

# Optimisation de la logistique des produits immunisants

ALEXANDRE J. LAUZON, ÉLISABETH BUSSIÈRES, MARCELO CABRAL ET DIANE RIOPEL

C.I.R.R.E.L.T. et DÉPARTEMENT DE MATHÉMATIQUES ET GÉNIE INDUSTRIEL, ÉCOLE POLYTECHNIQUE DE MONTRÉAL

C.P. 6079, Succursale Centre-ville, Montréal, Québec, Canada, H3C 3A7

{alexandre-jean.lauzon, elisabeth.bussiere, marcelo.cabral, diane.riopel}@polymtl.ca

---

**Résumé** - Ce travail de recherche a permis de proposer une gestion logistique appropriée pour des produits immunisants (centralisée versus décentralisée) et ainsi d'analyser les meilleures pratiques logistiques à l'aide d'un modèle d'optimisation du transport et d'un modèle de gestion des stocks. Le projet fut réalisé en collaboration avec le Centre de santé et de services sociaux et l'Institut universitaire de gériatrie de Sherbrooke au Québec (CSSS-IUGS).

**Abstract** - The research work allowed an overview of the most appropriate logistic model for immunizing products (centralized or decentralized), and a review of the best practices in logistic using optimization model for transport, as well as stock management model. The project was done in collaboration with the Health and Social Service Centre-University Institute of Geriatrics of Sherbrooke, Québec (CSSS-IUGS) and The Public Health Department of the Eastern Townships.

**Mots clés** - logistique, produits immunisants, centralisation, analyse de réseau.

**Keywords** - logistic, vaccination products, centralization, network analysis.

---

## 1 INTRODUCTION

La logistique telle que nous l'envisageons maintenant ne cesse d'élargir ses horizons et devient plus que jamais une pierre angulaire de nos services de soins de santé. La santé et la sécurité populationnelle nécessitent des actions logistiques pour les assurer. Un des éléments centraux qui a permis à nos populations d'augmenter sa qualité de vie et se prémunir de plusieurs maladies est évidemment la vaccination.

Ce travail de recherche permet de proposer une gestion logistique appropriée pour des produits immunisants (centralisée versus décentralisée) et ainsi d'analyser les meilleures pratiques logistiques à l'aide d'un modèle d'optimisation du transport et d'un modèle de gestion des stocks. Le projet fut réalisé en collaboration avec l'Institut universitaire de gériatrie de Sherbrooke (CSSS-IUGS) au Québec.

Les vaccins sont très fragiles et une panoplie de règles doivent être respectées afin de les garder en bon état. La plupart des vaccins doivent être gardés à une température adéquate tout au long de la chaîne logistique. Sans cela, les vaccins deviennent inefficaces et ne protègent plus. Les cas de pandémie demandent une gestion très serrée des vaccins et il en est de même pour plusieurs autres cas où les vaccins entrent en jeu. La logistique de tous ces produits est donc très importante, des procédures précises et efficaces doivent être respectées.

Bien que la logistique de ces produits soit critique, très peu de recherches sur le terrain ont été menées. Nous proposons donc un modèle à la fois qualitatif et quantitatif permettant d'analyser la logistique des produits immunisants.

Dans ce travail, il est question de revoir toute cette logistique des vaccins. Le projet fut réalisé à Sherbrooke et concerne le Centre de santé et de services sociaux - Institut universitaire de gériatrie de Sherbrooke (CSSS-IUGS), qui comprend des Centres locaux de services communautaires (CLSC) et des centres d'hébergement, ainsi que la Santé Publique de l'Estrie.

Le CSSS-IUGS a été officiellement créé en février 2005. Il emploie environ 2 500 personnes, dont une centaine de médecins et cela dans onze établissements différents. Parmi ceux-ci, on retrouve cinq CLSC, un centre de maternité, quatre

centres d'hébergement et de soins de longue durée ainsi qu'un édifice administratif. Dans deux des quatre centres d'hébergement, on retrouve aussi des centres hospitaliers dédiés à la population de Sherbrooke. Parmi les services qui sont offerts par le CSSS-IUGS, un de ceux-ci est la vaccination. Le CSSS-IUGS a mandaté notre équipe de recherche pour revoir la logistique des vaccins.

