

Vers la mutualisation des services de stérilisation hospitalière : modélisation mathématique et approche de résolution

HOUDA TLAHIG^{1,2}, AIDA JEBALI¹, HANEN BOUCHRIHA¹, PIERRE LADET²

¹ Département Génie Industriel, Ecole Nationale d'Ingénieurs de Tunis, B.P 37- le Belvédère- 1002 Tunis.

² GIPSA-Lab, Département Automatique INPG/ENSIEG B.P 46, Rue de la Houille Blanche 38402 St Martin d'Hères-France.

Houda.Tlahig@gipsa-lab.inpg.fr, Aida.Jebali@enit.rnu.tn, Hanen.Bouchriha@enit.rnu.tn, Pierre.Ladet@inpg.fr

Résumé— 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 », « faire-faire » ou « faire avec » est, en effet, l'une des plus sensibles en matière de logistique hospitalière. Nous nous intéressons, dans ce travail, au problème de configuration du service de stérilisation dans le cadre d'un réseau d'hôpitaux. Nous étudions le choix entre internalisation (faire) ou mutualisation (faire-ensemble) de ce service. Nous formulons ce problème sous forme d'un modèle mathématique de localisation-allocation et nous proposons une approche pour le résoudre.

Mots clés— Réseau d'hôpitaux, stérilisation, mutualisation, localisation-allocation, transfert de ressources, MILP.

I. INTRODUCTION

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 [1]. Les établissements hospitaliers cherchent aujourd'hui des stratégies de gestion innovatrices dans l'objectif de réduire les coûts et d'améliorer notamment la rentabilité et l'efficacité. Parmi ces stratégies, nous citons l'externalisation des activités logistiques.

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 précisons ici qu'une réflexion sur l'organisation d'une activité donnée doit considérer les trois possibilités suivantes : (1) internalisation (faire) en assurant l'activité par les ressources propres à l'établissement ; (2) externalisation (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 santé.

Dans la littérature, peu de travaux ont abordé jusqu'ici la question d'externalisation du service de stérilisation au sein d'un établissement de santé. Nous distinguons essentiellement

deux approches : l'approche basée sur les études qualitatives (point de vue des pharmaciens) à travers des descriptions des pratiques [3], [4], [5], [6], [7], [8], [9], et l'approche basée sur des analyses de coût (point de vue des gestionnaires) qui consiste essentiellement en des évaluations économiques du coût de la stérilisation en interne [1], [10], [11].

Dans ce travail, nous nous intéressons à la question de choix entre internalisation ou mutualisation du service de stérilisation au sein d'un réseau d'établissements de santé. Nous formulons ce problème sous forme d'un programme mathématique de localisation-allocation qui prend en compte le dimensionnement de ressources (programme linéaire mixte) et nous proposons une approche pour le résoudre.

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 Service de Stérilisation Mutualisé (SSM). Cette décision est prise pour l'ensemble des Dispositifs Médicaux Stériles (DMS) utilisés par l'hôpital (internalisation ou mutualisation totale).

Ce papier est organisé en trois parties. Dans la première partie, nous présentons une description du problème de choix entre internalisation ou mutualisation du service de stérilisation au sein d'un réseau d'établissements de santé que nous formulons sous forme d'un modèle mathématique de localisation-allocation dans la deuxième partie. Dans la troisième partie, nous présentons notre approche de résolution et en conclusion, nous exposons une synthèse de notre travail et quelques perspectives de recherche.

II. DESCRIPTION DU PROBLEME

Nous considérons un réseau d'hôpitaux composé de N établissements hospitaliers pour lesquels il serait intéressant de regrouper leurs services de stérilisation au niveau d'un seul site mutualisé. Celui-ci peut être localisé au sein de l'un des hôpitaux du réseau ou aussi au niveau d'un nouveau site de stérilisation qui 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 (autoclave, infirmières...) à ce service. 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.

Notre problème laisse poser les questions suivantes :

- Quelle est la configuration optimale du service de stérilisation 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 ?

Nous considérons que les hôpitaux du réseau sont affectés à un seul service de stérilisation mutualisé (SSM) qui peut être localisé au niveau de l'un des hôpitaux du réseau ou bien au niveau d'une entité indépendante (un nouveau site à installer). Nous considérons un horizon de décision stratégique de l'ordre de cinq ans. Les demandes des différents hôpitaux en DMS sont supposées variables au cours de cet horizon. Nous nous basons sur l'historique des hôpitaux pour déterminer et prévoir ces demandes.

Le transport des DMS depuis le service de stérilisation mutualisé vers les différents hôpitaux est assuré par le service de stérilisation en utilisant des véhicules et des armoires de transport spécifiques (qui garantissent la stérilité des dispositifs médicaux lors de leur transport et manipulation). Une fois traités, les dispositifs médicaux sont transférés vers les différents hôpitaux où ils seront stockés en attente de leur utilisation. Nous considérons ainsi qu'il n'y a pas stockage au niveau du SSM.

Si l'alternative « mutualisation » est retenue par le modèle, l'ensemble ou une partie de l'ensemble des ressources disponibles au niveau des hôpitaux du réseau est transféré 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 sur d'autres services de l'hôpital [12].

