} (TR_{w,i,j,t} + N_{w,i,t}) \quad \forall i = 1\dots N, \forall w = 1\dots W \quad (50.ii)$$

$$Q_{w,i}^0 \leq \sum_{t=1}^T \sum_{j=1}^{N+M} (TR_{w,i,j,t} + N_{w,i,t} + M \cdot (1 - Y_{i,j,t})) \quad \forall i = 1\dots N, \forall w = 1\dots W$$

Ces contraintes expriment que la quantité initiale d'un type de ressources matérielles (50.i) ou humaines (50.ii) au niveau d'un hôpital du réseau est égale la somme des ressources transférées sur le SSM et des ressources à vendre ou à redéployer sur d'autres services au niveau de l'hôpital. Nous rajoutons les contraintes suivantes :

$$TR_{r,i,j,t+1} \leq Q_{r,i}^0 \cdot (Y_{i,j,t+1} - Y_{i,j,t}) \quad \forall t = 1\dots T, \forall j = 1\dots N+M, \forall i = 1\dots N, \forall r = 1\dots R$$

$$TR_{r,i,j,t} \leq Q_{r,i}^0 \cdot Y_{i,j,t} \quad \forall j = 1\dots N+M, \forall i = 1\dots N, \forall r = 1\dots R \quad (51.i)$$

$$N_{r,i,t+1} \leq Q_{r,i}^0 \cdot \sum_{j=1}^{N+M} (Y_{i,j,t+1} - Y_{i,j,t}) \quad \forall t = 1\dots T, \forall i = 1\dots N, \forall r = 1\dots R$$

$$N_{r,i,t} \leq Q_{r,i}^0 \cdot \sum_{j=1}^{N+M} Y_{i,j,t} \quad \forall i = 1\dots N, \forall r = 1\dots R$$

$$TR_{w,i,j,t+1} \leq Q_{w,i}^0 \cdot (Y_{i,j,t+1} - Y_{i,j,t}) \quad \forall t = 1\dots T, \forall j = 1\dots N+M, \forall i = 1\dots N, \forall w = 1\dots W$$

$$TR_{w,i,j,t} \leq Q_{w,i}^0 \cdot Y_{i,j,t} \quad \forall j = 1\dots N+M, \forall i = 1\dots N, \forall w = 1\dots W$$

$$N_{w,i,t+1} \leq Q_{w,i}^0 \cdot \sum_{j=1}^{N+M} (Y_{i,j,t+1} - Y_{i,j,t}) \quad \forall t = 1\dots T, \forall i = 1\dots N, \forall w = 1\dots W \quad (51.ii)$$

$$N_{w,i,l} \leq Q_{w,i}^0 \cdot \sum_{j=1}^{N+M} Y_{i,j,l} \quad \forall i = 1 \dots N, \forall w = 1 \dots W$$

Ces contraintes expriment que si l'alternative de mutualisation est retenue pendant la période  $t$  alors le transfert de ressources nécessaires au niveau du SSM et la vente de ressources non utilisées doit se faire une seule fois durant cette période. Ceci exprime le transfert statique des ressources entre hôpital et SSM. Ces contraintes sont exprimées respectivement pour les ressources matérielles et humaines.

$$VR_{r,i,j,t} \geq VR_{r,i,j,t+k} - M \cdot (1 - Y_{i,j,t}) \quad \forall t = 1 \dots T, \forall i = 1 \dots N, \forall r = 1 \dots R, \forall j = 1 \dots N + M, \forall k = 1 \dots T - t \quad (52.i)$$

$$VR_{r,i,j,t} \leq VR_{r,i,j,t+k} \quad \forall t = 1 \dots T, \forall i = 1 \dots N, \forall r = 1 \dots R, \forall j = 1 \dots N + M, \forall k = 1 \dots T - t$$

$$VR_{w,i,j,t} \geq VR_{w,i,j,t+k} - M \cdot (1 - Y_{i,j,t}) \quad \forall t = 1 \dots T, \forall i = 1 \dots N, \forall w = 1 \dots W, \forall j = 1 \dots N + M, \forall k = 1 \dots T - t$$

$$VR_{w,i,j,t} \leq VR_{w,i,j,t+k} \quad \forall t = 1 \dots T, \forall i = 1 \dots N, \forall w = 1 \dots W, \forall j = 1 \dots N + M, \forall k = 1 \dots T - t \quad (52.ii)$$

Le transfert de ressources (respectivement matérielles et humaines) se fait une seule fois à partir du moment où la décision de mutualisation est prise. Les quantités de ressources disponibles au SSM provenant des hôpitaux du réseau affectés à ce service restent dès lors inchangées sur le reste de l'horizon (respectivement contraintes 52.i et 52.ii).

$$VR_{r,i,j,t+1} \geq TR_{r,i,j,t+1} \quad \forall t = 1 \dots T - 1, \forall i = 1 \dots N, \forall r = 1 \dots R, \forall j = 1 \dots N + M$$

$$VR_{r,i,j,t+1} \leq TR_{r,i,j,t+1} + M \cdot (1 - (Y_{i,j,t+1} - Y_{i,j,t})) \quad \forall t = 1 \dots T - 1, \forall i = 1 \dots N, \forall r = 1 \dots R, \forall j = 1 \dots N + M$$

$$VR_{r,i,j,t} \geq TR_{r,i,j,t} \quad \forall i = 1 \dots N, \forall r = 1 \dots R, \forall j = 1 \dots N + M \quad (53.i)$$

$$VR_{r,i,j,t} \leq TR_{r,i,j,t} + M \cdot (1 - Y_{i,j,t}) \quad \forall i = 1 \dots N, \forall r = 1 \dots R, \forall j = 1 \dots N + M$$

$$VR_{w,i,j,t+1} \geq TR_{w,i,j,t+1} \quad \forall t = 1 \dots T - 1, \forall i = 1 \dots N, \forall w = 1 \dots W, \forall j = 1 \dots N + M$$

$$VR_{w,i,j,t+1} \leq TR_{w,i,j,t+1} + M \cdot (1 - (Y_{i,j,t+1} - Y_{i,j,t})) \quad \forall t = 1 \dots T - 1, \forall i = 1 \dots N, \forall w = 1 \dots W, \forall j = 1 \dots N + M \quad (53.ii)$$

$$VR_{w,i,j,t} \geq TR_{w,i,j,t} \quad \forall i = 1 \dots N, \forall w = 1 \dots W, \forall j = 1 \dots N + M$$

$$VR_{w,i,j,t} \leq TR_{w,i,j,t} + M \cdot (1 - Y_{i,j,t}) \quad \forall i = 1 \dots N, \forall w = 1 \dots W, \forall j = 1 \dots N + M$$

Ces contraintes déterminent les quantités de ressources disponibles au niveau du SSM en fonction des quantités transférées à partir des hôpitaux affectés à celui-ci (contraintes 53.i pour les ressources matérielles et 53.ii pour les ressources humaines).

$$VR_{r,i,j,t} \leq Q_{r,i}^0 \cdot Y_{i,j,t} \quad \forall t = 1 \dots T, \forall j = 1 \dots N + M, \forall i = 1 \dots N, \forall r = 1 \dots R \quad (54.i)$$

$$VR_{w,i,j,t} \leq Q_{w,i}^0 \cdot Y_{i,j,t} \quad \forall t = 1 \dots T, \forall j = 1 \dots N + M, \forall i = 1 \dots N, \forall w = 1 \dots W \quad (54.ii)$$

Des ressources matérielles (54.i) ou humaines (54.ii) provenant des hôpitaux du réseau sont disponibles au niveau du SSM si et seulement si l'alternative de mutualisation est retenue.

$$VR_{r,i,j,t} \geq 0 \quad \forall i = 1 \dots N, \forall j = 1 \dots N + M, \forall r = 1 \dots R, \forall t = 1 \dots T$$

$$VR_{w,i,j,t} \geq 0 \quad \forall i = 1 \dots N, \forall j = 1 \dots N + M, \forall w = 1 \dots W, \forall t = 1 \dots T$$

$$CAP_{r,j} \geq 0 \quad \forall r = 1 \dots R, \forall t = 1 \dots T, \forall j = 1 \dots N + M \quad (55)$$

$$CAP_{w,j} \geq 0 \quad \forall w = 1 \dots W, \forall t = 1 \dots T, \forall j = 1 \dots N + M$$

Il s'agit des contraintes de restriction de signe des nouvelles variables de décision.

L'encadré 6 représente les contraintes relatives à la stratégie d'allocation statique des ressources.

