

Analyse des coopérations logistiques dans les réseaux de soins : cas de la centralisation de l'approvisionnement

IMENE ELHACHFI ESSOUSSI¹, PIERRE LADET²

^{1,2} Gipsa-lab- ENSIEG - INPG-Domaine Universitaire - BP46
38402 Saint Martin d'Hères- France

imene.elhachfi@yahoo.fr , Pierre.ladet@inpg.fr

Résumé — Nous nous proposons d'étudier ici un cas de figure de coopération logistique entre offreurs de soins dans le cadre de l'approvisionnement centralisé en fournitures médicales (médicaments, dispositifs stériles, pansements...) au sein d'un réseau de centres de soins. Nous explicitons ce principe d'approvisionnement en réseau et nous analysons les apports de ce schéma de coopération logistique selon une démarche d'optimisation multicritères qui intègre simultanément les problèmes de localisation-affectation et de gestion des stocks. Une procédure de résolution à trois temps est proposée.

Mots clés - logistique hospitalière, coopération, réseau de soins, centralisation des stocks, analyse multicritères.

I. INTRODUCTION

Depuis une vingtaine d'années, le système de soins français subit une remise en cause profonde de son organisation par l'effet conjugué de plusieurs facteurs. La recomposition de l'offre de soins en France a été stimulée en particulier par les trois ordonnances du 24 avril 1996 instaurant une nouvelle architecture de l'offre de soins [1].

En conséquence, le paysage hospitalier en France se dresse aujourd'hui sous une forme de plus en plus réticulaire, réseau de soins centré sur le patient et dont la coopération entre offreurs de soins devient la pierre angulaire. C'est dans ce sens que les notions de partage, de mutualisation ou de regroupement de ressources prennent toute leur ampleur.

Ainsi, le réseau de soins peut être défini comme l'adjonction de plusieurs établissements de soins (publics/privés) dans différentes relations de coopération qui portent sur plusieurs aspects du processus de production des soins gérées par un ensemble de contrats. Épaulés par les TIC, les établissements de soins sortent de leurs murs pour aller vers des actions collectives qui mettent en œuvre un partage de ressources humaines et matérielles en vue de rationaliser l'offre des services, d'éliminer les chevauchements, de réduire la fragmentation, d'améliorer l'efficacité et la cohérence du système de soins [2]. Ainsi, chaque établissement de soins peut être décrit par « un nœud de contrats ». Il devient donc une unité économique de coordination cherchant à atteindre un ensemble d'objectifs partagés par les membres participants.

Mahyaoui [1] mentionne qu'une revue de la pratique des coopérations sanitaires en France montre l'importance des coopérations logistiques dont 60% portent sur la gestion en commun du matériel, 25% sur la mutualisation du personnel et 15% sur la gestion des services. Ainsi, ces nouveaux groupements d'offeurs de soins nécessitent comme toute autre structure émergente, une démarche de rationalisation qui prend en compte les caractéristiques de ces systèmes afin de mieux

répondre aux exigences de productivité, de qualité et de coûts imposées par leurs tutelles.

Cependant, la recherche d'une intégration des fonctions logistiques via la notion de partage de ressources (matérielles et humaines) à travers les différents maillons d'un réseau de soins s'avère assez problématique en comparaison avec les systèmes manufacturiers à cause de la complexité particulière du réseau de soins.

Marcon [3] affirme que cette complexité provient du fait que ces systèmes reposent sur des ressources humaines possédant un pouvoir décisionnel important sans oublier la grande diversité et les gros volumes des équipements et de fournitures médicales à gérer et le caractère névralgique liée au processus même de production de soins.

Nous portons notre réflexion sur l'étude de différents schémas d'approvisionnement coopératifs dans un réseau de soins et nous analysons leurs apports potentiels.

Dans ce qui suit, nous présentons une revue de littérature sur les tendances actuelles d'intégration de la chaîne logistique hospitalière et plus généralement sur les problématiques de centralisation et de partage des stocks. Ensuite, nous développons une approche d'analyse bi-critères d'une configuration centralisée d'approvisionnement d'un réseau de soins et nous explicitons les futures extensions de cette recherche.