III. APPROCHE PROPOSEE

Le problème de choix entre maintenir un service de stérilisation au sein de chaque établissement de santé ou mutualiser le service de stérilisation pour un ensemble d'établissements de santé revient à un problème de localisation-allocation. Ainsi, nous proposons un modèle mathématique qui considère les différents aspects de configuration, de localisation et de dimensionnement en même temps.

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 comprend 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 évaluer les paramètres de la configuration « mutualisation ». Ainsi, nous estimons par exemple les éléments de coût (coût fixe, coût variable, etc.) en fonction desquels notre décision sera prise. Ces paramètres seront ensuite injectés dans le modèle mathématique et serviront d'éléments de données pour celui-ci. 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, etc.). A partir de cette configuration, des nouveaux éléments de coût sont définis et réinjectés dans le modèle mathématique.

Notre approche sera réitérée 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 présentée par la figure 1.

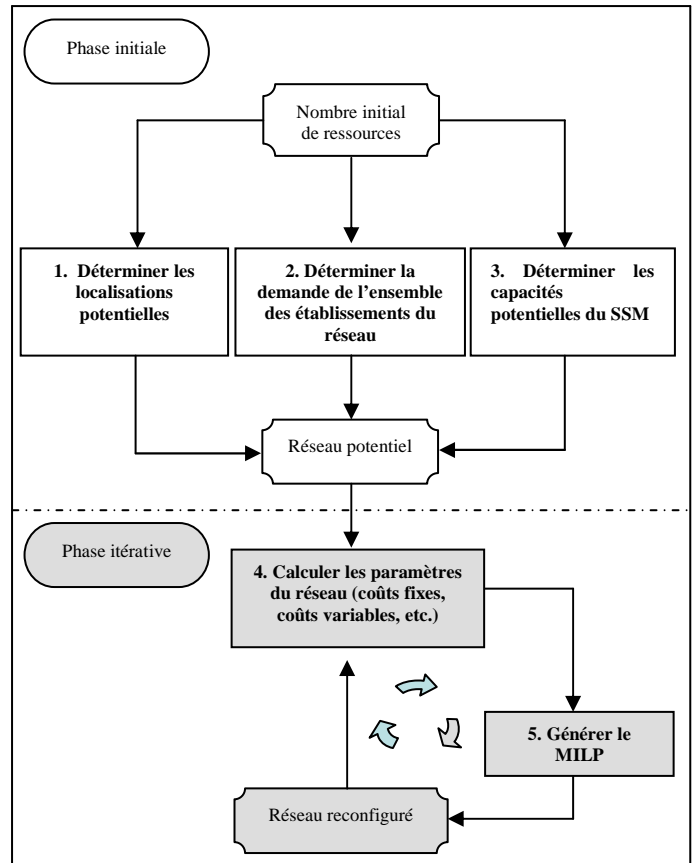


Figure 1. Approche pour le choix internalisation/mutualisation

IV. 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 supposons 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 ce problème sous forme d'un programme linéaire mixte (modèle mathématique multi-périodes, multi-produits). 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.

4.1. Hypothèses

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),
- Nous considérons un seul SSM,

- Les coûts de transport sont considérés variables et dépendent de la localisation à choisir,
- Le transport des DMS est assuré par le SSM,
- Nous distinguons entre ressources humaines et matérielle 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. Pour les ressources humaines, ce coût n'est pas fonction de la distance et représente 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 à ce stade 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 de l'horizon,
- La décision de mutualisation de la stérilisation est une décision prise par tous les hôpitaux du réseau considéré,
- Nous considérons que les stocks de début de période sont nuls,
- Nous ne considérons pas le stock au niveau du SSM. En effet, une fois traités, les DMS sont transférés et stockés au niveau de leurs établissements d'origine,
- Nous considérons d'abord deux gammes de produits selon le conditionnement utilisé : sachet et paquet.
- Nous définissons ensuite un produit par une boîte par type d'intervention chirurgicale.

4.2. Les indices et les ensembles

Nous considérons les indices suivants dans la formulation mathématique du problème de choix entre internalisation ou mutualisation totale des services de stérilisation au sein d'un réseau d'établissements de santé.

$H = \{H1, H2...HN\} = \{\text{hôpitaux du réseau considéré}\}$,

$S = \{H1, H2...HN+M\} = \{\text{localisations potentielles du SSM}\}$,

i : indice relatif à un hôpital du réseau, $i=1...N$,

j : indice relatif à une localisation possible du SSM, $j=1...N+M$,

p : indice relatif à un produit donné, $p=1...P$,

t : indice relatif à une période de temps, $t=1...T$,

r : indice relatif à un type de ressource matérielle, $r=1...R$,

w : indice relatif à un type de ressource humaine, $w=1...W$.

4.3. Les données

Nous définissons dans ce qui suit les données du modèle ainsi que leur unité de mesure.