La problématique est née des difficultés éprouvées au CSSS-IUGS de Sherbrooke lors de la gestion de la logistique de leurs produits immunisants, c'est-à-dire l'ensemble des activités liées à l'approvisionnement, l'entreposage et le transport. À la suite d'un événement coûteux, qui a occasionné la perte de plusieurs dizaines de doses de vaccins, l'établissement souhaitait mettre en place un système qui permettrait une meilleure gestion des vaccins et réduirait ainsi le risque de pertes de produits. La centralisation de leur logistique était au cœur des discussions. Cet événement soulève beaucoup de questions en relation avec les procédures qui sont en place.

Outre cet événement majeur, la direction entrevoyait d'autres pratiques problématiques, en outre, une rotation des stocks déficiente, de nombreux retours de produits périmés ou ayant subi un bris de la chaîne de froid, un manque de connaissance des procédures de la part des employés impliqués. Le système d'information en place ne permettait pas d'identifier la provenance des commandes, ni la consommation des différents produits par site.

La revue de littérature a mis en évidence les normes et pratiques importantes à suivre pour l'atteinte de l'objectif. Par la suite, des visites furent effectuées dans les différents établissements. Des données furent collectées sur le terrain et bon nombre de données statistiques furent extraites des systèmes d'information de la Santé Publique. Ces données ont permis de bien cibler la situation problématique. De plus, un modèle d'optimisation du transport fut adapté à la réalité logistique du CSSS-IUGS afin d'orienter l'élaboration des trois scénarios d'amélioration : le statu quo amélioré, la centralisation partielle des produits et la centralisation totale des produits.

Le scénario sélectionné fut développé, permettant d'élaborer un modèle optimisé de transport, un modèle mathématique de gestion des stocks et de détermination des quotas des stocks minimaux et, finalement, des recommandations liées aux meilleures pratiques furent proposées.

## 2 REVUE DE LITTÉRATURE

Cinq sujets comportent des normes et procédures à suivre. Ces thèmes soumis à des règles sont les vaccins, les réfrigérateurs, les retours de produits, les transports et l'entretien des réfrigérateurs.

### 2.1 Vaccins

Le premier point est relié directement aux vaccins. D'après le « Guide des normes et pratiques de gestion des vaccins » (Alain, 1999), les vaccins sont des produits qui doivent toujours être conservés entre 2 et 8°C. Que ce soit au cours du transport, durant l'entreposage ou au cours des manipulations, les personnes utilisant ces produits se doivent de prendre les mesures appropriées pour respecter cet intervalle de température. Si cette condition n'est pas suivie, les conséquences sont les suivantes :

- l'efficacité des vaccins est réduite;
- les échecs vaccinaux sont plus nombreux;
- la confiance de la population et des professionnels de la santé est réduite à l'égard de la vaccination.

Il est recommandé (DCMSSSQ, 2009) de sortir les vaccins du réfrigérateur seulement pour leur utilisation immédiate. La préparation des seringues à l'avance est aussi déconseillée, car peu de données sur la stabilité des vaccins dans les différents types de seringues sont disponibles. De plus, il y a des dangers de contamination, d'erreur dans l'administration et de pertes de produits (DCMSSSQ, 2009). Les produits immunisants doivent toujours être protégés de la lumière, car celle-ci peut altérer les produits et les rendre inefficaces. Il est recommandé de les laisser ranger dans leur boîte originale qui est fournie par le fabricant (DCMSSSQ, 2009).