II. REVUE DE LA LITTÉRATURE

La revue des pratiques en matière de coopération logistique entre offreurs de soins montre de nouvelles tendances vers l'intégration de la fonction logistique tout au long du réseau et ce, à travers des structures d'approvisionnement coordonnées allant de la centralisation totale des stocks jusqu'à l'externalisation et l'impartition totale à des fournisseurs extra-hospitaliers. Cette dernière tendance est assez pratiquée aux Etats-Unis sous le nom de *stockless* [4].

Parmi les exemples illustratifs de ces démarches d'approvisionnement coopératives dans les réseaux de soins, nous citons l'exemple de huit hôpitaux zurichois qui en 2004 ont décidé de se regrouper en réseau afin de concevoir une solution d'approvisionnement commune et centrale. Celles-ci englobent entre autres l'achat stratégique à partir d'un catalogue d'articles, la communication électronique avec les fournisseurs ainsi qu'une réception centrale de la marchandise. Humbel *et al.*, [5] rapportent que grâce à cette coopération les hôpitaux comptent réaliser au moins 5% d'économies sur l'achat de produits médicaux ainsi que sur les processus de commande et de logistique y afférents. Dans le même temps, il est prévu de libérer des ressources (locaux, personnels) pour d'autres objectifs et d'éliminer la duplication des tâches.

Cependant, la plupart des études portant sur les coopérations logistiques dans les réseaux de soins sont descriptives et rares, celles qui ont été dédiées à des analyses robustes sur l'apport de telles configurations.

Néanmoins, l'étude de la problématique de régionalisation des banques de sang présente certaines similitudes avec notre problématique mais sur un produit unique. Cette problématique repose la question du partage d'une ressource critique qui est le sang entre plusieurs hôpitaux d'une région afin de garantir un certain niveau d'équité dans l'approvisionnement en sang entre eux. Plusieurs recherches ont été alors initiées. Or *et al.*, [6] ont développé un modèle combiné de localisation-affectation et de transport de poches de sang dans un système centralisé de gestion des stocks. Jennings [7,8] a développé un modèle de simulation afin d'analyser un système mutualisé de gestion des poches de sang. Il a considéré un groupe d'hôpitaux identiques sans pourtant considérer un stock central et a étudié l'impact de la variation des règles d'échange de stocks entre les hôpitaux et les politiques de gestion sur le nombre de ruptures et d'expirations.

Hammami [9] souligne que la reconfiguration du schéma d'approvisionnement dans le contexte réseau nécessite un certain nombre de décisions dont certaines relèvent du choix de la structure optimale du réseau (en nombre de points de stockage, capacités de chaque point, affectation de chaque point de stockage à un ensemble de points de demande), d'autres relèvent de décisions d'ordre opérationnel (la définition des règles de partage et de redistribution des stocks, la planification des tournées de livraisons, la gestion des péremptions et des retours).

Ainsi, les recherches sur les apports de la mutualisation des stocks et la gestion des risques couramment appelée « *risk pooling* » peuvent être divisées selon deux axes :

Le premier axe s'attache à la conception optimale du réseau de distribution et étudie les effets des aspects localisation et affectation. Eppen [10], a utilisé un modèle de voyageur de commerce et montré que le coût total pour une gestion centralisée des stocks est plus avantageux qu'un système décentralisé. En effet, le coût d'un système décentralisé augmente linéairement avec le nombre des dépôts (m) alors que les coûts prévus pour un système centralisé croissent en \sqrt{m} .

Chen *et al.*, ont approuvé les résultats de Eppen et ont montré leur validité même pour les demandes ayant des distributions différentes de la loi normale à condition de remplacer les coûts de transport et de gestion de stocks par des fonctions concaves [11]. Mahmoud a étudié l'impact de la localisation des stocks sur un système centralisé à travers l'évaluation de différents scénarii pour une consolidation optimale des stocks [12].