$C_{trans,p,i,j,t}$	coût de transport moyen d'un produit $p, p=1...P$, depuis un hôpital considéré $i, i=1...N$, vers le SSM $j, j=1...N+M$, durant la période $t, t=1...T$, (euro/m ³).
$CAPV$	capacité de transport d'un véhicule (nombre de produits).
$Q_{r,i}$	quantité initiale de ressources matérielles type $r, r=1...R$, disponible au niveau de l'hôpital $i, i=1...N$, (nombre).
$Q_{w,i}$	nombre initiale de ressources humaines type $w, w=1...W$, disponible au niveau de l'hôpital $i, i=1...N$, (nombre).
$D_{p,i,t}$	demande de l'hôpital $i, i=1...N$, pour le produit $p, p=1...P$, pendant la période $t, t=1...T$, (nombre de produits).
$CV_{p,j,t}$	coût variable de stérilisation du produit $p, p=1...P$, au niveau du SSM $j, j=1...N+M$, pendant la période $t, t=1...T$, (euro/unité de produit).
$CVH_{p,i,t}$	coût variable de stérilisation du produit $p, p=1...P$, en interne au niveau de l'hôpital $i, i=1...N$, durant la période $t, t=1...T$, (euro/unité de produit).
$CS_{p,i,t}$	coût unitaire de possession de stock du produit $p, p=1...P$, au niveau de l'hôpital $i, i=1...N$, pendant la période $t, t=1...T$, (euro/unité de stock.unité de période).
$CF_{j,t}$	coût fixe de stérilisation au niveau du SSM $j, j=1...N+M$,

	pendant la période $t, t=1...T$, (euro).
$CFH_{i,t}$	coût fixe de stérilisation en interne au niveau de l'hôpital $i, i=1...N$ pendant la période $t, t=1...T$, (euro).
$CT_{r,i,j,t}$	coût de transfert d'une unité de ressource matérielle type $r, r=1...R$, depuis l'hôpital $i, i=1...N$, vers le SSM $j, j=1...N$, pendant la période $t, t=1...T$, (euro).
$CT_{w,i,j,t}$	coût de transfert d'une unité de ressource humaine type $w, w=1...W$, depuis l'hôpital $i, i=1...N$, vers le SSM $j, j=1...N$, pendant la période $t, t=1...T$, (euro).
CAV_t	coût d'acquisition d'un véhicule pendant la période $t, t=1...T$, (euro).
$IO_{p,i}$	stock de début de période du produit $p=1...P$, au niveau de l'hôpital $i, i=1...N$, (nombre).
$IS_{p,i,t}$	stock de sécurité du produit $p, p=1...P$, au niveau de l'hôpital $i, i=1...N$, à la fin de la période $t, t=1...T$, (nombre).
$CAP_{r,i}$	capacité de la ressource matérielle type $r, r=1...R$, au niveau de l'hôpital $i, i=1...N$, (unité de temps).
$CAP_{w,i}$	capacité de la ressource humaine type $w, w=1...W$, au niveau de l'hôpital $i, i=1...N$, (unité de temps).
$\delta_{p,i}$	= 1 si le produit $p, p=1...P$, est demandé par l'hôpital $i, i=1...N$, 0 sinon.
$b_{w,i,t}$	coût de redéploiement d'une ressource humaine type $w, w=1...W$, au niveau de l'hôpital $i, i=1...N$, durant la période $t, t=1...T$, (euro).
$b_{r,i,t}$	coût de redéploiement d'une ressource matérielle type $r, r=1...R$, au niveau de l'hôpital $i, i=1...N$, durant la période $t, t=1...T$, (euro).
$v_{r,i,t}$	coût de vente d'une ressource matérielle type $r, r=1...R$, disponible au niveau de l'hôpital $i, i=1...N$, pendant la période $t, t=1...T$, (euro).
$\lambda_{r,p}$	nombre d'unités de temps sur la ressource matérielle type $r, r=1...R$, nécessaires pour produire une unité du produit $p, p=1...P$ (unité de temps).
$\lambda_{w,p}$	nombre d'unités de temps que met la ressource humaine type $w, w=1...W$, pour produire une unité du produit $p, p=1...P$, (unité de temps).
cap_r	capacité de la ressource matérielle type type $r, r=1...R$, (unité de temps).
cap_w	capacité de la ressource humaine type $w, w=1...W$, (unité de temps).

4.4. 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 $i, i=1...N$, pendant la période $t, t=1...T$. 0 sinon.
$Y_{i,j,t}$	= 1 si l'hôpital $i, i=1...N$, est affecté au SSM localisé au site $j, j=1...N+M$, pendant la période $t, t=1...T$. 0 sinon.
$X_{p,i,j,t}$	quantité du produit $p, p=1...P$, stérilisée pour le compte de l'hôpital $i, i=1...N$, au niveau du SSM $j, j=1...N+M$, pendant la période $t, t=1...T$.
$XH_{p,i,t}$	quantité du produit $p, p=1...P$, stérilisée en interne au niveau de l'hôpital $i, i=1...N$, pendant la période $t, t=1...T$.
$I_{p,i,t}$	stock du produit $p, p=1...P$, au niveau de l'hôpital $i, i=1...N$, à la fin de période $t, t=1...T$.
$TR_{r,i,j,t}$	quantité de ressources matérielles de type $r, r=1...R$, transférées de l'hôpital $i, i=1...N$, vers le SSM $j, j=1...N+M$ au début de la période $t, t=1...T$.
$TR_{w,i,j,t}$	nombre de ressources humaines type $w, w=1...W$, transférées de l'hôpital $i, i=1...N$, vers le SSM $j, j=1...N+M$, au début de la période $t, t=1...T$.
$VR_{r,i,j,t}$	quantité de ressources matérielles type $r, r=1...R$, nécessaire au niveau du SSM $j, j=1...N+M$, et provenant de l'hôpital $i, i=1...N$, pendant la période $t, t=1...T$.
$VR_{w,i,j,t}$	nombre de ressources humaines type $w, w=1...W$, nécessaire au niveau du SSM $j, j=1...N+M$, et provenant de l'hôpital $i, i=1...N$, pendant la période $t, t=1...T$.
$AV_{j,t}$	nombre de véhicule à acquérir au niveau du SSM $j, j=1...N+M$, pendant la période $t, t=1...T$.
$CAP_{trans,j,t}$	capacité de transport totale du SSM $j, j=1...N+M$, pendant la période $t, t=1...T$.
$CAP_{r,j,t}$	capacité du SSM $j, j=1...N+M$, pour la ressource matérielle