$$\begin{aligned}
 CAP_{r,j,t} &= \sum_{i=1}^N cap_r \cdot VR_{r,i,j,t} & \forall j = 1 \dots N+M, \forall t = 1 \dots T, \forall r = 1 \dots R \\
 CAP_{w,j,t} &= \sum_{i=1}^N cap_w \cdot VR_{w,i,j,t} & \forall j = 1 \dots N+M, \forall t = 1 \dots T, \forall w = 1 \dots W \\
 Q_{r,i}^0 &\geq \sum_{t=1}^T \sum_{j=1}^{N+M} (TR_{r,i,j,t} + N_{r,i,t}) & \forall i = 1 \dots N, \forall r = 1 \dots R \\
 Q_{r,i}^0 &\leq \sum_{t=1}^T \sum_{j=1}^{N+M} (TR_{r,i,j,t} + N_{r,i,t} + M \cdot (1 - Y_{i,j,t})) & \forall i = 1 \dots N, \forall r = 1 \dots R \\
 Q_{w,i}^0 &\geq \sum_{t=1}^T \sum_{j=1}^{N+M} (TR_{w,i,j,t} + N_{w,i,t}) & \forall i = 1 \dots N, \forall w = 1 \dots W \\
 Q_{w,i}^0 &\leq \sum_{t=1}^T \sum_{j=1}^{N+M} (TR_{w,i,j,t} + N_{w,i,t} + M \cdot (1 - Y_{i,j,t})) & \forall i = 1 \dots N, \forall w = 1 \dots W \\
 TR_{r,i,j,t+1} &\leq Q_{r,i}^0 \cdot (Y_{i,j,t+1} - Y_{i,j,t}) & \forall t = 1 \dots T, \forall j = 1 \dots N+M, \forall i = 1 \dots N, \forall r = 1 \dots R \\
 TR_{r,i,j,l} &\leq Q_{r,i}^0 \cdot Y_{i,j,l} & \forall j = 1 \dots N+M, \forall i = 1 \dots N, \forall r = 1 \dots R \\
 N_{r,i,t+1} &\leq Q_{r,i}^0 \cdot \sum_{j=1}^{N+M} (Y_{i,j,t+1} - Y_{i,j,t}) & \forall t = 1 \dots T, \forall i = 1 \dots N, \forall r = 1 \dots R \\
 N_{r,i,l} &\leq Q_{r,i}^0 \cdot \sum_{j=1}^{N+M} Y_{i,j,l} & \forall i = 1 \dots N, \forall r = 1 \dots R \\
 TR_{w,i,j,t+1} &\leq Q_{w,i}^0 \cdot (Y_{i,j,t+1} - Y_{i,j,t}) & \forall t = 1 \dots T, \forall j = 1 \dots N+M, \forall i = 1 \dots N, \forall w = 1 \dots W \\
 TR_{w,i,j,l} &\leq Q_{w,i}^0 \cdot Y_{i,j,l} & \forall j = 1 \dots N+M, \forall i = 1 \dots N, \forall w = 1 \dots W \\
 N_{w,i,t+1} &\leq Q_{w,i}^0 \cdot \sum_{j=1}^{N+M} (Y_{i,j,t+1} - Y_{i,j,t}) & \forall t = 1 \dots T, \forall i = 1 \dots N, \forall w = 1 \dots W \\
 N_{w,i,l} &\leq Q_{w,i}^0 \cdot \sum_{j=1}^{N+M} Y_{i,j,l} & \forall i = 1 \dots N, \forall w = 1 \dots W \\
 VR_{r,i,j,t} &\geq VR_{r,i,j,t+k} - M \cdot (1 - Y_{i,j,t}) & \forall t = 1 \dots T, \forall i = 1 \dots N, \forall r = 1 \dots R, \forall j = 1 \dots N+M, \forall k = 1 \dots T-t \\
 VR_{r,i,j,t} &\leq VR_{r,i,j,t+k} & \forall t = 1 \dots T, \forall i = 1 \dots N, \forall r = 1 \dots R, \forall j = 1 \dots N+M, \forall k = 1 \dots T-t \\
 VR_{w,i,j,t} &\geq VR_{w,i,j,t+k} - M \cdot (1 - Y_{i,j,t}) & \forall t = 1 \dots T, \forall i = 1 \dots N, \forall w = 1 \dots W, \forall j = 1 \dots N+M, \forall k = 1 \dots T-t \\
 VR_{w,i,j,t} &\leq VR_{w,i,j,t+k} & \forall t = 1 \dots T, \forall i = 1 \dots N, \forall w = 1 \dots W, \forall j = 1 \dots N+M, \forall k = 1 \dots T-t \\
 VR_{r,i,j,t+1} &\geq TR_{r,i,j,t+1} & \forall t = 1 \dots T-1, \forall i = 1 \dots N, \forall r = 1 \dots R, \forall j = 1 \dots N+M \\
 VR_{r,i,j,t+1} &\leq TR_{r,i,j,t+1} + M \cdot (1 - (Y_{i,j,t+1} - Y_{i,j,t})) & \forall t = 1 \dots T-1, \forall i = 1 \dots N, \forall r = 1 \dots R, \forall j = 1 \dots N+M \\
 VR_{r,i,j,l} &\geq TR_{r,i,j,l} & \forall i = 1 \dots N, \forall r = 1 \dots R, \forall j = 1 \dots N+M \\
 VR_{r,i,j,l} &\leq TR_{r,i,j,l} + M \cdot (1 - Y_{i,j,t}) & \forall i = 1 \dots N, \forall r = 1 \dots R, \forall j = 1 \dots N+M \\
 VR_{w,i,j,t+1} &\geq TR_{w,i,j,t+1} & \forall t = 1 \dots T-1, \forall i = 1 \dots N, \forall w = 1 \dots W, \forall j = 1 \dots N+M \\
 VR_{w,i,j,t+1} &\leq TR_{w,i,j,t+1} + M \cdot (1 - (Y_{i,j,t+1} - Y_{i,j,t})) & \forall t = 1 \dots T-1, \forall i = 1 \dots N, \forall w = 1 \dots W, \forall j = 1 \dots N+M \\
 VR_{w,i,j,l} &\geq TR_{w,i,j,l} & \forall i = 1 \dots N, \forall w = 1 \dots W, \forall j = 1 \dots N+M \\
 VR_{w,i,j,l} &\leq TR_{w,i,j,l} + M \cdot (1 - Y_{i,j,t}) & \forall i = 1 \dots N, \forall w = 1 \dots W, \forall j = 1 \dots N+M \\
 VR_{r,i,j,t} &\leq Q_{r,i}^0 \cdot Y_{i,j,t} & \forall t = 1 \dots T, \forall j = 1 \dots N+M, \forall i = 1 \dots N, \forall r = 1 \dots R \\
 VR_{w,i,j,t} &\leq Q_{w,i}^0 \cdot Y_{i,j,t} & \forall t = 1 \dots T, \forall j = 1 \dots N+M, \forall i = 1 \dots N, \forall w = 1 \dots W \\
 VR_{r,i,j,t} &\geq 0 & \forall i = 1 \dots N, \forall j = 1 \dots N+M, \forall r = 1 \dots R, \forall t = 1 \dots T \\
 VR_{w,i,j,t} &\geq 0 & \forall i = 1 \dots N, \forall j = 1 \dots N+M, \forall w = 1 \dots W, \forall t = 1 \dots T \\
 CAP_{r,j} &\geq 0 & \forall r = 1 \dots R, \forall t = 1 \dots T, \forall j = 1 \dots N+M \\
 CAP_{w,j} &\geq 0 & \forall w = 1 \dots W, \forall t = 1 \dots T, \forall j = 1 \dots N+M
 \end{aligned}$$

**Encadré 6.** Contraintes relatives à la stratégie d'allocation statique des ressources

### 3.3. Validation des modèles

Les modèles relatifs aux deux stratégies d'allocation de ressources proposées ont été validés sur un exemple pseudo-réel en s'inspirant d'un cas d'étude réel. L'exemple considéré est celui d'un réseau organisé autour de trois hôpitaux notés H1, H2 et H3. Nous considérons que ces hôpitaux fonctionnent avec deux types de produits : les produits conditionnés sous paquets et les produits conditionnés sous sachets. Nous considérons un horizon de planification stratégique de cinq ans avec une période élémentaire d'une année. Ceci correspond à notre exemple de base introduit au niveau du paragraphe 2.5.1.

La comparaison des deux stratégies pour le cas de l'exemple considéré est représentée dans le tableau 25. Dans ce tableau, nous présentons la valeur de la fonction coût relative aux deux stratégies d'allocation de ressources, la meilleure configuration retenue par le modèle et le nombre de ressources humaines (RH) et matérielles (RM) transférées depuis les hôpitaux du réseau (hôpital d'origine) vers le SSM.

Pour le cas de notre exemple, la stratégie dynamique est plus intéressante en termes de coût (cette stratégie permet un gain en coût de 13%). Dans les deux stratégies, la même configuration a été proposée et est la suivante :

- H1 opte pour une mutualisation partielle de ses DMS (uniquement les produits emballés sous paquet) durant les 4 premières périodes, et bascule sur une mutualisation totale (paquet+sachet) au cours de la 5<sup>ème</sup> période,
- H2 opte pour une mutualisation totale de tous ses DMS ce qui est tout à fait normal car les coûts de transport sont nuls ou presque nuls,
- H3 garde ses DMS en interne durant la 1<sup>ère</sup> période, mais bascule sur la mutualisation partielle de ses DMS conditionnés sous paquet à partir de la 2<sup>ème</sup> période

Le SSM est localisé au niveau de l'hôpital H2. Ceci s'explique par les coûts de transport depuis l'hôpital H2 vers le reste des hôpitaux du réseau.

Valeur de la fonction coût (en euros)		Stratégie d'allocation dynamique					Stratégie d'allocation statique				
		1726705					1749325				
Période		1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
Configuration	H1	MP	MP	MP	MP	MT	MP	MP	MP	MP	MT
	H2	MT	MT	MT	MT	MT	MT	MT	MT	MT	MT
	H3	IT	MP	MP	MP	MP	IT	MP	MP	MP	MP
Localisation		H2	H2	H2	H2	H2	H2	H2	H2	H2	H2
Allocation RM	Hôpital d'origine	H1+ H2	H3	---	---	---	H1+ H2	---	---	---	---
	# transféré	3+ 5	1	0	0	0	4+ 5	0	0	0	0
Allocation RH	Hôpital d'origine	H1+ H2	H3	---	---	---	H1+ H2	---	---	---	---
	# transféré	2+ 6	1	0	0	0	3+6	0	0	0	0

**Tableau 25.** Comparaison des deux stratégies pour le cas de l'exemple considéré

- MP : Mutualisation des DMS sous Paquet  
 MS : Mutualisation des DMS sous Sachet  
 MT : Mutualisation Totale de tous les DMS (Paquets et Sachets)  
 IT : Internalisation Totale de tous les DMS (Paquets et Sachets)

Comme le SSM est localisé au niveau de H2, les ressources existantes au niveau de cet hôpital seront utilisées et complétées par d'autres ressources à transférer depuis le reste des hôpitaux pour satisfaire la demande globale de tout le réseau. Le transfert de ressources se fait pour la stratégie statique en une seule fois durant la 1<sup>ère</sup> période tout en tenant compte des variations de la demande sur le reste de l'horizon (5% d'une période à l'autre). Ainsi pour t=1, 3 RH (Ressource Humaines) seront transférées depuis H1. Aucune ressource ne sera transférée depuis H3 puisque celui-ci opte

pour l'internalisation totale pendant la 1<sup>ère</sup> période et parce que pour le cas de la stratégie statique, le nombre de ressources transférées depuis un hôpital donné reste inchangé. Pour la stratégie dynamique, le même nombre de ressources sera transféré, mais d'une façon échelonnée sur les deux premières périodes. Ainsi dans le cas de cette stratégie, 2RH sont transférées depuis H1 pendant la 1<sup>ère</sup> période et 1RH depuis H3 pendant la 2<sup>ème</sup> période. En effet, H3 bascule sur la mutualisation à partir de la 2<sup>ème</sup> période.

Pour les ressources matérielles (RM), 4RM sont transférées depuis H1 pendant la 1<sup>ère</sup> période dans le cas de la stratégie statique. Pour la stratégie dynamique il s'avère plus intéressant de transférer 3RM depuis H1 pendant la 1<sup>ère</sup> période et 1RM depuis H3 pendant la 2<sup>ème</sup> période puisque ce dernier bascule sur la mutualisation au cours de cette période.

Ainsi il est plus intéressant en termes de coût de transférer des ressources depuis H3 (cas de la stratégie dynamique). Les contraintes (51.i) et (51.ii) obligent le modèle à ne pas transférer des ressources durant tout l'horizon depuis H3 pour la stratégie statique, et pendant la 1<sup>ère</sup> période pour la stratégie dynamique parce que cet hôpital opte pour l'internalisation totale pendant cette période.

### 3.4. Evaluation des performances des deux stratégies d'allocation de ressources

Afin de relever l'avantage et l'inconvénient de chaque stratégie d'allocation de ressource (dynamique vs. statique), nous considérons différents scénarios en tenant en compte que la demande et les coûts sont surgis à des variations d'une période à l'autre de l'horizon considéré.

En partant de l'exemple de base, nous considérons ainsi les scénarios suivants :

- **Scénario 1** : cas d'une demande en DMS stationnaire (exemple de base),
- **Scénario 2** : cas d'une demande en DMS croissante sur l'horizon considéré,
- **Scénario 3** : cas d'une augmentation des coûts de transfert.