Schwarz a développé un certain nombre de modèles afin de capturer l'interaction entre le stock et sa localisation [13]. Dans tous ces cas, il s'agit de repenser la structure du réseau ce qui a donné naissance à tout le panel des problèmes de localisation et d'allocation des installations « *location-allocation facilities* » et les problèmes combinés de gestion de stock et de localisation et d'affectation qui cherchent à reconfigurer le réseau tout en prenant en compte simultanément les aspects tactiques et stratégiques.

Le deuxième axe suppose par contre une structure figée du réseau et s'adresse plutôt à l'étude des règles de partage de stock entre les membres du réseau qui gardent leurs propres stocks. Le réseau est contrôlé par un pivot qui dicte ces règles de partage et de redistribution des stocks selon l'état des stocks

au niveau de chaque partenaire (rupture, excès). Ceci a donné naissance aux problèmes de « *latéral transshipment* » ([14], [15], parmi tant d'autres...).

Les problèmes d'optimisation du processus de production de soins engendrent souvent des objectifs divergents tels que le rapport entre la minimisation des coûts et l'assurance d'une grande qualité au client qui conditionne l'image de l'établissement de soins. Ainsi, les outils de prise de décision multicritères semblent être bien appropriés à ce genre de contexte. Parmi ces outils nous citons en particulier la méthode AHP « *Analytic Hierarchy Process* » développée en 1980 par Thomas Saaty [9]. L'application de la méthode AHP se fait à 2 niveaux : la structure hiérarchique et l'évaluation.

Les décideurs peuvent rassembler les critères qualitatifs et quantitatifs dans la structure hiérarchique. La méthode intègre l'opinion et l'évaluation des gestionnaires, et décompose le problème de décision à multicritères en un système des hiérarchies [9].

Liberatore *et al.*, [17] confirment que cette méthode semble être un outil très prometteur pour les problèmes de : prise de décision partagée entre les patients et les professionnels de santé, évaluation et sélection des thérapies, choix et l'implémentation de diverses stratégies de production de soins. Les auteurs présentent ainsi une revue de 50 articles dans lesquels cette approche a été appliquée répertoriés selon 7 catégories: le choix de diagnostic, les problèmes de participation du patient, le choix de thérapie, la transplantation des organes, l'évaluation des projets et des technologies, la planification des ressources humaines, l'évaluation des politiques de santé [17].

III. MODELISATION

A. Principe de l'approvisionnement centralisé

Dans le cadre de cet article, nous nous limitons à évaluer le cas d'une centralisation de la fonction approvisionnement dans un réseau de soins en maintenant une structure hiérarchique (voir figure 1).

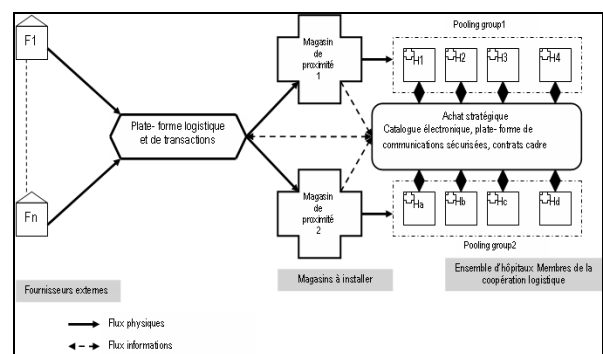


Figure 1 : Exemple d'un schéma d'approvisionnement centralisé d'un réseau de soins

Dans ce cas de figure, la coopération logistique entre les hôpitaux du réseau se fait par le biais d'une plate-forme logistique centrale qui représente le seul interlocuteur du réseau avec ses fournisseurs. Ainsi, un achat regroupé pour l'ensemble des hôpitaux se fait via cette plate-forme qui pour servir les demandes de chaque hôpital utilise un ensemble de magasins de proximité avec affectation à chacun d'un groupe d'hôpitaux.

Notons que la plate-forme en question ne maintient pas longtemps les stocks et joue plutôt le rôle d'un *cross dock*. Les magasins de proximité quant à eux maintiennent les stocks et les livrent directement aux départements des hôpitaux (clients). L'intégration de l'ensemble des fonctions logistiques des acteurs d'un tel réseau est complexe. En effet, elle sollicite une interaction entre plusieurs décisions d'ordres différents (stratégique, tactique, opérationnel) tel que le choix d'un degré de centralisation ou la détermination du nombre et de la localisation des différents magasins, l'affectation des hôpitaux (points de demande) à chaque magasin et l'optimisation des paramètres de gestion des stocks au niveau de chaque site afin de réduire les ruptures et les péremptions (rappelons que la plupart des fournitures médicales appartiennent à la classe des produits périssables).