- $CAP_{w,j,t}$: type $r, r=1...R$, pendant la période $t, t=1...T$.
capacité du SSM $j, j=1...N+M$, pour la ressource humaine type $w, w=1...W$, pendant la période $t, t=1...T$.
 $N_{r,i,t}$: quantité de ressources matérielles type $r, r=1...R$, à vendre au niveau de l'hôpital $i, i=1...N$, au début de la période $t, t=1...T$.
 $N_{w,i,t}$: nombre de ressources humaines type $w, w=1...W$, à redéployer au niveau de l'hôpital $i, i=1...N$, au début de la période $t, t=1...T$.

4.5. 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 (véhicule pour le transport, etc.) et du coût de transfert de ressources existantes (autoclave, infirmière, etc.) depuis les hôpitaux vers le SSM. Nous considérons également les coûts de vente des ressources matérielles non utilisés et les coûts de redéploiement des ressources humaines sur les autres services existants au niveau de l'hôpital.

Nous formulons cet objectif sous forme d'un programme linéaire en nombres mixtes modélisé comme suit :

$$\text{Min} \sum_{t=1}^T \left[\sum_{j=1}^{N+M} \sum_{p=1}^P C_{trans} \cdot X_{p,i,j,t} + \sum_{i=1}^N \sum_{p=1}^P (CVH_{p,i,t} \cdot XH_{p,i,t} + CFH_{i,t} \cdot Z_{i,t}) \right. \\ \left. + \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^{N+M} \sum_{p=1}^P (CV_{p,i,t} \cdot X_{p,i,j,t} + CF_{j,t} \cdot Y_{i,j,t} / N) + \sum_{i=1}^N \sum_{p=1}^P CS_{p,i,t} \cdot I_{p,i,t} + \sum_{j=1}^{N+M} CAV_j \cdot AV_{j,t} \right. \\ \left. + \sum_{w=1}^W \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^{N+M} (CT_{w,i,j,t} \cdot TR_{w,i,j,t} - b_{w,i,t} \cdot N_{w,i,t}) + \sum_{r=1}^R \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^{N+M} [CT_{r,i,j,t} \cdot TR_{r,i,j,t} - (b_{r,i,t} + v_{r,i,t}) \cdot N_{r,i,t}] \right]$$

4.6. Les contraintes

$$Z_{i,t} + \sum_{j=1}^{N+M} Y_{i,j,t} = I \quad \forall i=1...N, \forall t=1...T \quad (1)$$

Ces contraintes sont relatives au choix de l'internalisation ou de la mutualisation au niveau d'un SSM commun pour l'ensemble des hôpitaux du réseau. Ces contraintes expriment également que chaque hôpital du réseau est affecté à un seul service de stérilisation.

$$Y_{i,j,t} \leq Y_{i,j,t+k} \quad \forall j=1...N+M, \forall i=1...N, \forall t=1...T, \forall k=1...T-t \quad (2)$$

Les contraintes (2) expriment que si l'alternative mutualisation est choisie pendant la période t , alors cette décision doit être maintenue pour le reste des périodes de l'horizon considéré.

$$Y_{i,j,t} \leq Y_{i,j,t} \quad \forall j=1...N+M, \forall t=1...T, \forall i=1...N, \forall t' = 1...N/t' \neq t \quad (3)$$

Par ces contraintes, nous tenons compte du fait qu'un seul SSM doit être considéré et que par la suite tous les hôpitaux du réseau doivent être affectés au même service de stérilisation commun.

$$\sum_{p=1}^P \sum_{i=1}^N \delta_{p,i} \cdot X_{p,i,j,t} \leq CAP_{trans} \quad \forall j=1...N+M, \forall t=1...T \quad (4)$$

Ces contraintes expriment que les quantités stérilisées au niveau du service de stérilisation mutualisé et transportées vers les différents hôpitaux du réseau sont limitées par la capacité de transport disponible au niveau de ce service pendant chaque période.

$$\sum_{i=1}^N \sum_{p=1}^P X_{p,i,j,t} \cdot \lambda_{r,p} \leq CAP_{r,j,t} \quad \forall j=1...N+M, \forall t=1...T, \forall r=1...R \quad (5. i)$$

$$\sum_{i=1}^N \sum_{p=1}^P X_{p,i,j,t} \cdot \lambda_{w,p} \leq CAP_{w,j,t} \quad \forall j=1...N+M, \forall t=1...T, \forall w=1...W \quad (5. ii)$$

$$\sum_{r=1}^R \sum_{p=1}^P XH_{p,i,t} \cdot \lambda_{r,p} \leq CAP_{r,i} \quad \forall i=1...N, \forall r=1...R \quad (5'. i)$$

$$\sum_{r=1}^R \sum_{p=1}^P XH_{p,i,t} \cdot \lambda_{w,p} \leq CAP_{w,i} \quad \forall i=1...N, \forall w=1...W \quad (5'. ii)$$