Dans les paragraphes suivants (3.4.1 et 3.4.2), nous présentons une évaluation des deux stratégies d'allocation de ressources établie pour les scénarios 2 et 3. L'évaluation du scénario 1 a été déjà présentée dans le tableau 24. Nous rappelons ici que pour le scénario 1 (Exemple de base), où la demande est stationnaire, il s'avère que la stratégie de transfert dynamique est plus intéressante en termes de coût. Le gain a été estimé à 13%.

#### 3.4.1. Evaluation des deux stratégies dans le cas du scénario 2

L'objectif ici est double. D'une part, il s'agit de déterminer l'effet de la variation du paramètre « demande en DMS » sur la configuration retenue d'une période à l'autre. Ce qui revient à répondre à la question : à partir de quelle limite serait-il plus intéressant de basculer d'une configuration en interne vers une configuration mutualisée du service de stérilisation ? D'autre part, nous nous intéressons à déterminer si les deux stratégies proposées peuvent être identiques à partir d'une certaine variation du paramètre « demande en DMS ».

Les résultats du scénario 2 sont rapportés dans le tableau 26. Pour ce scénario, nous avons considéré comme demande à la première période celle du scénario 1 tout en prenant en compte une augmentation graduelle pour les autres périodes (+20%, + 40%, etc.)

		<i>Stratégie d'allocation dynamique</i>					<i>Stratégie d'allocation statique</i>				
<b>Valeur de la fonction coût (en euros)</b>		2555102					2571122				
<b>Période</b>		1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
<b>Coefficient de la demande en DMS</b>		1	1.2	1.4	1.6	1.8	1	1.2	1.4	1.6	1.8
<b>Configuration</b>	<b>H1</b>	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP
	<b>H2</b>	MT	MT	MT	MT	MT	MT	MT	MT	MT	MT
	<b>H3</b>	IT	MP	MP	MP	MP	IT	MP	MP	MP	MP
<b>Localisation</b>		H2	H2	H2	H2	H2	H2	H2	H2	H2	H2
<b>Allocation RM</b>	<b>Hôpital d'origine</b>	H1+ H2	H3	H3	---	---	H1+ H2	---	---	---	---
	<b># transféré</b>	3+ 5	1	1	0	0	5+ 5	0	0	0	0
<b>Allocation RH</b>	<b>Hôpital d'origine</b>	H1+ H2	H3	H3	---	---	H1+ H2	---	---	---	---
	<b># transféré</b>	2+ 6	1	1	0	0	4+ 6	0	0	0	0

**Tableau 26.** Evaluation des deux stratégies dans le cas du scénario 2

La mutualisation partielle représente la configuration retenue pour H1, pour H3 la mutualisation partielle à partir de la 2<sup>ème</sup> période est la solution retenue et pour H2 une mutualisation totale est plus intéressante. La stratégie dynamique reste la plus intéressante en terme de coût (jusqu'à une augmentation de 80% de la demande dans le scénario considéré).

L'allocation des ressources se fait en une seule fois durant la 1<sup>ère</sup> période pour la stratégie statique et est répartie sur les 3 premières périodes pour la stratégie dynamique. H3 ayant opté pour l'internalisation pendant la 1<sup>ère</sup> période, le modèle est obligé de transférer des ressources depuis H1 pour satisfaire la demande totale. Ceci s'avère pourtant plus couteux (stratégie statique). Pour la stratégie dynamique uniquement 3 RM et 2 RH sont transférées depuis H1 pendant la 1<sup>ère</sup> période. En fonction de l'augmentation de la demande d'autres ressources sont transférées depuis H3 (qui bascule sur la mutualisation pendant la période 2) sur les deux périodes suivantes. Ainsi il s'avère plus intéressant d'ajuster le transfert de ressources vers le SSM en à la nature de la configuration retenue et à la variation de la demande.

### 3.4.2. Evaluation des deux stratégies dans le cas du scénario 3

Nous cherchons ici à déterminer si la variation du paramètre « coût de transfert » peut influencer la configuration retenue. Il s'agit de répondre à la question : à partir de quelle augmentation du coût de transfert la mutualisation n'est plus la solution retenue et il serait plus intéressant de basculer sur la configuration internalisation du service de stérilisation. Il s'agit également d'évaluer les deux stratégies d'allocation des ressources proposées. Nous supposons dans ce cas, en plus, que la demande en DMS augmente de façon graduelle comme dans le cas du paragraphe 3.4.1. Les résultats obtenus sont représentés par le tableau 27.

		<i>Stratégie d'allocation dynamique</i>					<i>Stratégie d'allocation statique</i>				
<b>Valeur de la fonction coût (en euros)</b>		1751105					1773725				
<b>Période</b>		1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
<b>Coefficient du coût de transfert</b>		1	1.3	1.6	1.9	2	1	1.3	1.6	1.9	2
<b>Configuration</b>	<b>H1</b>	MP	MP	MP	MP	MT	MP	MP	MP	MP	MT
	<b>H2</b>	MT	MT	MT	MT	MT	MT	MT	MT	MT	MT
	<b>H3</b>	IT	MP	MP	MP	MP	IT	MP	MP	MP	MP
<b>Localisation</b>		H2	H2	H2	H2	H2	H2	H2	H2	H2	H2
<b>Allocation RM</b>	<b>Hôpital d'origine</b>	H1+ H2	H3	---	---	---	H1+ H2	---	---	---	---
	<b># transféré</b>	3+ 5	2		0	0	5+ 5	0	0	0	0
<b>Allocation RH</b>	<b>Hôpital d'origine</b>	H1+ H2	H3	---	---	---	H1+ H2	---	---	---	---
	<b># transféré</b>	2+ 6	2		0	0	4+ 6	0	0	0	0

**Tableau 27.** Evaluation des deux stratégies dans le cas du scénario 4.

Les configurations retenues et la localisation du SSM obtenues pour les deux stratégies ne sont pas sensibles à la variation du paramètre « coût de transfert » (jusqu'à 100% d'augmentation des coûts de transfert).

Dans le cas d'une augmentation des coûts de transfert, et lorsque tous les hôpitaux optent pour la mutualisation (à partir de la 2<sup>ème</sup> période dans notre exemple), les deux stratégies sont semblables vis à vis du nombre de ressources transférées et aussi vis-à-vis de la façon dont ces ressources sont transférées (transfert en une seule fois). En effet, dans le cas de notre exemple, les ressources provenant de H3 sont toutes transférées pendant la période 2 (période de mutualisation pendant laquelle les coûts de transfert sont les plus faibles).

Pour les trois scénarios considérés dans cette section, l'évaluation des deux stratégies d'allocation de ressources montre l'intérêt de la stratégie dynamique en termes de coût total. La stratégie dynamique semble aussi être la plus adaptée dans le cas d'une augmentation graduelle de la demande en DMS. Cette stratégie permet dans ce cas d'ajuster le nombre de ressources (ou la capacité) aux quantités produites pendant chaque période. Dans le cas d'une mutualisation partielle, la stratégie dynamique semble enfin la plus appropriée sur le plan pratique. Toutefois, la stratégie dynamique est plus consommatrice en termes de temps de résolution.

La stratégie statique semble plutôt être intéressante dans le cas d'une augmentation des coûts de transfert car simple à appliquer. En effet, dans ce cas de scénario, les deux stratégies donnent des résultats très proches voir identiques quant à la façon dont les ressources sont transférées (en une seule fois pendant la période de mutualisation) [Tlahig et *al.*, 2008b].

### 3.5. Synthèse

Nous avons considéré dans la deuxième partie de ce chapitre la configuration « mutualisation partielle » en supposant que chaque établissement du réseau peut opter pour la mutualisation d'une partie de ses DMS et garder l'autre partie en interne.

Nous avons évalué deux stratégies pour l'allocation des ressources : (1) une stratégie avec allocation dynamique des ressources et (2) une stratégie avec allocation statique des ressources au service mutualisé. Nous avons modélisé ces deux stratégies sous forme de modèles mathématiques en nombre mixtes. Notre objectif étant de déterminer, pour chaque stratégie, la meilleure configuration du service de stérilisation, la meilleure localisation et le meilleur dimensionnement du site de stérilisation mutualisé.

Nous avons validé les deux stratégies sur un exemple pseudo-réel en les évaluons par rapport à la variation de la demande en DMS et des coûts de transfert. L'évaluation des deux stratégies permettra de sélectionner celle qui s'adapte mieux à un éventuel projet de mutualisation du secteur de stérilisation.

## 4. Conclusion

Dans ce chapitre, nous nous sommes intéressés à l'étude de la meilleure configuration du service de stérilisation dans le cas d'un réseau d'établissements de santé.

Nous avons considéré dans la première partie, l'alternative mutualisation totale. Nous avons modélisé le problème de choix entre internalisation ou mutualisation sous forme d'un problème de localisation-allocation-dimensionnement que nous avons validé sur différents exemples. La résolution du modèle développé s'est avérée complexe, nous avons proposé trois approches pour réduire le temps de résolution : (1) une approche heuristique basée sur la décomposition, (2) une approche basée sur la génération de coupes, et (3) une approche basée sur la génération

automatique de coupes par le solveur CPLEX en modifiant les paramètres de ce dernier. Les résultats obtenus montrent l'intérêt de la mutualisation comme configuration et des deux dernières approches comme méthodes de résolution.

Dans la deuxième partie du chapitre, nous avons considéré l'alternative « mutualisation partielle ». Nous avons modélisé ce problème de la même façon (problème de localisation-allocation) et nous avons proposé deux stratégies d'allocation de ressources que nous avons validées sur un exemple pseudo-réel. L'évaluation des deux stratégies permettra de sélectionner celle qui s'adapte mieux à un éventuel projet de mutualisation du secteur de stérilisation.

## CONCLUSION GÉNÉRALE

Aujourd'hui, le secteur hospitalier est soumis à des contraintes réglementaires et budgétaires de plus en plus accrues. Ce secteur représente un enjeu d'autant plus important qu'il réunit des ressources humaines et matérielles à la fois rares et coûteuses. Dans un contexte pareil, l'externalisation des activités logistiques représente une stratégie nouvelle qui permet à l'hôpital de se recentrer sur son cœur de métier : offrir au patient un service qui répond au triptyque coût/qualité/délais. Une autre stratégie intéressante qui est apparue dans le contexte hospitalier, et qui s'est développée avec les réseaux d'établissements de santé, est la mutualisation des ressources communes. Cette stratégie permet à la fois des économies de coût et une rationalisation quand à l'utilisation des ressources.

Le recours à ces deux stratégies engendre, d'une part, des problèmes liés au choix de l'organisation à adopter par l'hôpital (internalisation, externalisation ou mutualisation ?) et, d'autre part, à la configuration de l'organisation retenue (localisation, dimensionnement, etc.).

Les travaux développés dans ce mémoire s'intéressent ainsi au problème de choix de la meilleure configuration des activités logistiques au sein des établissements de santé organisés de façon indépendante ou en réseau. En effet, dans ce travail, nous avons considéré trois alternatives possibles : « l'internalisation » (faire) en effectuant l'activité au sein de l'hôpital, « l'externalisation » (faire-faire) en confiant l'activité en partie ou dans sa globalité à un fournisseur externe qui peut être un prestataire de service ou un autre établissement hospitalier, et la « mutualisation » (faire-ensemble) par le regroupement des ressources communes.