B. Hypothèses du modèle

Nous considérons dans un premier temps un modèle mono-période et mono-produit. Nous supposons que la localisation de la plate-forme logistique est donnée. Cette plate-forme logistique ne maintient pas de stocks et les dispatche aux dépôts de proximité aussitôt reçus. Les magasins de proximité par contre maintiennent des stocks et s'approvisionnent à partir de la plate-forme selon une politique d'approvisionnement périodique (r_i, Q_i) , avec un délai d'approvisionnement $L_i > 0$.

Entre autres, on suppose que la demande agrégée au niveau de chaque hôpital suit une loi normale de densité de probabilité $f(\cdot)$ et on admet qu'il n'y a pas une corrélation entre les demandes des différents hôpitaux qui ferait que leurs variances seraient additives.

Nous suggérons par ailleurs que chaque type de produit a une durée de vie fixe (m). Au-delà de cette durée la validité du produit non utilisé est dépassée et le produit doit être déposé avec un coût unitaire. Nous admettons que les stocks proviennent de la plate-forme logistique « à l'état frais ». Il n'y a pas d'expiration durant L_i et chaque magasin utilise une politique « *FIFO* » pour la rotation des stocks. Chaque demande non satisfaite est retardée.

Et nous imposons le cas d'un « *mono-sourcing* », c'est-à-dire que la demande d'un hôpital doit être totalement satisfaite par un seul magasin et l'échange de stocks entre sites n'est pas permis.

C. Paramètres du modèle

1. Données du modèle

I: ensemble des dépôts de proximité à établir dans le réseau, $i = 1, \dots, n$

J: ensemble des hôpitaux dans le réseau d'approvisionnement, $j = 1, \dots, m$

C_i : coût de maintien d'un dépôt au niveau de l'hôpital i [euros/unité produit];

O_i : coût opérationnel par unité de produit encourus au niveau du dépôt i (correspond surtout aux coûts de conditionnement, de manutention... dans le dépôt) [euros/unité produit];

H_i : coût de possession de stock au niveau du dépôt i en euros/an;

A_i : coût fixe de commande au niveau du dépôt i [euros];

CAP_i : capacité de stockage au niveau du dépôt i ;

d_{ij} : distance en km entre le dépôt i et l'hôpital j auquel il est affecté;

d_j : la demande agrégée à l'hôpital j qui doit être satisfaite par le réseau d'approvisionnement, elle suit une loi normale de moyenne D_j et d'écart type σ_j , de fonction de densité $g(\cdot)$ et de fonction de répartition $G(\cdot)$;

T : coût de transport d'une unité/km;

P_i : coût de péremption d'une unité de produit au dépôt i [euros/unité produit];

B_i : coût de rupture d'une unité de produit au dépôt i [euros/unité produit];

EOC_i : nombre d'expirations par cycle au niveau du dépôt i ;

ESC_i : Nombre de ruptures par cycle d'approvisionnement au niveau du dépôt i ;

ECT_i : longueur d'un cycle d'approvisionnement

L_i : délai de livraison au dépôt i , variable déterministe et positive;

m : durée de validité du produit, $m > L_i$;

α_{ij} : matrice de couverture;

$$\alpha_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{si le magasin de proximité peut desservir un hôpital } j \\ 0 & \text{sinon} \end{cases}$$

2. Variables de décision

δ_i : variable de localisation d'un dépôt au site i .

$$\delta_i = \begin{cases} 1 & \text{si un dépôt est actif au site } i \\ 0 & \text{sinon} \end{cases}$$

X_{ij} : nombre d'unités livrées du dépôt i à l'hôpital j , si l'hôpital j est affecté à l'entrepôt i ;

Q_i : quantité de commande au niveau du dépôt i ;

r_i : point de commande au niveau du dépôt i ;

3. Calcul de quelques paramètres

Pour chaque dépôt de proximité et sur le cycle d'approvisionnement, on introduit les paramètres suivants:

S_i : ensemble des hôpitaux affectés au magasin de proximité i

$K_i = \sum_{j \in S_i} D_j$: moyenne de la demande journalière totale au

niveau du magasin de proximité i .