Les contraintes (5. i) et (5. ii) expriment que si l'alternative "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, exprimée respectivement en ressources matérielles et ressources humaines. Les contraintes (5'. i) et (5'. ii) expriment la même chose dans le cas de l'alternative "internalisation".

$$X_{p,i,j,t} \leq HV \cdot Y_{p,i,j,t} \quad \forall i=1...N, \forall j=1...N+M, \forall p=1...P, \forall t=1...T \quad (6)$$

$$XH_{p,i,t} \leq HV \cdot Z_{p,i,t} \quad \forall i=1...N, \forall p=1...P, \forall t=1...T \quad (6')$$

La stérilisation d'un produit p est effectuée au niveau du SSM si et seulement si l'alternative "mutualisation" est retenue pour ce produit par le modèle (contraintes 6). Les contraintes (6') sont équivalentes à (6) dans le cas où l'internalisation est la solution retenue. HV étant un nombre très grand.

$$I_{p,i,t} = I_{p,i,t-1} + XH_{p,i,t} + \sum_{j=1}^{N+M} X_{p,i,j,t} - D_{p,i,t} \quad \forall i=1...N, \forall t=2...T, \forall p=1...P / \delta_{p,i} = 1 \\ I_{p,i,t} = I_{0,p,i} + XH_{p,i,t} + \sum_{j=1}^{N+M} X_{p,i,j,t} - D_{p,i,t} \quad \forall i=1...N, \forall p=1...P / \delta_{p,i} = 1 \quad (7)$$

Les contraintes (7) 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.

$$I_{p,i,t} \geq IS_{p,i,t} \cdot \delta_{p,i} \quad \forall i=1...N, \forall t=1...T, \forall p=1...P \quad (8)$$

Des contraintes supplémentaires sont rajoutées sur l'état des stocks stériles de fin de période en les fixant au moins égales à un niveau de stock de sécurité (contraintes 8).

$$CAP_{r,j,t} = \sum_{i=1}^N cap_r \cdot VR_{r,i,j,t} \quad \forall j=1...N+M, \forall t=1...T, \forall r=1...R \quad (9. i)$$

$$CAP_{w,j,t} = \sum_{i=1}^N cap_w \cdot VR_{w,i,j,t} \quad \forall j=1...N+M, \forall t=1...T, \forall w=1...W \quad (9. ii)$$

Par les contraintes (9. i) et (9. ii), nous exprimons que la capacité du SSM 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.

$$CAP_{trans} = CAPV \cdot \sum_{k=1}^I AV_{j,k} \quad \forall j=1...N+M \quad (10)$$

Les contraintes (10) expriment la capacité de transport en fonction du nombre des véhicules acquis.

$$Q_{r,i}^0 \geq \sum_{t=1}^T \sum_{j=1}^{N+M} (TR_{r,i,j,t} + N_{r,i,t}) \quad \forall i=1...N, \forall r=1...R \quad (11. i)$$

$$Q_{r,i}^0 \leq \sum_{t=1}^T \sum_{j=1}^{N+M} (TR_{r,i,j,t} + N_{r,i,t} + HV \cdot (I - Y_{i,j,t})) \quad \forall i=1...N, \forall r=1...R$$

$$Q_{w,i}^0 \geq \sum_{t=1}^T \sum_{j=1}^{N+M} (TR_{w,i,j,t} + N_{w,i,t}) \quad \forall i=1...N, \forall w=1...W \quad (11. ii)$$

$$Q_{w,i}^0 \leq \sum_{t=1}^T \sum_{j=1}^{N+M} (TR_{w,i,j,t} + N_{w,i,t} + HV \cdot (I - Y_{i,j,t})) \quad \forall i=1...N, \forall w=1...W$$

Ces contraintes expriment que la quantité initiale d'un type de ressource matérielle au niveau d'un hôpital du réseau est égale la somme des ressources transférées sur le SSM et des ressources à vendre (11. i). Les mêmes contraintes sont écrites pour les ressources humaines (11. ii). HV étant un nombre très grand.

$$TR_{r,i,t+1} \leq Q_{r,i}^0 \cdot (Y_{i,j,t+1} - Y_{i,j,t}) \quad \forall t=1...T, \forall j=1...N+M, \forall i=1...N, \forall r=1...R$$

$$TR_{r,i,j,t} \leq Q_{r,i}^0 \cdot Y_{i,j,t} \quad \forall j=1...N+M, \forall i=1...N, \forall r=1...R$$

$$N_{r,i,t+1} \leq Q_{r,i}^0 \cdot \sum_{j=1}^{N+M} (Y_{i,j,t+1} - Y_{i,j,t}) \quad \forall t=1...T, \forall i=1...N, \forall r=1...R \quad (12. i)$$

$$N_{r,i,t} \leq Q_{r,i}^0 \cdot \sum_{j=1}^{N+M} Y_{i,j,t} \quad \forall i=1...N, \forall r=1...R$$