La problématique d'externalisation étant nouvelle dans le monde de l'hôpital, l'un des objectifs de ce travail était de faire un état des lieux de la situation du secteur hospitalier et principalement d'analyser les formes d'externalisation déjà pratiquées par certains établissements.

Nous avons commencé par étudier le système hospitalier en mettant l'accent sur ses particularités organisationnelles. Deux organisations possibles des établissements de santé sont rencontrées aujourd'hui : l'organisation en établissements indépendants et l'organisation en réseau. La complexité de ces organisations d'une part et l'évolution du contexte réglementaire et budgétaire, d'une autre part, font que les établissements de santé s'orientent de plus en plus vers une gestion plus optimisée du système hospitalier par l'adoption de nouvelles stratégies telle que l'externalisation ou la mutualisation. Nous avons porté une attention particulière aux activités logistiques et à l'activité de stérilisation à laquelle nous nous sommes intéressés dans ce travail (chapitre 1).

A partir d'une revue de la littérature, nous avons recensé les approches et les méthodes qui ont été adoptées pour traiter quelques aspects du problème du choix entre internalisation, externalisation ou mutualisation dans le contexte hospitalier. L'externalisation représente une stratégie intéressante dont les pratiques sont encore peu étudiées dans le contexte hospitalier. En effet, peu de travaux ont abordé aujourd'hui cette problématique de point de vue optimisation. Nous avons classé les travaux rencontrés dans la littérature selon deux approches : l'approche basée sur les études qualitatives et les descriptions des pratiques (cette approche représente le point de vue des pharmaciens), et l'approche basée sur les études quantitatives et évaluations économiques (celle-ci représente le point de vue des gestionnaires).

Les travaux rencontrés dans la littérature montrent que notre problématique de recherche n'a pas été abordée d'un point de vue ingénieur en développant des outils d'optimisation et d'aide à la décision. Notre travail représente ainsi une première contribution dans ce domaine. En effet, l'originalité consiste à utiliser des outils de recherche opérationnelle telle la programmation mathématique pour modéliser ce problème.

Dans une première étape, nous avons prôné l'utilisation des évaluations économiques comme une première approche pour l'étude de la décision de choix entre « internalisation » ou « externalisation » du service de stérilisation. Nous avons ensuite soutenu cette première approche par une deuxième basée la modélisation mathématique.

- *étude de la décision de choix entre internalisation ou externalisation du service de stérilisation : une analyse par les coûts*

Nous avons proposé un modèle de calcul des coûts basé sur la méthode ABC (*Activity Based Costing*) que nous avons appliqué sur un cas d'étude réel, celui du CHR de l'AIGLE. Ce modèle nous a permis d'évaluer le prix par type de conditionnement ainsi que le coût par activité du processus de stérilisation. Nous avons considéré plusieurs scénarios d'externalisation (externalisation chez un prestataire de service, externalisation chez un autre établissement hospitalier, externalisation avec une ou deux livraisons de DMS par jour, externalisation avec ou sans mise à disposition du personnel, etc.) que nous avons comparé à la solution d'internalisation. Nous avons ensuite considéré d'autres critères de choix entre internalisation ou externalisation tels que la qualité ou la localisation géographique du fournisseur externe.

- *étude de la décision de choix entre internalisation ou externalisation du service de stérilisation : une modélisation mathématique*

Cette approche consiste en une modélisation mathématique de la décision de choix entre internalisation ou externalisation du service de stérilisation. Le modèle développé est dynamique (multi-période) et considère l'ensemble des activités du processus de stérilisation pour répondre à deux types de question : (1) à partir de quelle période serait-il intéressant d'externaliser ?, et (2) quelles activités du processus de stérilisation externaliser, lesquelles garder en interne et quel fournisseur externe contracter (un prestataire du service ou un autre établissement hospitalier) ?

Nous avons validé notre approche sur le cas du CHR de l'AIGLE et nous avons évalué la robustesse des modèles proposés par des analyses de sensibilité (chapitre 4).

Nous considérons dans une deuxième étape, le choix internalisation ou mutualisation (totale ou partielle) du service de stérilisation et nous proposons dans ce cas deux stratégies de regroupement de ressources entre services de stérilisation mutualisés (une stratégie statique d'allocation de ressources et une stratégie dynamique).

Notre objectif ici étant de déterminer la meilleure configuration du service de stérilisation, la localisation de ce service ainsi que son meilleur dimensionnement. Nous modélisons ce problème sous forme d'un problème de localisation-allocation avec dimensionnement des ressources.

Dans une première phase, nous considérons que la décision concerne le choix d'internalisation ou de mutualisation totale. Nous développons pour cela un modèle mathématique multi-périodes, multi-produits que nous validons sur différents exemples possibles construits à partir d'un cas réel. L'expérimentation de notre modèle montre sa complexité en termes de temps de calcul. Pour essayer de cerner cette complexité, nous proposons trois méthodes heuristiques basées sur le principe de la décomposition et la génération de coupes pour la résolution du problème.

Dans une deuxième phase, nous introduisons l'alternative de mutualisation partielle et nous proposons d'évaluer deux stratégies d'allocation de ressources au service d'un service de stérilisation mutualisé. La comparaison de ces deux stratégies permettra de choisir celle la plus adaptée à un éventuel projet de mutualisation.

Ainsi dans ce travail notre objectif fut d'apporter aux hospitaliers une aide à la décision pour le choix de la meilleure configuration de leurs activités logistiques. Nous considérons le service de stérilisation comme cadre d'application de nos modèles.

A notre sens, ce travail ouvre la voie à plusieurs perspectives de recherche.

Une perspective directe de ce travail, consiste à intégrer d'autres critères de choix de la meilleure configuration du service de stérilisation telle que par exemple le critère qualité, délai, risque, etc. Ainsi l'optimisation multi-objectifs peut être utilisée pour modéliser le problème sous forme d'un modèle mathématique multi-objectifs qui considère l'ensemble de ces critères.

Il serait aussi intéressant de valider les deux stratégies d'allocation de ressources proposées sur un cas d'étude réel et d'analyser la sensibilité de ces deux stratégies à la variation de certains paramètres tels que les coûts ou la demande.

L'adaptation et l'application des modèles proposés dans ce travail à d'autres activités de logistique hospitalière représentent également des perspectives intéressantes de ce travail (dans ce sens, un mastère de l'Ecole Nationale d'Ingénieurs de Tunis vient d'être lancé pour l'étude de l'externalisation ou de la mutualisation d'autres activités logistiques au sein d'un établissement hospitalier).

Une autre perspective intéressante serait d'intégrer les aléas au niveau du dimensionnement et de considérer une approche couplée d'optimisation (niveau stratégique) et de dimensionnement (niveau tactique) en intégrant les incertitudes.



## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [Abreu EL., Haire DM., Malchesky PS., Wolf-Bloom DF. et Conhill JF., 2002], Development of program model to evaluate the potential for reuse of single-use medical devices: results of a pilot test study, *Biome Instrum Technol.*36, 389-404
- [Adler S., Scherrer M., Ruckauer KD. et Dashner FD., 2005], Comparaison of economic and environmental impacts between disposable and reusable instruments used for laparoscopic cholecystectomy, *Surgical Endoscopy*, 19, 268-272.
- [Alinkemer K., Chturvedi A., Gulati R., 1994], Information systems outsourcing: Issues and evidence. *International Journal of Information Management*, 14, 4, 252-268.
- [Allen S., 2000], Outsourcing services: the contract is just the beginning, *Business Horizons* 43, 25-39.
- [Almérés D., Dufeu B. et Edouard B., 2006], Sous-traitance d'une activité de stérilisation hospitalière. Exemple de l'hôpital d'instruction des armées Percy. *Médecine et Armées*, 34, 3, 201-206.
- [Amiri A., 2006], Designing distribution network in a supply chain system: formulation and efficient procedure. *European Journal of Operational research*, 171, 567-576
- [Aptel O. et Pourjalali H., 2001], Improving activities and decreasing costs of logistics in hospitals: A comparison of the U.S. and French hospitals, *The international Journal of Accounting*, 36, 65-90.
- [Araz C., Selim H. et Ozkarahan I., 2007], A fuzzy multi-objective covering-based vehicle location model for emergency services, *Computers & Operations Research* 34, 705-726  
*Logistics of Health Care Management*
- [Arès santé & iqualis, 2005], Réflexion sur l'opportunité et la faisabilité d'une mutualisation des moyens de stérilisation des établissements de l'Arc Alpin, Rapport final, document disponible sur le site :  
[http://www.parhitage.sante.fr/re7/rha/doc/nsf/VDoc/88E069EDA9F071AAC125709D004F8DD5/\\$FILE/sterilisationarcalpin.pdf](http://www.parhitage.sante.fr/re7/rha/doc/nsf/VDoc/88E069EDA9F071AAC125709D004F8DD5/$FILE/sterilisationarcalpin.pdf)
- [Assens C., 1999], La dynamique des complémentarités et des conflits dans un réseau d'entreprises. *Cahiers du CNRS*, 33-37.
- [Barban J.C., Chanut P., 1989], Les réseaux créateurs de richesse. *Gérer et comprendre* 15, 16-27
- [Bardet E., 2003], Externalisation de la stérilisation : conditions de mise en œuvre, avantages et inconvénients, *Mémoire de diplôme de docteur en pharmacie, Ecole Nationale de Santé Publique*.
- [Barreyre P.Y., 1988], The concept of "impartition" policies: a different approach to vertical integration strategies, *Strategic Management Journal*, 9, 507-520.
- [Barros A. I., Dekker R. et Scholten V., 1998], A two-level network for recycling sand: A case study, *European Journal of Operational Research* 110, 2, 199-214.
- [Barthelemy, 2001], Stratégies d'Externalisation-Préparer, décider et mettre en œuvre l'externalisation d'activités stratégiques, *Dunod 2001*.
- [Batta R. et Berman O., 1989], A location model for a facility operating as an M/G/k Queue. *Networks*, 19, 717-729.
- [Bazzoli G.J., Shortell S.M., Dubbs N., Chang Ch., Kralovec P., 1999], *Health Services Research*, 33, 6, 1683-1717.
- [Beamon B.M, 1998], Supply chain design and analysis: models and methods. *International Journal of Production Economics*, 55, 281-394.
- [Belmokhtar S., 2006], Lignes d'usinage avec équipements standard : modélisation, configuration et optimisation, Thèse de doctorat, École Nationale Supérieure des Mines de Saint
- [Benanteur Y., 2004], La sous-traitance de fonctions logistiques en milieu hospitalier : un enjeu complexe dans un contexte budgétaire contraint et structurant. *Logistique & Management*, 41-48.