$\sigma_i = \sum_{j \in S_i} \sqrt{\sigma_j^2}$: écart type de la demande totale au niveau du

dépôt de proximité i .

Et sur un cycle d'approvisionnement au niveau du magasin i , ces paramètres s'écrivent:

$\mu_{xi} = K_i \cdot L_i$: moyenne de la demande totale au niveau du magasin de proximité i durant L_i .

$\sigma_{xi} = (\sigma_i^2 \cdot L_i)^{\frac{1}{2}}$: écart type de la demande totale au niveau du magasin de proximité i durant L_i .

ECT_i : longueur du cycle d'approvisionnement

Pour des demandes retardées, la longueur du cycle d'approvisionnement est:

$$ECT_i \approx \frac{Q_i - EOC_i}{K_i}$$

ESC_i : Nombre de ruptures par cycle d'approvisionnement au niveau du magasin i , pour une variable aléatoire discrète et non négative s'exprime comme suit:

$$ESC_i = \int_{r_i}^{\infty} (x - r_i) g_{L_i}(x) dx ;$$

$g_{L_i}(x)$ est la fonction de densité de probabilité de la demande totale sur L_i au niveau du magasin i .

EOC_i : nombre d'expirations par cycle au niveau du magasin de proximité i pour un ordre d'approvisionnement de taille Q_i . Selon Chiu [16] ce nombre peut être calculé approximativement comme suit :

$$EOC_i = \int_0^{r_i+Q_i} (r_i+Q_i-x) g_{L_i+m}(x) dx - \int_0^{r_i} (r_i-x) g_{L_i+m}(x) dx$$

$g_{L_i+m}(x)$ étant la fonction de densité de probabilité de la demande totale sur la durée (L_i+m) au niveau du magasin i .

D. Fonction objectif

Il s'agit de minimiser le coût total du système et d'améliorer le temps de réponse du réseau. L'optimisation envisagée est donc multi critères (qualité / coût).

1. Minimiser le coût total annuel du réseau d'approvisionnement = coût d'établissement des dépôts de proximité + coût de commande + coût opérationnel et de gestion des stocks + coût de transport, de rupture et de péremption.

- coût total d'ouverture des magasins de proximité = $\sum_i C_i \delta_i$
- coût opérationnel total au niveau des magasins de proximité $i = \sum_i \sum_j O_i X_{ij}$
- coût total de transport des magasins de proximité i vers les hôpitaux $j = \sum_i \sum_j T \cdot d_{ij} X_{ij}$
- coût annuel de passage de commandes à la plate forme central = $\sum_i 365 \frac{A_i}{ECT_i}$
- coût total de possession des stocks au niveau des magasins = $\sum_i H_i \left(\frac{Q_i}{2} + (r_i - \mu_{xi}) \right)$
- coût total de péremption au niveau des magasins = $\sum_i \frac{1}{ECT_i} P_i EOC_i$
- coût total de rupture au niveau des magasins = $\sum_i \frac{1}{ECT_i} B_i ESC_i$

2. Maximiser la réactivité du réseau

Ceci revient en d'autres termes à minimiser le nombre de produits par km pour la totalité du réseau donnée par l'expression suivante :

$$\text{Produit. km} = \sum_i \sum_j d_{ij} X_{ij} \quad (1)$$

Il s'agit donc d'augmenter la réactivité du réseau par l'implantation de magasins de proximité qui permettent de réduire les délais de livraison et de faciliter la réponse du réseau en chaque zone de demande face aux aléas (large épidémie, attaque terroriste, catastrophe naturelle, ...). Ceci nécessite bien sûr la mise en place d'un dispositif de gestion collaboratif dans le cadre d'une plate-forme commune

reposant sur un outil centralisé d'informations remontées du terrain de chaque département des hôpitaux membre du réseau (voir figure (1)).