$$\begin{aligned}
TR_{w_i,j,t+1} &\leq Q_{w_i}^0 \cdot (Y_{i,j,t+1} - Y_{i,j,t}) \quad \forall t = 1..T, \forall j = 1..N+M, \forall i = 1..N, \forall w = 1..W \\
TR_{w_i,j,t} &\leq Q_{w_i}^0 \cdot Y_{i,j,t} \quad \forall j = 1..N+M, \forall i = 1..N, \forall w = 1..W \\
N_{w_i,j,t+1} &\leq Q_{w_i}^0 \cdot \sum_{j=1}^{N+M} (Y_{i,j,t+1} - Y_{i,j,t}) \quad \forall t = 1..T, \forall i = 1..N, \forall w = 1..W \\
N_{w_i,j,t} &\leq Q_{w_i}^0 \cdot \sum_{j=1}^{N+M} Y_{i,j,t} \quad \forall i = 1..N, \forall w = 1..W
\end{aligned} \tag{12. ii}$$

Ces contraintes expriment que si l'alternative « mutualisation » est retenue pendant la période t alors le transfert de ressources nécessaires au niveau du SSM et la vente de ressources non utilisées doivent se faire de façon statique et en une seule fois durant cette période. Ces contraintes sont exprimées respectivement pour les ressources matérielles (12. i) et humaines (12. ii).

$$\begin{aligned}
VR_{r,i,j,t} &\geq VR_{r,i,j,t+k} - HV \cdot (1 - Y_{i,j,t}) \quad \forall t = 1..T, \forall i = 1..N, \forall r = 1..R, \forall j = 1..N+M, \forall k = 1..T-t \\
VR_{r,i,j,t} &\leq VR_{r,i,j,t+k} \quad \forall t = 1..T, \forall i = 1..N, \forall r = 1..R, \forall j = 1..N+M, \forall k = 1..T-t
\end{aligned} \tag{13. i}$$

$$\begin{aligned}
VR_{w_i,j,t} &\geq VR_{w_i,j,t+k} - HV \cdot (1 - Y_{i,j,t}) \quad \forall t = 1..T, \forall i = 1..N, \forall w = 1..W, \forall j = 1..N+M, \forall k = 1..T-t \\
VR_{w_i,j,t} &\leq VR_{w_i,j,t+k} \quad \forall t = 1..T, \forall i = 1..N, \forall w = 1..W, \forall j = 1..N+M, \forall k = 1..T-t
\end{aligned} \tag{13. ii}$$

Le transfert de ressources matérielles (13. i) et humaines (13. 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. HV étant un nombre très grand.

$$\begin{aligned}
VR_{r,i,j,t+1} &\geq TR_{r,i,j,t+1} \quad \forall t = 1..T-1, \forall i = 1..N, \forall r = 1..R, \forall j = 1..N+M \\
VR_{r,i,j,t+1} &\leq TR_{r,i,j,t+1} + HV \cdot (1 - (Y_{i,j,t+1} - Y_{i,j,t})) \quad \forall t = 1..T-1, \forall i = 1..N, \forall r = 1..R, \forall j = 1..N+M \\
VR_{r,i,j,t} &\geq TR_{r,i,j,t} \quad \forall i = 1..N, \forall r = 1..R, \forall j = 1..N+M \\
VR_{r,i,j,t} &\leq TR_{r,i,j,t} + HV \cdot (1 - Y_{i,j,t}) \quad \forall i = 1..N, \forall r = 1..R, \forall j = 1..N+M
\end{aligned} \tag{14. i}$$

$$\begin{aligned}
VR_{w_i,j,t+1} &\geq TR_{w_i,j,t+1} \quad \forall t = 1..T-1, \forall i = 1..N, \forall w = 1..W, \forall j = 1..N+M \\
VR_{w_i,j,t+1} &\leq TR_{w_i,j,t+1} + HV \cdot (1 - (Y_{i,j,t+1} - Y_{i,j,t})) \quad \forall t = 1..T-1, \forall i = 1..N, \forall w = 1..W, \forall j = 1..N+M \\
VR_{w_i,j,t} &\geq TR_{w_i,j,t} \quad \forall i = 1..N, \forall w = 1..W, \forall j = 1..N+M \\
VR_{w_i,j,t} &\leq TR_{w_i,j,t} + HV \cdot (1 - Y_{i,j,t}) \quad \forall i = 1..N, \forall w = 1..W, \forall j = 1..N+M
\end{aligned} \tag{14. ii}$$

Ces contraintes expriment les quantités de ressources disponibles au niveau du SSM en fonction de quantités transférées à partir des hôpitaux affectés à celui-ci.

$$VR_{r,i,j,t} \leq Q_{r,i}^0 \cdot Y_{i,j,t} \quad \forall t = 1..T, \forall j = 1..N+M, \forall i = 1..N, \forall r = 1..R \tag{15. i}$$

$$VR_{w_i,j,t} \leq Q_{w_i}^0 \cdot Y_{i,j,t} \quad \forall t = 1..T, \forall j = 1..N+M, \forall i = 1..N, \forall w = 1..W \tag{15. ii}$$

Des ressources provenant des hôpitaux du réseau sont disponibles au niveau du SSM si et seulement si l'alternative « mutualisation » est retenue.