- [Benda J., 2004], L'utilisation d'une place de marché électronique: une stratégie collective contre des stratégies individuelles ? – une étude exploratoire de trois cas, *13<sup>ème</sup> conférence de l'AIMS. Normandie, Vallée de Seine 2, 3 et 4 juin 2004*
- [Benjaafar S. et Gupta D., 1999], Scope versus focus: issues of flexibility, capacity and number of production facilities, *IIR Trans.*, 30, 5, 413-425.
- [Benoit Ph., Bucquet E., Lecolier M-D. et Willemin J-C., 2005], Optimisation des horaires d'ouverture d'une stérilisation, *Techniques Hospitalières*, 693, 49-53.
- [Beraldi, P. et Ruszczyński, A., 2002], A branch and bound method for stochastic integer problems under probabilistic constraints. *Optimization Methods and Software*, 17, 359-382.
- [Berghmans L., Schoovaerts P. et Teghem J., 1984], Implementation of health facilities in a new city, *Journal of the Operational Research Society* 35, 1947-1054.
- [Berlin, G., ReVelle, C. et Elzinga, J. 1976], Determining ambulance-hospital locations for on-scene and hospital services. *Environment and Planning A*, 8, 553-561.
- [Blake J.T. et Careter M.W., 2002], A goal programming approach to strategic resource allocation in acute care hospital. *European Journal of Operational Research*, 140, 541-561
- [Besombes B., Trilling L. et Guinet A., 2004], conduite du changement dans le cadre du regroupement de plateaux médico-techniques : apport de la modélisation d'entreprises, *Journal Européen des Systèmes Automatisés, RS-JESA, Logistique hospitalière*, 38-6, 691-723
- [Blecher MB., 1998], Size does matter. *Hospital health networks*, 20, 29-36.
- [Bossuet C., Lamothe J. et Lacoste G., 1997], Analyse des formes de coopération interentreprises: influence des niveaux informationnels, *2<sup>ème</sup> congrès franco-Québécois, «le Génie industriel dans un monde sans frontière »*, ALBI, France, 3 au 5 septembre 1997.
- [Bouchriha H., 2002], Faire ou faire-faire dans la conception d'une chaîne logistique : un outil d'aide à la décision, *Thèse de doctorat, Institut national Polytechnique de Grenoble*.
- [Bourguignon C., Destrumelle AS., Koch S., Grumlat A., Carayon P., Chopard C. et Woronoff MC., 2003], Disposable versus reusable biopsy forceps in GI endoscopy: a cost minimization analysis, *Gastrointestinal Endoscopy*, 58, 226-229.
- [Boyer L., Poirée M. et Salin E., 1982], Précis d'organisation et de gestion de la production, *Les Editions d'organisation, Paris*.
- [Breen L. 2004], Is there a place for third party logistics providers in the hospital pharmacy supply chain? *Hospital Pharmacist*, 11, 33-36.
- [Burns L. R. et Pauly V., 2002], Integrated delivery Networks: a detour on the road to integrated health care? *Health Affairs*, 21, 4, 128-143.
- [Calvo, A. et Marks, H., 1973], Location of health care facilities: An analytical approach. *Socio-Economic Planning Sciences*, 7, 407-422.
- [Camargo M., Digon-Garcia L., Dubost G., Fiorani M. et Labiche H., 2007], La méthode Activity Based Costing: Outil d'aide à la décision stratégique, *Gestions hospitalières*, no465, pp. 270-277
- [Carbone, R., 1974], Public facility location under stochastic demand, *INFOR*, 12.
- [Carson, Y. et Batta, R., 1990], Locating an ambulance on the Amherst campus of the State University of New York at Buffalo. *Interfaces*, 20, 43-49.
- [Carter M., 2002], Diagnosis: mismanagement of resources, *OR/MS Today*, 29, 2.
- [Chao X., Liu L. et zheng S., 2003], Resource allocation in multisite service system with intersite customer flow. *Management Science*, 49, 1739-1752.
- [Chapman, S.C. et White, J.A., 1974], Probabilistic formulations of emergency service facilities

location problems. *Paper Presented at the ORSA/TIMS Conference, San Juan, Puerto Rico.*

[Chenailler C., Cauchetier E., Salierno A., Descoutures J.M., 2006], L'externalisation de la stérilisation des dispositifs médicaux : un réel intérêt économique ?, *Revue de l'ADPHSO*, 31, 1, 65-76.

[Chossegros P., 2005], Les réseaux de santé, Un exemple possible d'organisation dans un monde (vécu comme) complexe. Un problème posé à l'évaluation, 15 juillet 2005. *Document électronique dans [www.cnr.asso.fr](http://www.cnr.asso.fr)*

[Chow G. et Heaver T.D., 1994], Logistics in Canadian healthcare industry, *Canadian Logistics Journal*, 1, 1, 29-73.

[Chu S. et Chu L., 2000], A modelling framework for hospital location and service allocation, *International Transactions in Operational Research* 7, 539-568.

[Chung, C.H., 1986], Recent applications of the maximal covering location planning (M.C.L.P.) model. *Journal of the Operational Research Society*, 37, 735-746.

[Chunning Z. et Kumar A., 2000], JIT application: process-oriented supply chain management in a health care system. *ICMIT*, 2, 788-791

[Coase R.H., 1973], The nature of the firm, *Economica*, 4, 386-405.

[Cohen M. et Moon S., 1991], An integrated plant loading model with economies of scale and scope, *European Journal of Operational Research*, 50, 266

[Colak T., Ersoz G., Akca T., Kanik A. et Atdin S., 2004], Efficacy and safety of reuse of disposable laparoscopic instruments in laparoscopic cholecystectomy: a perspective randomized study, *Surgical Endoscopy*, 18, 727-731.

[Cote M.J., 1999], Patient flow and resource utilization in an outpatient clinic. *Socioeconomic planning process*, 1999, 33, 231-45.

[D'amours S., 1995], La planification des opérations en réseau manufacturier symbiotique *Thèse de doctorat, Ecole Polytechnique de Montréal.*

[Daskin, M.S. et Stern, E.H., 1981], A hierarchical objective set covering model for emergency medical service vehicle deployment. *Transportation Science*, 15, 137-152.

[Daskin, M.S., 1995], Network and discrete location: Models, algorithms and applications. *John Wiley, New York.*

[Deborah Haley, 2004], A case for outsourcing medical device reprocessing. *AORN Journal*, 79, 4

[Di Mascolo M., Gouin A., Ngo Cong K.], 2006 Organization of the production of sterile medical devices, *12th IFAC Symposium on Information Control Problems in Manufacturing, INCOM 2006.*

[Duhayot H. et Philippon F., 1993], Introduction à la sous-traitance, *STP PHARMA PRATIQUES*, 3, 6, 449-450.

[Dumoulin R. et Martin A., 2000], Une approche exploratoire de l'externalisation de la R&D: vers une modélisation des paramètres nécessaires, *Les Cahiers de la Recherche CLAREE Centre Lillois d'Analyse et de Recherche sur l'Evolution des Entreprises, UPRESA CNRS 8020.*

[Eaton, D., Hector, M., Sanchez, V., Lantigua, R. and Morgan, J., 1986], Determining ambulance deployment in Santa Domingo, Dominican Republic. *Journal of the Operational Research Society*, 37, 113-126.

[Eaton, D.J., Daskin, M.S., Simmons, D., Bulloch, B. and Jansma, G. 1985], Determining emergency medical deployment in Austin, Texas. *Interfaces*, 15, 1, 96-108.

[El Kadiri S, Seklouli-Sekari A., Ouzrout Y, 2007], Modélisation et simulation des relations interentreprises dans un contexte supply chain, *acte du 7ème Congrès International de Génie*

*Industriel - CIGI'07*

- [Ellouz S.F., Bejar B., 2006], Modelling of an outsourcing strategy: application in healthcare industry, *12th IFAC Symposium on Information Control Problems in Manufacturing, INCOM 2006*.
- [Elshafei A.N., 1975], An approach to locational analysis. *Operational Research Quarterly*, 26, 167-181
- [Erlenkotter, D., 1981], A comparative study of approaches to dynamic location problems. *European Journal of Operational Research*, 6, 133-143.
- [Eskigun E., Uzsoy R., Preckel V., Beaujon G., Krishman S, et Tew D., 2005], Outbound supply chain network design with mode selection, lead times and capacitated vehicle distribution centers. *European Journal of operational research*, 156, 182-206.
- [Fandel G. et Stammen M., 2004], A general model for extended strategic supply chain management with emphasis on product life cycles including development and recycling, *International Journal of Production Economics*, 89, 293-308.
- [Fleury M. J. et Ouadahi Y., 2002], Stratégies d'intégration des services en réseau, régulation et moteurs d'implantation de changement. *Santé mentale au Québec*, 2, 16-36.
- [Fluop N., Protopsaltis G. et Hutchings A., 2002], Process and impact of mergers of NHS trusts: multicentre case study and management cost analysis. *BJM*, 325, 246-249.
- [Fombeur P., Cariou S., Prugnaud P. et Tilleul P., 2003], *Journal de Pharmacie clinique*, 22, 1, 23-29.
- [Ford, G.M., 2001], Practice-Dysfunctional: Prognosis-Hopeful, Clifton Hill, *Ithaca Supply Chain Management*, 40.
- [Franchistéguy, I., Larrasquet, J. M. et Tazi, S., 1999], La prise en charge des patients dans les établissements de santé : un exemple type de production de service complexe. *Actes du 3ème Congrès International de Génie Industriel*, pp 216-271, Mai, Montréal, Canada.
- [Friedman B.B., 1990], The four Cs of a successful central sterile supply-operating room relationship, *Hospital Material Management Quarterly*, 12, 2, 26-31.
- [Gadreau M., Jaffre D. et Lanciau D., 1999], La recomposition en réseau du système hospitalier. Entre contraintes, contrats et conventions. *Finance contrôle stratégie*, 2, 53-75.
- [Gallousis A.J., 1990], The central sterile supply-operating room connection, *Hospital Material Management Quarterly*, 12, 2, 20-22.
- [Gao, L.L. et Robinson Jr., E.P., 1994], A dual-based optimization procedure for the two-echelon incapacitated facility location problem. *Naval Research Logistics*, 39, 191-212.
- [Garfinkel, R. S., Neebe, A. W. et Rao, M. R., 1977], The m-center problem: Minimax facility location. *Management Science*, 23, 1133-1142.
- [Geoffrion A.M. et Graves G.W., 1974], Multi-commodity distribution system design by benders decomposition. *Management Science*, 20, 5, 822-844.
- [Giarraputo D., 1990], In-house versus off-site sterilization. *Hospital Material Management Quarterly*, 12, 2; *ABI/INFORM Global*; 49.
- [Gilles C., 2004], Privatisations, sous-traitance et partenariats public-privé : charity.com ou business.org ? *Revue internationale de la Croix-Rouge*, 856, 725-743.
- [Goldberg, J. et Paz, L., 1991], Locating emergency vehicle bases when service time depends on call location. *Transportation Science*, 264-280.
- [Glover, P., Jones G., Karney D., Klingman D. et Mote J., 1979], An Integrated Production, Distribution, and Inventory-Planning System, *Interfaces*, 9-5, 21-35.