E. Les contraintes

- la demande de chaque hôpital devrait être complètement satisfaite par le magasin auquel il est affecté. Afin d'être plus réaliste, on impose un taux de service de 95%. Cela se traduit par l'addition de $2\sigma_j$ à la demande (voir la contrainte (3) du sous-problème (1)).

$$\sum_i X_{ij} \cdot \chi_{ij} = D_j + 2\sigma_j, \forall j$$

- chaque magasin établi ne peut pas livrer plus que sa capacité (voir contrainte (4) du sous problème (1)).

$$\sum_j D_j \cdot \chi_{ij} \leq CAP_i \cdot \delta_i, \forall i$$

- le point de commande au niveau de chaque magasin établi doit être supérieur ou égal à la demande moyenne durant le délai de livraison L_i , ceci permet d'avoir un stock de sécurité positif (Voir contrainte (7) du sous-problème (2)).

$$r_i \geq \mu_{xi}, \forall i$$

- la quantité de commande doit être positive quand un ordre de réapprovisionnement est placé au niveau de chaque magasin établi (Voir contrainte (8) du sous-problème (2)).

$$Q_i \geq 0, \forall i$$

IV. DEMARCHE DE RESOLUTION

Afin de résoudre le problème dans sa totalité en respect aux deux critères de minimisation du coût total et de l'amélioration de la réactivité envisagés pour le nouveau schéma d'approvisionnement du réseau de soins, on propose de suivre une démarche à trois étapes (voir figure 2).

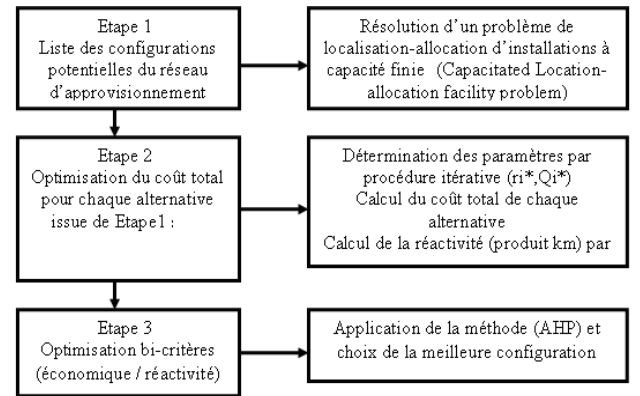


Figure 2 : Résumé de la procédure de résolution

A. 1ère Etape : recherche d'une configuration initiale

Dans la première étape, nous allons déterminer une structure initiale du réseau et ce à travers une énumération des différentes configurations potentielles en favorisant plutôt le maintien des magasins de proximité. Nous supposons que la matrice de couverture de chaque hôpital pour un magasin est donnée. Nous relaxant ici la contrainte du « mono-sourcing ».

Il reste à déterminer où localiser ces magasins. Ceci permet de réduire la taille du problème pour la deuxième étape.

Nous formulons ainsi un modèle linéaire mixte à variables entières analogue à un problème de localisation à capacité finie. Ce modèle a été implémenté sous CEPLEX 9.0.

Sous-Problème 1 :

$$\text{Min } Z_1 = \sum_i C_i \delta_i + \sum_i \sum_j O_i X_{ij} + \sum_i \sum_j T d_{ij} X_{ij} \quad (2)$$

Sous contraintes :

$$\sum_i X_{ij} \chi_{ij} = D_j + 2\sigma_j, \quad \forall j \quad (3)$$

$$\sum_j D_j \chi_{ij} \leq CAP_i \delta_i, \quad \forall i \quad (4)$$

$$\delta_i, \chi_{ij} \in \{0,1\} \quad (5)$$

B. 2ème Etape : affinement de la reconfiguration

La configuration obtenue à la première étape nous permet de construire un ensemble d'alternatives en ré imposant le critère de *mono-sourcing* (i. e chaque hôpital ne peut être servi que par un seul magasin). Ces alternatives représentent toutes les combinaisons possibles de dépôts locaux et d'hôpitaux (zones de demandes) en respectant les limitations d'affectation de chaque dépôt à un ensemble donné d'hôpitaux définis par la matrice de couverture α_{ij} .