$$\begin{aligned}
Y_{i,j,t} &\in \{0, 1\} \quad \forall i = 1..N, \forall j = 1..N+M, \forall t = 1..T \\
Z_{i,t} &\in \{0, 1\} \quad \forall i = 1..N, \forall t = 1..T
\end{aligned} \tag{16}$$

Les variables binaires (contraintes 16) sont relatives au choix de la décision « internalisation » ou « mutualisation » et à l'affectation des hôpitaux du réseau au SSM.

$$\begin{aligned}
X_{p,i,j,t} &\geq 0 \quad \forall i = 1..N, \forall j = 1..N+M, \forall p = 1..P, \forall t = 1..T \\
XH_{p,i,t} &\geq 0 \quad \forall i = 1..N, \forall p = 1..P, \forall t = 1..T \\
I_{p,i,t} &\geq 0 \quad \forall i = 1..N, \forall p = 1..P, \forall t = 1..T \\
TR_{r,i,j,t} &\geq 0 \quad \forall i = 1..N, \forall j = 1..N, \forall r = 1..R, \forall t = 1..T \\
TR_{w_i,j,t} &\geq 0 \quad \forall i = 1..N, \forall j = 1..N, \forall w = 1..W, \forall t = 1..T \\
VR_{r,i,j,t} &\geq 0 \quad \forall i = 1..N, \forall j = 1..N, \forall r = 1..R, \forall t = 1..T \\
VR_{w_i,j,t} &\geq 0 \quad \forall i = 1..N, \forall j = 1..N, \forall w = 1..W, \forall t = 1..T \\
AV_{j,t} &\geq 0 \quad \forall j = 1..N, \forall t = 1..T \\
CAP_{r,i,t} &\geq 0 \quad \forall j = 1..N+M, \forall r = 1..R, \forall t = 1..T \\
CAP_{w_i,j,t} &\geq 0 \quad \forall j = 1..N+M, \forall w = 1..W, \forall t = 1..T \\
N_{r,i,t} &\geq 0 \quad \forall i = 1..N, \forall r = 1..R, \forall t = 1..T \\
N_{w_i,j,t} &\geq 0 \quad \forall i = 1..N, \forall w = 1..W, \forall t = 1..T \\
CAPtrans_{j,t} &\geq 0 \quad \forall j = 1..N+M, \forall t = 1..T
\end{aligned} \tag{17}$$

Pour (17), il s'agit des contraintes relatives au signe des variables de décision.

V. EXPERIMENTATION ET RESULTATS

Pour tester le modèle proposé nous utilisons le solveur CPLEX 9.1 sur une machine Pentium IV, 3.0 GHz. 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 en considérant un horizon de planification stratégique de l'ordre de quelques années. Le premier exemple est construit sur la base d'une étude de cas d'un hôpital Français. 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 1.

	# Périodes ¹	# Hôpitaux du réseau	# Produits
Exemple N° 1	5	3	2 gammes (sachet ou paquet)
Exemple N° 2	3	6	2 gammes (sachet ou paquet)
Exemple N° 3	5	6	2 gammes (sachet ou paquet)
Exemple N° 4	5	10	2 gammes (sachet ou paquet)
Exemple N° 5	5	6	100 boîtes (chaque boîte correspond à une intervention chirurgicale)
Exemple N° 6	5	10	300 boîtes (chaque boîte correspond à une intervention chirurgicale)
Exemple N° 7	5	3	100 boîtes (chaque boîte correspond à une intervention chirurgicale)

Tableau 1. Exemples considérés dans la validation du modèle de choix entre internalisation ou mutualisation

Les résultats obtenus pour les différents exemples de problèmes que nous avons testés montrent l'intérêt de l'alternative « mutualisation » de point de vue gain en ressources et donc gain en coût total. Les configurations retenues, les localisations du SSM et les gains en ressources matérielles (RM) et en ressources humaines (RH) pour les différents exemples sont représentés par le tableau 2.

Exemple	Meilleure configuration	Gain en RM (%)	Gain en RH (%)
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 2. Configuration retenue et gains en ressources

¹ La période considérée est de l'ordre de l'année

Le modèle proposé est toutefois 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. Les résultats obtenus pour chaque exemple sont rapportés dans le tableau 3. 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.

Exemple	# itérations	# branches	# contraintes	# variables	CPU (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
5	1217913	2009	75321	29250	54850
6	2712366	1355	189321	83250	75366
7	53513	37	9735	24882	1281

Tableau 3. Complexité relative aux exemples considérés

Pour réduire cette complexité, nous avons proposé trois méthodes de résolution :

- *Une approche heuristique basée sur la décomposition du problème initiale en un problème de configuration-localisation et un problème de dimensionnement.* Dans le premier modèle nous cherchons à trouver la meilleure configuration et la localisation optimale du SSM. Ce modèle nous permet de calculer les quantités de DMS à produire pour le compte de tout le réseau. Ces quantités représentent les données du deuxième modèle : modèle de dimensionnement. Celui-ci permet d'ajuster les capacités aux quantités à produire et donc dimensionner le SSM. Les nouvelles capacités seront injectées dans le premier modèle, celui-ci de nouveau généré et l'approche réitérée jusqu'à convergence (la configuration obtenue ne change plus) [13].
- *La génération de coupes au niveau du modèle initial.* Ceci consiste à ajouter des contraintes supplémentaires qui permettent d'approcher les solutions réalisables à valeurs entières sans les écarter du domaine des solutions réalisables. Dans notre cas, nous ajoutons des contraintes relatives au nombre minimal de ressources nécessaires pour satisfaire la demande totale du réseau.
- *La modification des paramètres de résolution au niveau du solveur CPLEX.* En effet, certaines coupes peuvent être générées automatiquement en changeant les paramètres de résolution du solveur.