- [Gosse B., Sargis C., et Sprimont P.A., 2000], Les stratégies d'Externalisation : Opérationnalisation et changements organisationnels, *Les Cahiers de la Recherche, CLAREE, UPRES-A CNRS 8020*.
- [Gottfried K.L, 2000], Are reprocessed medical devices really as good as new, and does it matter? *HEC forum, 12, 311-316*.
- [Gratte B., 1997], Alliances et partenariats : Les fruits de l'expérience, *Revue Française de gestion 114*.
- [Guillot K., 2001], La stérilisation en marche vers la sous-traitance, *Th D Pharm, Paris V*.
- [Gunes E. D. et Yaman H., 2005], Modelling Change in a health system: implication on patient flows and resource allocations. *Clinical and Investigative Medicine, 28, 331-333*.
- [Haley D., 2004], Case outsourcing medicaldevice reprocessing, *AORN Journal, 79, 806-808*.
- [Hamacher, H.W. et Nickel, S., 1998], Classification of location models. *Location Science, 6, 229-242*.
- [Hammami S., 2006], Approche hiérarchique flux patient - flux matériels pour le pilotage du plateau médico-technique, *Thèse de doctorat, Institut National Polytechnique de Grenoble, 2006*.
- [Harper P.R., Shahani A.K., gallagher J.E. et Bowie C., 2005], Planning health services with explicit geographical considerations: a stochastic location-allocation approach. *The International Journal of Management Science, Omega 33, 141-152*.
- [Heskett J.L., 1977], Logistic: essential strategy. *Harvard business Review*.
- [Hosseini A-H., 1995], La sous-traitance dans l'industrie pharmaceutique, aspects juridiques et applications, *Th D Pharm, Montpellier*.
- [Hochbaum, D.S. et Pathria, A., 1998], Locating centers in a dynamically changing network and related problems. *Location Science, 6, 243-256*.
- [Ishino Y., Ido K. et Sugano K., 2005], Contamination with hepatitis B virus DNA in gastrointestinal endoscope channels: risk of infection on reuse after on-site cleaning, *Endoscopy, 37, 548-551*.
- [Jacob R., Julien P-A et Raymond L., 1996], Un modèle de l'entreprise réseau : concepts, technologies et expériences. Université du Québec à trois rivières, *Entreprise étendue et commerce électronique, 2ème colloque international du management des réseaux d'entreprise, Ecole des HEC, Université de Lausanne, Suisse, septembre 96*.
- [Jarett P.G., 1998], Logistics in the healthcare industry, *International Journal of Physical Distribution and Logistic Management 28, 741-742*.
- [Jayaraman V. et Ross A., 2003], A simulated annealing methodology to distribution network design and management. *European Journal of operational research, 144, 629-645*.
- [Jebali A., 2004], Vers un outil d'aide à la planification et d'ordonnancement des ressources dans les services de soins, *Thèse de doctorat, Institut National Polytechnique de Grenoble, 2004*.
- [Jennings D., 1996], Outsourcing opportunities for financial services, *Long Range Planning 29, pp 393-405*.
- [Jia H., Ordonez F. et Dessouky M., 2005], Solution approaches for facility location of medical supplies for large-scale emergencies, *Computers & Industrial Engineering 52, 257-276*.
- [Jolayemi J.K et Olorunniwo F.O., 2004], A deterministic model for planning production quantities in a multi-plan, multi-warehouse environment with extensible capacities. *International Journal of Production Economics, 87, 99-113*.
- [Kaffel H., D'amour S. et Ait-Kadi D., 1999], Une approche réseau pour pour la coception d'un système de gestion de la maintenance, *3ème Congrè International de Génie Industriel*.
- [KEARNEY, 2004], Improving medicine supply chain, *A. T. KEARNEY 2004, 5M ATK1203765*.

- [Ketler K. et Walstrom J., 1993], The outsourcing decision. *International Journal of Information Management*, 13, 449-459.
- [Kharraja S., 2003], Outil d'aide à la planification et d'ordonnancement des plateaux médico-techniques. *Thèse de doctorat, Université Jean-Monnet de Saint-Étienne*.
- [King W.R., 1994], Strategic outsourcing decision", *Information systems management*, 58-61, fall.
- [Klose, A. et Drexl, A., 2004], Facility location models for distribution system design. *European Journal of Operational Research*, 162, 4-29.
- [Kolb F., 1972], La logistique : approvisionnement, production, distribution, *Entreprise moderne d'éditions, Paris*.
- [Kowalski J., 1993], Managing hospital materials management. *Kowalski Dickow Associates*, 313.
- [Labbé M., Peeters D. et Thisse J.F., 1995], Location on networks, *Handbooks on Operation and Management Science: Networks*, 551-624.
- [Laios L. et Moshuris S., 1997], A decision support system for make or buy in an aircraft maintenance facility, *Production and inventory management journal*, 22-27, fourth quarter.
- [Laios L. et Moshuris S., 1999], An empirical investigation of outsourcing decision, *The journal of supply chain management*, 33-41.
- [Lakhal S., 1998], Vers une approche formelle d'aide à la décision dans l'entreprise réseau", *Thèse de doctorat, Université Laval, Québec*.
- [Landry S. et Beaulieu M., 2001], Logistique hospitalière : un remède aux maux du secteur de la santé. *Groupe de recherche Chaîne, cahier de recherche n° 01-01*.
- [Landry S., Beaulieu M., Boulay Y., Rivard-Royer H., 1998], L'intégration de la chaîne logistique dans le secteur québécois des soins de santé - *Diagnostic et avenues de solutions, Groupe de recherche CHAINE, 1998*.
- [Lapierre S. et Verter V., 2002], Location of preventive health care facilities. *Annals of Operational Research* 110, 121-130
- [Larcher, P., 1998], Réseaux de santé et filières de soins, les enseignements des réseaux existants». *Actualité et Dossier en Santé Publique, n° 24, Septembre 1998*.
- [Larson, R.C., 1974], A hypercube queuing model for facility location and redistricting in urban emergency services. *Computers and Operations Research*, 1, 67-95.
- [Laudon K.C., 1998], Management information system. *A Simon & Schuster Company*.
- [Layek A., Kullpattaranirun T., Suebsak N., 2005], A framework for comparing outsourcing strategies in multilayered supply chains, *International Journal of Production Economics*, 97, 318-328.
- [Leatt P., Pink, G.H. et Guerriere, M., 2000], Towards a Canadian Model of Integrated Healthcare, *Healthcare Papers*, 1, 2, 13-35.
- [Le Blanc L.A., 1993], Strategic sourcing for information processing functions, *Proceedings of the ACM/SIGAPP Symposium on Applied Computing*, pp. 782-789).
- [Lega F., 2005], Strategies for multi-hospital networks: a framework. *Health Services Management Research*, 18, 86-99.
- [Levrat F., 2003], Externalisation de l'activité de stérilisation d'un établissement de santé : Proposition d'un guide, *Thèse de doctorat en pharmacie, Université Claude Bernard Lyon 1*.
- [Li L.X. et Benton W.C., 1996], Performance measurement criteria in healthcare organizations: review and future research directions, *European Journal of Operational Research* 93, 449-468.
- [Li, S. et Tirupati D., 1994], Dynamic Capacity Expansion Problem with Multiple Products:

- Technology Selection and Timing of Capacity Additions, *Operations Research*, 42-5, 958-976.
- [Lorence D.P. et Spink A., 2004], Healthcare information system outsourcing, *International Journal of Information Management*, 24, 2, 131-145.
- [Luke R.D. et Begun J.W., 1996], Permeating organizational boundaries: the challenge of integration in healthcare, *Frontiers of Health services Management*, 13, 1, 52-55.
- [Magge, J.F., 1968], Industrial logistics, analysis and management of physical supply and distribution system, *New York, McGraw Hill*.
- [Mannarini M., 2006], L'organisation logistique hospitalière : entre différenciation des territoires et intégration des processus, document disponible sur le site : [http://www.univ-nancy2.fr/COLLOQUES/METAMORPHOSE\\_06/fichiers\\_PDF/MANNARINI.pdf](http://www.univ-nancy2.fr/COLLOQUES/METAMORPHOSE_06/fichiers_PDF/MANNARINI.pdf).
- [Marcon E., 2004], Dimensionnement des ressources des plateaux médico-techniques des établissements hospitaliers. Journal Européen des Systèmes Automatisés RS-JESA, *Logistique hospitalière* 38, 6, 631-656.
- [Marianov V. et Taborga P., 2001], Optimal location of public health centers which provide free and paid services, *Journal of the Operational Research Society* 52, 391-400.
- [Marianov, V. et ReVelle, C., 1992], The capacitated standard response fire protection siting problem: Deterministic and probabilistic models. *Annals of Operations Research*, 303-322.
- [Marriott L., et al., 1998], L'externalisation dans les établissements de santé, Enquête ISLI/EXEL LOGISTICS, *Logistique & Management*, 6, 1.
- [Mazzola, J. et Schantz R., 1997], Multiple-Facility Loading Under Capacity- Based Economies of Scope, *Nav. Res. Log.*, 44, 1997, 229-256.
- [Mehrez A., Sinuany-Stern, Z. Arad-Geva T. et S. Binyamin, 1996], On the implementation of quantitative facility location models: The case of a hospital in a rural region, *Journal of the Operational Research Society* 47, 612-625.
- [Melachrinoudis E., Ilhan Ahmet B., Min H. 2007] ; A dial-a-ride problem for client transportation in a health-care organization, *Computers & Operations Research*, 34, 3, 742-759
- [Meyer R. J., Menzel C. P., Painter M. K., Dewitte P. S., Blinn T., et Perakath B., 1995], Information Integration for concurrent engineering (IICE), *IDEF3 Process description capture method report*.
- [Min H., et Zhou G., 2002], Supply chain modeling: past, present and future. *Computer and Industrial Engineering*, 43, 231-249.
- [Minvielle, E., 1996], L'organisation du travail à l'hôpital, Gérer la singularité à grande échelle. *Revue française de gestion*, N 109, juin-juillet-août, 114-124.
- [Navvaro I. Rodrigues M., 2000], La sous-traitance en pharmacie, application élaboration d'un contrat de sous-traitance en stérilisation, *Mémoire UV gestion hospitalière, DESS de pharmacie hospitalière et des collectivités, Faculté de pharmacie de Montpellier*.
- [Nauret RC., 1995], Academical medical centers and the fight for survival in the new era of managed care. *Journal of Health care Finance*, 21, 47-59.
- [Ngwenyama O.K. et Bryson N. 1999], Making the information systems outsourcing decision: A transaction cost approach to analyzing outsourcing decision problems. *European Journal of Operations Research*, 115, 351-367.
- [Nicholson L., Vakharia A.J. et Erenguc S.S., 2002], Outsourcing inventory management decisions in healthcare: models and application, *European Journal of Operational Research* 154, 271-29.
- [Nicollas J., Loup W., 2006], Entre fonctions et statuts, les relations hiérarchiques dans les établissements de santé, *document de travail, No. 64, Direction de la recherche, des études, de*