Il est important de ne pas garder une trop grande quantité de vaccins, car cela ne fait qu'augmenter les risques de pertes. Il faut s'assurer de faire une bonne rotation des stocks pour être certain de toujours utiliser les produits avec la date de péremption la plus près. Pour ce faire, il est préférable de regrouper les vaccins identiques afin de mieux visualiser les stocks présents dans les réfrigérateurs. Pour permettre au froid de bien se diffuser et d'entrer en contact avec tous les produits, il est important de garder un espace entre les boîtes de vaccins (Alain, 1999).

La durée d'exposition tolérée à une température inférieure à 2°C ou dépassant 8°C dépend du vaccin. Même si un produit a subi une rupture dans sa chaîne de froid, il est possible qu'il soit encore bon. C'est pourquoi, il doit être envoyé à l'établissement qui gère la distribution des produits immunisants (ici la Direction de la Santé Publique) afin de pouvoir l'évaluer. Il est nécessaire de recueillir toutes les informations pouvant aider à l'évaluation des produits et de les transmettre à l'aide du formulaire « Demande d'évaluation de produits immunisants à la suite d'un bris de la chaîne de froid. » Si le vaccin est encore bon, il est retourné au destinataire et doit être utilisé en priorité (DCMSSSQ, 2009, pp. 99-100).

La gestion des produits immunisants est très importante. C'est pourquoi elle doit être faite par une personne compétente et formée. C'est aussi elle qui doit s'assurer de faire respecter les

normes et procédures reliées aux produits immunisants (ASPC, 2007, p. 12). De plus, une deuxième personne se doit d'être formée afin de pouvoir remplacer le gestionnaire principal en son absence (DCMSSQ, 2009, p. 93).

### 2.2 Réfrigérateurs

Tout d'abord, les réfrigérateurs doivent être branchés sur une alarme thermique et sur une génératrice si la quantité de vaccins le justifie ou si la valeur de l'inventaire est élevée (Alain, 1999). Ainsi, lors d'un bris d'équipement ou d'une panne électrique cette alarme entraîne immédiatement une mesure pour corriger la situation.

Les réfrigérateurs doivent être munis de thermomètres minima-maxima. La température de ces derniers doit être prise et notée deux fois par jour (au début et à la fin de la journée). Il est fortement recommandé d'examiner les températures même s'il y a un thermomètre à enregistrement graphique qui inscrit automatiquement les données de température sur un graphique, car il est possible que ce dernier soit défectueux (Alain, 1999). Les réfrigérateurs sont réservés exclusivement à l'entreposage de produits immunisants ou pharmaceutiques. Il est interdit d'y mettre de la nourriture ou des échantillons de liquide biologique. Cela pourrait contaminer les vaccins. Afin d'aider à maintenir une température uniforme à l'intérieur des appareils, des bouteilles d'eau ou des accumulateurs de froid non congelés doivent être mis sur les tablettes du haut et du bas (DCMSSSQ, 2009). Puis, les produits présents dans l'unité de réfrigération ne doivent pas occuper plus de 50% du volume interne de l'appareil. Cette recommandation assure la bonne diffusion du froid à l'intérieur (ASPC, 2007).

En cas de panne électrique ou de défectuosité du réfrigérateur, il faut toujours garder en réserve un contenant isolant (d'un format suffisamment grand) avec plusieurs accumulateurs de froid dans un congélateur pour entreposer temporairement les vaccins (Alain, 1999).

### 2.3 Retours

La majorité des produits font maintenant l'objet d'une clause permettant d'obtenir un crédit pour tous les produits expirés qui sont retournés à la Direction de la Santé Publique. Par contre, certaines règles doivent être respectées. Tout d'abord, les boîtes de fioles non complètes peuvent être remplies seulement avec le même produit, c'est-à-dire avec un produit ayant le même numéro de lot. Les boîtes incomplètes ne peuvent pas être retournées. Pour les fioles périmées ou entamées, il faut plutôt les mettre dans les contenants à déchets biomédicaux. Les vaccins ayant subi préalablement un bris de chaîne de froid et qui ont été évalués non-conforme ne doivent pas être retournés à la Direction de la Santé Publique, car ils ne peuvent être crédités. Il est recommandé de retirer les vaccins du réfrigérateur au fur et à mesure qu'ils deviennent périmés et de les placer dans un sac sur lequel on attache la feuille de retour des vaccins dûment complétée. Ces vaccins sont retournés au fournisseur et celui-ci en dispose de la bonne façon.