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 V. 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 4 rapporte les temps de calcul (CPU) en secondes obtenus pour le cas du groupe 5 (exemple 5) en fonction de la méthode de résolution utilisée.

La première ligne (CLEX 9.1) correspond à la résolution du modèle intégré par le solveur CPLEX 9.1. La deuxième ligne (Paramètres modifiés) correspond à la résolution avec les nouveaux paramètres de CPLEX. La troisième ligne (Coupes) donne les temps de résolution lorsque les nouvelles coupes sont introduites dans le modèle intégré et enfin la dernière ligne (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.

Les résultats obtenus montrent que le modèle proposé 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 aussi l'intérêt de la méthode de coupes et de la modification des paramètres de CPLEX. Ceci est justifié par 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.

Coefficient demande		1,0	0,5	0,7	1,1	1,5
Groupe N°1	CPLEX 9.1	54850	12708	17230	4302	42923
	Paramètres modifiés	2454	501	812	508	513
	Coupes	719	78	389	230	74
	Décomposition	53219	159	17101	4210	103

Tableau 4. Temps de résolution des approches proposées en fonction de la variation de la demande en DMS (exemple 5)

VI. CONCLUSION

Dans ce travail, nous avons étudié le problème de choix de la meilleure configuration du service de stérilisation au sein d'un réseau d'établissements de santé. Nous avons proposé une modélisation mathématique de la décision de choix entre internalisation ou mutualisation de ce service. Ce problème est formulé sous forme d'un modèle de localisation-allocation-dimensionnement. Ce modèle a été testé pour différents exemple pseudo-réels. Les résultats obtenus montrent l'intérêt de la configuration mutualisation selon le critère coût mais notre modèle s'avère complexe en termes de temps de résolution. Pour résoudre la complexité du modèle, nous proposons trois méthodes de résolution que nous testons pour l'ensemble des exemples considérés et pour différents coefficients de la demande. La comparaison de ces trois méthodes montre l'intérêt de la méthode de génération de coupes dans la réduction du temps de calcul.

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. et de proposer un modèle d'optimisation multi-objectifs qui intègre l'ensemble de ces critères. Une autre perspective intéressante serait de généraliser le modèle mathématique proposé pour d'autres activités susceptibles d'être mutualisées.

VII. REFERENCES

- [1] D. Giarraputo, « In-house versus off-site sterilization » *Hospital Material Management*, 2, pp.49-55, 1990.
- [2] J. Van de Klundert, Ph. Muls, M. Schadd, «Optimizing sterilization logistics in hospitals». *Health Care Management Science*, 11, 1, pp.23-33, 2006.
- [3] F. Levrat, « 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, 2003.

- [4] E. Bardet, « Externalisation de la stérilisation: conditions de mise en œuvre, avantages et inconvénients » *Mémoire de diplôme de docteur en pharmacie*, Ecole Nationale de Santé Publique, 2003.
- [5] V. Bernard, P. Lacroix, « Restructuration d'un service de stérilisation dans le cadre d'une démarche qualité », *Ingénierie Biomédicale*, 2001.
- [6] A. J. Gallousis et al, « The central sterile supply-operating room connection, *Hospital Material Management Quarterly* 12, 2, p.20, 1990.
- [7] S. Saizy-Callaert, F. Berthet, L. Gagnaire, R. Causse, A. Thébault, « la sous-traitance en stérilisation : quelle convention pour la coopération entre établissements ? » *Techniques hospitalières*, 672, pp.53-57, 2006.
- [8] D. Alméras, K. Dufeu, B. Edouard, « sous-traitance d'une activité de stérilisation hospitalière, exemple de l'hôpital d'instruction ds armés Percy » *Médecine et armées*, 2006.
- [9] Ph. Benoit, E. Bucquet, M. D. Lecolier, J. C. Willemin, Optimisation des horaires d'ouverture d'une stérilisation, *Techniques Hospitalières*, 693, pp.49-53, 2005.
- [10] C. Chenaille, E. Cauchetier, A. Salierno, J.M. Descoutures, « l'externalisation de la stérilisation des dispositifs médicaux : un réel intérêt économique » *revue de l'adpho*, tome 31,1, pp. 65-76, 2006.
- [11] M. Carbonnel, F. Samdjee, « Combien coûte la stérilisation ? Application de la méthode ABC au centre hospitalier de Versailles » *Dossier Stérilisation*, pp. 44-48, 2005.
- [12] H. Tlahig, A. Jebali, H. Bouchriha, P. Ladet, « Centralized Versus Distributed Sterilization Service: A Location-Allocation Decision Model ». *International Conference on Information Systems, Logistics and Supply Chain – ILS'08*, Madison-WI, U.S.A, 2008.
- [13] H. Tlahig, H. Bouchriha, A. Jebali, P. Ladet (2009), « Une approche heuristique pour l'aide au 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.