*l'évaluation et des statistiques.*

- [Nobre, 1998], Management de la valeur et pouvoir dans l'hôpital. *Finance Contrôle Stratégie*, 1, 2, 113-135.
- [Nozick L. et Turnquist, M.A., 2001], Inventory, transportation, service quality and the localisation of distribution centers. *European Journal of operational research*, 129, 362-371.
- [Or I. and Pierskalla W.P., 1979], A transportation location-allocation model for regional blood banking, *AIIE Transactions*, 11, 86-95.
- [Owen, S.H. et Daskin, M.S., 1998], Strategic facility location: A review. *European Journal of Operational Research*, 111, 423-447.
- [Paché G., 1996], L'entreprise en réseau entre mythes et réalités, *Gestion 2000*.
- [Paquet M., Martel A. et Montreuil B., 2007], A manufacturing network design model based on processor and worker capabilities, *International Journal of Production Research*, 1-22.
- [Paquet M., Martel A., Desaulniers G., 2004], Including technology selection decisions in manufacturing network design model, *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*, 17, 2, 117-125.
- [Pasin F., Jobin M. H. et Cordeau J. F., 2001], Application d'une approche de simulation pour analyser le partage de ressources entre des organisations du secteur de la santé, *Cahier de recherche n° 01-02, HEC Montréal*.
- [Pasin F., Jobin M. H. et Cordeau J.F., 001], Application d'une approche de simulation pour analyser le partage de ressources entre des organisations du secteur de la santé. *Cahier de recherche n° 01-02, HEC Montréal*.
- [Peeters D. et Thomas I., 2001], Localisation des services publics : de la théorie aux applications, *SANDERS 105-127, Modèles et analyse spatiales, Hermes science publications*.
- [Perrotin R. et Loubere J. M., 1996], Nouvelles stratégies d'achat, *les éditions Organisation*, 285, Paris.
- [Pham M.C., 2002], La prise en charge du patient à l'hôpital : mieux gérer la complexité de la coordination des acteurs. *Mémoire, Ecole Nationale de santé de Renne*.
- [Pinnington A., et Woolcock P., 1997], The role of the vendor companies in IS/IT outsourcing. *International Journal of Information Management*, 17, 3, 199-210.
- [Pirard F., Riane F., Iassinovski S., Batta-Genoulaz V, 2006] Strategic design for the supply network of multi-site enterprises: a mathematical model and solving approach, *Logistics and Supply Chain (ILS'06) International Conference on Information systems, Lyon France, 827-840, 2006*.
- [Pirkul, H. et Schilling, D., 1991], The capacitated maximal covering location problem with capacities on total workload. *Management Science*, 37, 233-248.
- [Plastria, F., 1987], Solving general continuous single facility location problems by cutting planes. *European Journal of Operation Research*, 29, 98-110.
- [Plastria, F., 1997], Profit maximising single competitive facility location in the plane, *Studies in Locational Analysis*, 11, 115-126.
- [Porter M., 1986], L'avantage concurrentiel, *Interéditions Paris p 647*.
- [Poulin D., Montreuil B., Gauvin S., 1994], L'entreprise réseau, bâtir aujourd'hui l'organisation de demain, *Publi-relais*.
- [Prat F., Spiler JF., Paci S., Pallier C., Fritsch J., Choury AD., Pelletier G., Raspaud SQ., Nordmann P. et Buffet C., 2004], Reliability, cost-effectiveness and safety of reuse of ancillary devices for ERCP, *Gastrointestinal Endoscopy*, 60, 2, 264-252.

- [Preker A.S., Harding A., Travis P., 2000], "Make" or "Buy" decisions in the production of healthcare goods and services: new insights from institutional economics and organizational theory, *Bulletin of the World Health Organization*, 78, 6.
- [Probst G. 1994], Organiser par l'auto-organisation, *Les Editions d'Organisation, Paris, 1994*
- [Querriau X., Kissiyar M., Peeters D. et Thomas I., 2007], Localisation optimal d'unités de soins dans un pays en voie de développement : analyse de sensibilité, *European Journal of Geography*
- [Quinn J.B. et Hilmer F.G., 1994], Strategic Outsourcing, *Sloan Management Review*, 43-55, summer.
- [Rahman S. et Smith D., 1999], Use of location-allocation models in health service development planning in developing nations, *European Journal of Operational Research*, 123, 437-452.
- [Rajagopalan, S. et A. Soteriou, 1994], Capacity Acquisition and Disposal with Discrete Facility Sizes, *Management Science*, 40-7, 903-917.
- [Ramis F.J., Palma, G.L., Baesler, F.F., 2001], The use of simulation for process improvement at an ambulatory surgery center". *Proceedings of the 2001 Winter Simulation Conference, 2001, pp. 1401-4.*
- [Raymondon F., et Marcon E., 2005], Optimization of hospital sterilization cost acting on grouping choices of medical devices into packages, using the simulated annealing method, *International conference on Industrial Engineering and System Management, IESM'05*
- [Raymondon F., Pellet B. et Marcon E., 2007], Optimization of hospital sterilization costs proposing new grouping choices of medical devices into packages, *International Journal of Production Economics*.
- [Renata. A. T, Jaoa A. et Reinaldo M., 2005], Analysis of ambulance decentralization in an urban emergency medical service using the hypercube queuing model, *Computers & Operations*, 34, 3, 727-741
- [ReVelle, C., 1989], Review, extension and prediction in emergency service siting models. *European Journal of Operational Research*, 40, 58-69.
- [Ridge J.C., Jones, S.K., Nielsen, M.S. et Shahani, A. K. 1998], Capacity planning for intensive care units. *European Journal of Operational Research*, 1998, 105, 346-55.
- [Rifai et Pecenka, 1989], An application of goal-programming in health care planning. *International Journal of production Management* 43, 6, 28-3.
- [Rivard-Royer H., Landry S. et Beaulieu M., 2002], Stockless hybride - Etude de cas, *Groupe de recherche CHAINE, rapport 01-05, 2000.*
- [Rosing, K., Hillsman, E., et Rosing-Vogelaar, H., 1979], The robustness of two common heuristics for the P-median problem. *Environment and Planning A*, 11, 373-380.
- [Russel Y., 2001], Quality in the outsourcing process: Part I. the quality outsourcer, *The Quality Assurance Journal*, 5, 199-206.
- [Saharidis G.K., Dallery Y. et Karaesmen F., 2006], Centralized versus decentralized production planning. *RAIRO Operation Research*, 40, 113-128
- [Saizy-Callaert S., Berthet F., Gagnaire L., Causse R. et Thébault A., 2002], La sous-traitance en stérilisation : quelle convention pour la coopération entre établissements?, *Technique Hospitalières*, 672, 53-57.
- [Sampieri N. et Bongiovianni I., 2000], Enjeux et perspectives des pratiques logistiques : pour une amélioration globale de la performance - Le cas de l'hôpital public français, RIRL 2000 - *Les Troisièmes Rencontres Internationales de la Recherche en Logistique, 9 au 11 mai 2000, Trois-Rivières, CRET-LOG.*

- [Segall R.S., 1992], Deterministic mathematical modelling for the spatial allocation of multi
- [Sérieyx H, Azoulay H., 1996], Face à la complexité : Mettez du réseau dans vos pyramides. *Ed. Village Mondial, Paris, 1996.*
- [Schweikhart S.B. et Smith-Daniels V.L., 1993], Location and service mix decisions for a managed health care network, *Socio-Economic Planning Sciences* 27, 289-302.
- [Shapiro J.F., 2001], Modeling the supply chain, *Duxbury Thomson Learning, 2001.*
- [Shinkman R., 2000], Outsourcing on the Upswing, *Modern Healthcare, 46-54.*
- [Shortell S.M., Morrison et Friedman B., 1990], Strategic Choices for America's hospitals: managing change in turbulent times. *Medical Care, 28, 11.*
- [Shulman, A., 1991], An Algorithm for Solving Dynamic Capacitated Plant Location Problems with Discrete Expansion Sizes, *Operations Research, 39-3, 423-436.*
- [Sloan T.W., 2007], Safety-cost trade-offs in medical device reuse: a Markov decision process model, *Health Care Management Science, 10, 81-93.*
- [Soubié R., Portos J. L. et Prieur C., 1994], Livre blanc sur le système de santé et d'assurance maladie : rapport au premier ministre. *La documentation française 549.*
- [Spencer P., Zakaib G. et Winter E., 2002], The risks of reuse: Legal implications for hospital of reusing single-use medical devices. *Hosp Q., 68-70*
- [Stacey M., 1998], Outsourcing: how organisations need to prepare to realise the full benefits, *Management Accounting* 76, 24-27.
- [Starkweather D., 1970], Hospital Size, Complexity and Formalization, *Health Services Research, 5.*
- [Stevens J., 1985], The make or buy decision, *The purchasing Mix, 207-219.*
- [Stratégor, 1993], Politique générale de l'entreprise, 3<sup>ème</sup> Edition, Dunod, Paris, 1993.
- [Stucky J. et White D., 1993], When and when not to vertically integrate, *Sloan management review, 71-83, spring.*
- [Stummer C., Doener K., Focke A. et Heidenberger K., 2004], Determining location and size of medical departments in a Hospital Network: A multi-objective Decision Support Approach", *Health Care Management Science, 7, 63-71.*
- [Swinehart K., Zimmerer T.W. et Oswald S., 1995], Adapting a Strategic Management Model to Hospital Operating Strategies, *Journal of Management Medicine, 9, 2, 34-47.*
- [Tapp A., 2003], Reuse of single use medical devices, *CORN Journal, 21, 18-28.*
- [Thomas D., J. et Griffin P. M., 1996], Coordinated supply chain management. *European Journal of Operational research, 94, 1-15.*
- [Thorin D., 2003], Reconfiguration d'une stérilisation centrale. Impact sur l'absentéisme. 1ère conférence Francophone en Gestion et Ingénierie des Systèmes Hospitaliers, GISEH 2003.
- [Tixier D., Mathe H. et Colin J., 1983], La logistique au service de l'entreprise : moyens, mécanismes et enjeux ", *Dunod, Paris.*
- [Tlahig H., Jebali A., Bouchriha H., 2006], "Un outil d'aide à la décision pour le choix centralisation/ décentralisation de l'activité de stérilisation au sein d'un établissement hospitalier", 6<sup>ème</sup> conférence Francophone de MODélisation et SIMulation –MOSIM'06. 3-5 Avril 2006, Rabat-Maroc.
- [Tlahig H. Bouchriha H., Jebali A., Ladet P., Taggiasco N., 2007a]. "Etude de l'externalisation du secteur de stérilisation hospitalière: une analyse par les coûts", *Gestion Hospitalière.*