### 2.4 Transports

Pour ce qui est du transport, la distance à parcourir doit être réduite au minimum et ce quel que soit la saison. Les accumulateurs de froid ainsi que les contenants isolants (glacières) doivent toujours être utilisés dans les transports même si c'est pour un petit déplacement. Lorsque les transporteurs arrivent avec des produits, la vérification des

indicateurs thermiques doit être faite (Alain, 1999). Cela garantit la qualité des produits livrés.

### 2.5 Entretien des réfrigérateurs

Des mesures préventives doivent être prises pour les équipements de réfrigération afin de prévenir les pannes et ainsi diminuer les risques de bris de chaîne de froid. Tout d'abord, les réfrigérateurs doivent être inspectés annuellement par une personne qualifiée (Alain, 1999). À tous les 3 mois, il faut procéder à un entretien du réfrigérateur (nettoyage des serpentins, vérification de la garniture d'étanchéité des portes, etc.) (DCMSSQ, 2009). Puis, il faut s'assurer que les batteries dans les thermomètres soient changées au moins une fois par année. Il est aussi important d'effectuer l'étalonnage des thermomètres minima-maxima à tous les ans afin de s'assurer que la température affichée soit bonne (Alain, 1999). Le non respect de l'une de ces règles augmente les risques de perte de produits immunisants. La section suivante présente le mode opératoire de toutes les installations du CSSS-IUGS qui ont été visitées.

## 3 ANALYSE DU MODE OPÉRATOIRE DES CENTRES

### 3.1 Méthodologie

Tous les sites qui avaient des réfrigérateurs avec des produits immunisants ont été visités afin de voir leur fonctionnement et de recueillir le plus de données possibles.

Les sites sous la juridiction du CSSS-IUGS sont :

- #1 : CLSC, 50 rue Camirand
- #2 : CLSC, 356 rue King Ouest
- #3 : CLSC, 8 rue Speid (Lennoxville)
- #4 : CLSC, 1200 rue King Est
- #5 : Centre de détention, 10 55 rue Talbot
- #6 Hôpital et centre d'hébergement Argyll, 375 rue Argyll
- #7 La Direction de la Santé Publique de l'Estrie.

Les différents services qui font partie de l'étude sont : le centre de services courants, le service intégré de dépistage et de prévention (SIDEPE), la clinique du voyageur international, le groupe de médecine familiale (GMF), le centre de détention, la vaccination scolaire et à domicile, la pharmacie centrale du centre d'hébergement Argyll ainsi que le service de la maintenance, équipements et transport.

Pour recueillir les informations sur les établissements et ne rien oublier, un questionnaire a été développé. Vu le grand nombre de personnes à rencontrer, le projet a été divisé entre deux équipes, chaque équipe avait la responsabilité de visiter trois ou quatre établissements.

### 3.2 Constats

Suite aux visites et à la collecte d'informations, plusieurs processus ont pu être cartographiés. Tout d'abord, le processus global, c'est-à-dire à partir de la passation d'une commande jusqu'à l'administration d'une dose, le processus de retour des produits, le processus lorsqu'il y a une alarme de réfrigérateur et finalement les deux processus de vaccination externe.

Plusieurs documents quantitatifs concernant les commandes ont été amassés. Par contre, aucun document concernant la consommation réelle de doses n'était disponible, car cette quantité n'est pas comptabilisée d'une manière centralisée. Les feuilles de quotas, qui indiquent les quantités à maintenir en stock, utilisées par chaque site furent récupérées.

Le tableau 1 résume la répartition des réfrigérateurs entre les établissements du CSSS-IUGS et montre s'ils sont connectés à une génératrice et à une alarme de température ou non.