Il s'agit d'affiner la configuration du réseau en intégrant les paramètres de gestion des stocks et l'aspect de périssabilité des produits. Il s'agit de déterminer pour chaque alternative générée les paramètres (r_i^*, Q_i^*) "optimaux" pour chaque magasin établi afin de pouvoir calculer ensuite le coût total engendré par chaque alternative. Il faut noter que les paramètres (r_i^*, Q_i^*) seront déterminés par une procédure itérative jusqu'à convergence vers un coût minimal au niveau du magasin considéré.

Dans cette étape on calcule en parallèle pour chaque alternative la réactivité du système exprimée par l'équation (1).

1. Sous-problème 2 :

Pour chaque alternative issue de l'étape 1, on résout le problème d'optimisation suivant :

$$\text{Min } Z_2(Q_i, r_i) = \sum_i \left[\frac{1}{ECT_i} (365A_i + P_i EOC_i + B_i ESC_i) + H_i \left\{ \frac{Q_i}{2} + (r_i - \mu_{xi}) \right\} + \left(\sum_{j \in S_i} 365T D_j d_{ij} \right) + C_i + O_i K_i \right] \quad (6)$$

Sous contraintes :

$$r_i \geq \mu_{xi}, \quad (7)$$

$$Q_i \geq 1, \quad (8)$$

2. Procédure itérative de résolution

Nous proposons une démarche itérative qui peut être implémentée sous le solveur d'Excel. En effet, le coût total pour chaque alternative est fonction des deux paramètres (r_i, Q_i) dont il est impossible de déterminer simultanément. Cependant, en annulant la dérivée première de la fonction coût

total par rapport à Q_i puis à r_i nous pouvons les déterminer respectivement en suivant l'algorithme ci-dessous :

- Etape 1 : Introduire les données initiales du problème (paramètres de coût...). Fixer un degré de tolérance DGT qui limite l'écart entre deux solutions consécutives. La condition d'arrêt est tel que $|Z_2(Q_1, r_1) - Z_2(Q_0, r_0)| < DGT$. Fixer le nombre d'itérations N.

- Etape 2 : Commencer par une solution initiale $Q_0 = EOQ = \sqrt{\frac{2K_i A_i}{H_i}}$, utiliser ensuite, la dérivée première de $Z_2(Q_i, r_i)$ par rapport à r_i donnée par l'équation (9) pour calculer une valeur initiale r_0 .

$$\frac{K_i}{(Q_i + ESC_i - EOC_i)^2} [G_{L_i+m}(r_i + Q_i) - G_{L_i+m}(r_i)] + \frac{K_i}{(A_i + B_i ESC_i + P_i EOC_i) + (Q_i + ESC_i - EOC_i)} \{B_i [G_{L_i}(r_i) - 1] + P_i [G_{L_i+m}(r_i + Q_i) - G_{L_i+m}(r_i)]\} + H_i = 0 \quad (9)$$

- Etape3 : Pour $i \leq N$ faire étapes 4-6.
- Etape4 : Résoudre l'équation (10) obtenue par dérivation de la fonction coût total par rapport à Q_i en injectant la valeur de r_0 . On note la nouvelle valeur obtenue Q_1 .

$$\frac{-K_i}{(Q_i + ESC_i - EOC_i)^2} [1 - G_{L_i+m}(r_i + Q_i)] + \frac{K_i}{(A_i + B_i ESC_i + P_i EOC_i) + (Q_i + ESC_i - EOC_i)} \{P_i \cdot G_{L_i+m}(r_i + Q_i)\} + \frac{1}{2} H_i = 0 \quad (10)$$

- Etape5 : utiliser Q_1 pour résoudre à nouveau l'équation (9) une nouvelle valeur r_1 est obtenue.
- Etape 6 : Si $|Z_2(Q_1, r_1) - Z_2(Q_0, r_0)| < DGT$, alors STOP. Mettre $i = i + 1$; $Q_0 = Q_1$; $r_0 = r_1$. Sinon, refaire la boucle.