- [Tlahig H. Bouchriha H., Jebali A., Ladet P., 2007b], “A mathematical model for the “internalization/ externalization” decision of the hospital sterilization process”, 33<sup>rd</sup> *International Conference on Operational Research Applied to Health Services– ORAHS’07*. 15-20 Juillet 2007, Saint Etienne-France.
- [Tlahig H., Jebali A., Bouchriha H., Ladet P., 2008a], “Centralized Versus Distributed Sterilization Service: A Location-Allocation Decision Model”. *International Conference on Information Systems, Logistics and Supply Chain–ILS’08*, 27-30 May 2008, Madison, WI-U.S.A
- [Tlahig H., Bouchriha H., Jebali A., Ladet P., 2008b], “Evaluation de deux stratégies de regroupement (mutualisation) des services de stérilisation au sein d’un réseau d’établissements de soins”. *Conférence francophone en Gestion et Ingénierie des Systèmes Hospitaliers – GISEH’08*, 4-6 septembre 2008, Lausanne-Suisse.
- [Trilling L., 2006], Aide à la décision pour le dimensionnement et le pilotage de ressources humaines mutualisées en milieu hospitalier, *Thèse de doctorat en Génie Informatique, Institut nationale de sciences appliquées de Lyon*.
- [Tsai W., Lai C., 2006], Outsourcing or capacity expansions: Application of activity-based costing model on joint products decisions, *Computers & Operations Research*, 32, 12, 3666-81.
- [Van de Klundert J., Muls Ph., Schadd M., 2006], Optimizing sterilized logistics in hospitals. *No. 51, Research Memoranda from Maastricht: METEOR, Maastricht Research School of Economics of Technology and Organization*.
- [Velma R., 2001], Managing strategic outsourcing in healthcare industry, *Journal of Healthcare Management*, 46, 4, 239.
- [Venkataraman R., Brusco, M. J., 1996], An integrated analysis of nurse staffing and scheduling policies. *Omega International Journal of Management Science*, 1996, 24, 57-71.
- [Veral E. et Rosen H., 2001], Can a focus on costs increase costs? *Hospital Material Management Quarterly* 22, 28-35.
- [Verter, V. et C. Dincer, 1992], An Integrated Evaluation of Facility Location, Capacity Acquisition, and Technology Selection for Designing Global Manufacturing Strategies, *European Journal Of Operational Research*, 60, 1-18.
- [Viala G., 1993], La sous-traitance dans l’industrie pharmaceutique : aspects juridiques, *STP PHARMA PRATIQUES*, 3, 6, 453-462.
- [Vidal J., et Goetschalckx M., 1997], A global supply chain model with transfer pricing and transportation cost allocation. *European Journal of Operational research*, 129, 134-158.
- [Vigneron E., 2000], Santé et territoire, *la documentation Française, Paris*
- [Vonderembse M.A. et Tracey M., 1999], The impact of supplier selection criteria and supplier involvement on manufacturing performance, *Journal of Supply Chain Management*, 35, 3, 33-39.
- [Walker G. et Weber D., 1984], A transaction Cost approach to make or buy decisions, *Administrative science quaterly*, 29, 373-391, Septembre.
- [Waller F., 2004], Singled out? *The Journal of the National Association of Theatre Nurse* 14.
- [Wang EP, 2001], Regulatory and Legal implications of reprocessing and reuse of single-use medical devices. *Food Drug Law Journal*, 56, 77-98.
- [Weil TP., 2000], Horizontal mergers in the United States: some practical realities, *Health service Management Resource*, 13, 137-151.
- [Welch J.M, Little A/D., Nayak P.R, 1992], Strategic Sourcing: a progressive approach to make or buy decision, *Academy of management Executive*, 6, 1, 23-31.
- [Whitten D. et Wakefield R., 2006], Measuring switching costs in IT outsourcing services, *Journal*

of *Strategic Information Systems*, 15, 3, 219-248.

[Wilhem W., Liang B., rao B., warrior D., Zhu X. et Bulusu S., 2005], Design of international assembly systems and their supply chains under NAFTA. *Transportation Research Part E*, 41, 467-493.

[Williamson O.E., 1975], Markets and hierarchies: analysis and antitrust implications, *New York: Free Press*.

[Yan H., Yu Z., Cheng E., 2003], A strategic model for supply chain design with logical constraints: formulation and solution. *Computer and Operations Research*, 30, 2135-2155.

[Yang C. et Huang J.B., 2000], A decision model for IS outsourcing. *International Journal of Information Management*, 20, 3, 225-239.

[Young SH., 2003], Outsourcing and benchmarking in a rural public hospital: does economic theory provide the complete answer? , *Rural and Remote Health* 3, 124.

[Yzerd, 2003], Externalisation logistique. *Techniques hospitalières, dossier AG5225*.

[Zajac E.J. et d'Aunno T.A., 1994], Managing strategic alliances, *Health Care Management: Organization Design and Behaviour*, 2, 274-293.

[Zhou G., Min H., Gen M., 2002], the balanced allocation of customers to multiple distribution centers in the supply chain network: a generic algorithm approach. *Computer and Industrial Engineering*, 43, 251-261.



## Liste des publications

### ✓ Article revue

Tlahig H. Bouchriha H., Jebali A., Ladet P., Taggiasco N. (2007). "Etude de l'externalisation du secteur de stérilisation hospitalière : une analyse par les coûts", *Gestion Hospitalière*.

Tlahig H. Bouchriha H., Jebali A., (2008) "A two-phased approach for the centralization/decentralization configuration of the hospital sterilization sector", *European Journal of Industrial Engineering*.

Tlahig H., Bouchriha H., Jebali A., Ladet P., (2008). "A mathematical model for the « internalization/ externalization » decision of the hospital sterilization process", soumis à *Annals of Operational Research*.

### ✓ Communication

Tlahig H., Jebali A., Bouchriha H., (2006), "Un outil d'aide à la décision pour le choix centralisation/ décentralisation de l'activité de stérilisation au sein d'un établissement hospitalier", *6ème conférence Francophone de MODélisation et SIMulation –MOSIM'06*, 3-5 Avril 2006, Rabat-Maroc.

Tlahig H. Bouchriha H., Jebali A., Ladet P. (2007), "Une démarche pour l'internalisation/externalisation de la stérilisation au sein d'un établissement de soins" *7ème Congrès International de Génie Industriel–CIGI'07*, 5-8 Juin 2007, Trois-Rivières, Québec-Canada.

Tlahig H. Bouchriha H., Jebali A., Ladet P. (2007), "A mathematical model for the "internalization/ externalization" decision of the hospital sterilization process", *33rd International Conference on Operational Research Applied to Health Services– ORAHS'07*, 15-20 July 2007, Saint Etienne-France.

Tlahig H., Jebali A., Bouchriha H., Ladet P. (2008). "Centralized Versus Distributed Sterilization Service: A Location-Allocation Decision Model". *International Conference on Information Systems, Logistics and Supply Chain–ILS'08*, 27-30 May 2008, Madison, WI-U.S.A

Tlahig H., Bouchriha H., Jebali A., Ladet P. (2008). "Evaluation de deux stratégies de regroupement (mutualisation) des services de stérilisation au sein d'un réseau d'établissements de soins". *Conférence francophone en Gestion et Ingénierie des Systèmes Hospitaliers – GISEH'08*, 4-6 septembre 2008, Lausanne-Suisse.

Tlahig H., Bouchriha H., Jebali A., Ladet P. (2009), « Une approche heuristique pour l'aide à choix entre "internalisation" ou "mutualisation" du service de stérilisation », *Workshop International: Logistique & Transport–LT'09*, A technically IEEE/SMC co-sponsored workshop, 22-24 mars 2009 Sousse-Tunisie

Jebali A., Bouchriha H., Hammami S., Tlahig H., Ladet P. (2009), « Approche pour le choix entre internalisation ou externalisation d'un service logistique au sein d'un établissement de soins : Application au service de lingerie », *Workshop International: Logistique & Transport–LT'09*, A technically IEEE/SMC co-sponsored workshop, 22-24 mars 2009 Sousse-Tunisie.

Tlahig H., Jebali A., Bouchriha H., Ladet P. (2009), « Vers la mutualisation des services de stérilisation hospitalière : modélisation mathématique et approche de résolution », *Journées des doctorants JD-JDR-macs'09*, 17-18 mars 2009 Angers.



---

## **Vers un outil d'aide à la décision pour le choix internalisation, externalisation ou mutualisation des activités logistiques au sein d'un établissement hospitalier : cas du service de stérilisation**

---

### **RESUME**

Le travail réalisé dans cette thèse porte sur le choix de la meilleure configuration des activités logistiques au sein d'un établissement de santé. Nous nous intéressons particulièrement au service de stérilisation et nous considérons trois alternatives possibles pour ce service : l'internalisation (faire), l'externalisation (faire-faire) et la mutualisation (faire ensemble).

Nous avons commencé par recenser les travaux qui abordé cette problématique dans le contexte hospitalier. Cette revue de la littérature nous a permis de distinguer deux approches principales : l'approche basée sur les analyses qualitatives et l'approche basée sur les évaluations économiques. L'absence du point de vue de l'ingénieur nous a permis d'opter pour l'utilisation des approches du génie industriel et des outils d'optimisation largement utilisés pour traiter des problèmes similaires dans le contexte manufacturier.

Nous avons distingué deux organisations possibles du système hospitalier : l'organisation en établissements de santé indépendants et l'organisation en réseau d'établissements de santé. Ces deux types d'organisation nous ont orientés vers l'étude de la problématique de choix de la meilleure configuration du service de stérilisation en deux étapes. Dans la première étape, nous considérons le choix entre internalisation ou externalisation lorsque l'hôpital est considéré comme un établissement indépendant. Nous considérons pour cela deux approches : (1) l'approche basée sur l'analyse des coûts et (2) l'approche basée sur la modélisation mathématique. Nous validons nos deux approches sur un cas d'étude réel, celui de l'hôpital de l'AIGLE (France) et nous effectuons des analyses de sensibilité pour tester la robustesse de nos modèle. Dans la deuxième étape, nous considérons le problème de choix entre internalisation ou mutualisation du service de stérilisation dans le cas d'un réseau d'établissements de santé. Nous modélisons ce problème sous formes d'un problème de localisation-allocation-dimensionnement et nous proposons une méthode heuristique basée sur la décomposition pour le résoudre.

---

**MOTS CLES :** Aide à la décision, stérilisation, internalisation/externalisation/mutualisation, localisation-allocation, dimensionnement, modélisation mathématique.

---

### **ABSTRACT**

In this thesis we are interesting with the problem of the hospital sterilisation service configurations. We are dealing with the "internalisation" (make), "externalisation" (buy), or "networking" (make-with) decision of the hospital sterilisation process. This choice is especially of interest in view of current attempts of hospitals to cut costs by outsourcing sterilisation tasks.

We propose first, to study the internalisation vs. externalisation decision through a cost analysis. We propose a cost model based on the ABC (Activity Based costing) method. Then we propose a mixed integer linear programming (MILP) formulation to find the optimum configuration of the hospital sterilisation sector that minimises the process cost. We report computational experiments performed on a real case study and discuss the robustness of the proposed model through sensitivity analyses.

In the second part of this thesis we deal with the problem of the sterilisation service configuration within a hospital network. Two alternatives are considered: (1) each hospital in the network maintains its sterilisation service in-house; (2) a central sterilisation service ensures this function for all the hospitals of the network. This decision is based on a location-allocation model of the sterilisation service. A multi-period mixed integer linear program (MILP) is proposed to find the best configuration of the sterilisation service (centralised vs. distributed), the best location and the best capacity of the centralised sterilisation service. The model is formulated, a solution method is proposed and computational results are presented.

---

**KEY WORDS:** Decision making, sterilisation, internalisation/externalisation/networking, location-allocation, MILP.

---