C. 3ème Etape : choix de la configuration « optimale »

Dans la troisième étape, comme on cherche une optimisation bi-critères, on propose d'appliquer la méthode AHP « *Analytic Hierarchy Process* ». Cette approche nous permet de choisir la meilleure alternative qui performe simultanément par rapport aux deux critères : coût total et réactivité. Afin d'établir les matrices de comparaisons des alternatives par paire selon chaque critère, le gestionnaire hospitalier doit intervenir pour accorder à chaque critère un poids.

V. CONCLUSION

Dans cet article nous avons présenté une analyse des relations de coopérations logistiques dans les réseaux de soins, notamment la centralisation des stocks. Une modélisation mathématique ainsi qu'une procédure de résolution à trois étapes ont été proposées. Le modèle général intègre l'aspect de la périssabilité des produits. Ce premier modèle est en cours de validation sur un scénario académique représentant un réseau à quatre hôpitaux. La prise en compte de plusieurs types de fournitures médicales constitue la prochaine étape de notre recherche.

En effet, la prise en considération d'un modèle multi-produit nous permettra de savoir pour quels types de produits une telle démarche de centralisation sera la plus avantageuse. Entre autres, nous envisageons de tester l'effet de la variation de plusieurs paramètres (la taille du réseau, la taille des demandes, les coûts, les distances,...) sur la cohérence de notre modèle.

VI. REFERENCES

- [1] Mahyaoui, Y. (2003) : Etude juridico-économique de la contractualisation des systèmes de soins. Thèse systèmes de soins hospitaliers, université Paris VII.
- [2] Gadreau, M., D. Jaffre et D. Lanciau : La recomposition en réseaux du système hospitalier : Entre contraintes, contrats et conventions. (GRES), LATEC – CNRS – Université de Bourgogne.
- [3] Marcon,E. (2004) Dimensionnement des ressources des plateaux médico-techniques des établissements hospitaliers : Une étude bibliographique et quelques perspectives de recherche. APII-JESA.
- [4] Rivard-Royer, H., S. Landry et M. Beaulieu (2001) : Stockless hybride : Une étude de cas. Cahier de recherche HEC, no 01-05.
- [5] Humbel, G., O., Tschudi (2005) : Les directeurs d'hôpitaux misent sur l'approvisionnement en ligne. *Clinicum*, 5, 60-63.
- [6] Or, I. et W. P., Pierskalla (1979): A transportation location allocation model for regional blood banking. *AIIE transactions*, v 11, 86-94.
- [7] Jennings, J (1970): Inventory control in regional blood banking systems. Technical report n°53, operations research center, MIT.
- [8] Jennings, J (1973): Blood bank inventory control. *Management science*, 19, 637-645.
- [9] Hammami, A. (2003) : Modélisation technico-économique d'une chaîne logistique dans une entreprise réseau. Thèse université Laval-Canada.
- [10] Eppen, G. D. (1979): Effects of centralization on expected costs in a multi-location newsboy problem. *Management Science*, 25,498-501.
- [11] Chen, M.S., et Lin C.T. (1989): Effects of centralization in a multi location newsboy problem. *Journal of the operational research society*, 40, 597-602.
- [12] Mahmoud, M. M. (1992): Optimal inventory consolidation schemes: a portfolio effect analysis. *Journal of Business Logisrics*, 13, 193-214.
- [13] Schwarz, L. B. (1981): Physical distribution: the analysis of inventory and location. *AZZE Transactions*, 13, 138-150.
- [14] Chang, P., et Lin, C. T. (1991): On the effect of centralization on expected costs in a multi-location newsboy problem. *Journal of the Operational Research Society*, 42, 1025-1030.
- [15] Tagaras, G. (1989): Effects of pooling on the optimization and service levels of two-location inventory systems. *ZZE Transactions*, 21, 251-257.
- [16] Chiu, H.N. (1995): An approximation to the continuous review inventory model with perishable items and lead times. *EJOR*, 87, 93-108.
- [17] Liberatore, M.J., et Nydick, R.L. (2008): The analytic hierarchy process in medical and health care decision making: A literature review. *EJOR*, Vol 189, 194-207.