**Tableau 1 : Répartition des réfrigérateurs parmi les sites**

No. des sites	Nbr de réfrigérateurs utilisés	Connecté à une génératrice	Connecté à une alarme
1	2	Oui	Oui
2	2	Non	Oui
3	1	Non	Oui
4	5	Non	Oui
5	1	Non	Oui
6	1*	Oui	Oui
7	3	Oui	Oui

\* Plusieurs réfrigérateurs, mais un pour les vaccins (pandémie)

Le tableau 2 montre les quantités de doses annuelles commandées par tous les sites et les coûts de celles-ci. Les commandes totales des sites s'élèvent à 29 416 doses entre le mois d'avril 2009 et le mois de mars 2010. Voici un tableau qui présente les montants dépensés par chaque site en produits immunisants.

**Tableau 2 : Commandes annuelles par site**

Sites	Nombre de doses	% du nombre de doses totales	Coûts totaux	% du coût total
#1	6614	22,48%	281 173,47 \$	21,61%
#2	9991	33,96%	645 002,40 \$	49,57%
#3	900	3,06%	22 583,48 \$	1,74%
#4	8787	29,87%	240 313,75 \$	18,47%
#5	101	0,34%	2 596,77 \$	0,20%
#6	3023	10,28%	109 561,27 \$	8,42%
Somme	29 416	100%	1 301 231,14 \$	100%

Le 356 King O est l'établissement qui commande le plus de doses par année (34% des doses totales). Il est aussi celui dont les produits utilisés coûtent le plus cher avec 50% du coût total. Le 1200 King E commande 30% des produits totaux. Par contre, en coût des vaccins il représente seulement 18% du coût total. Pour ce qui est du 50 Camirand, il commande 22% des doses totales de tous les sites. Il est étonnant de voir qu'il représente près de 22% du coût total en doses dépassant le 1200 King E. Ensuite, il y a la pharmacie Argyll qui commande 10% des vaccins qui représentent 8% du coût total. Le CLSC de Lennoxville et le centre de détention sont loin derrière avec 3% et moins de 1% respectivement. Le pourcentage des coûts totaux est aussi très faible.

En examinant les commandes totales de chaque produit pour tous les sites, certains produits, pourtant présents dans la liste de vaccins, ne se retrouvent sur aucun site. C'est le cas pour l'Imovax Rage, leVaqta 50 et 25 ainsi que pour le Vaxigrip. Celui ayant le plus grand nombre de doses commandées est le Gardasil avec 7138 doses. Ensuite, il y a le Pédiacel (4065 doses), le Prevnar (3340 doses) et le Fluviral (3000 doses). Pour ce qui est des autres produits, les quantités commandées varient entre 15 et 1920 doses.

Le tableau suivant montre le nombre de vaccins différents qui sont présents sur chacun des sites.

**Tableau 3 : Nombre de vaccins différents offerts sur les sites**

Sites	Nombre de type de vaccins
#1	27
#2	17
#3	24
#4	26
#5	4
#6	2

Les trois CLSC, 50 Camirand, 1200 King E et 8 rue Speid, Lennoxville ont, à quelques vaccins près, des stock de vaccin de même nature. Tous les vaccins se retrouvant à Lennoxville se trouvent aussi au 50 Camirand. Tandis que 23 des 24 produits de Lennoxville sont communs à ceux du 1200 King E. Sur les 27 types de vaccins se trouvant au 50 Camirand, 25 d'entre eux sont identiques à ceux retrouvés au 1200 King E. Afin de mieux représenter ces données, le tableau 4 fournit le pourcentage de produits communs entre les sites.

**Tableau 4 : Matrice de similarité des produits entre les sites**

Sites	50 Camirand	356 King O	1200 King E	Lennoxville	1055 Talbot	375 Argyll
#1	-	63%	93%	89%	15%	7%
#2	100%	-	88%	88%	18%	12%
#3	100%	63%	96%	-	17%	8%
#4	96%	58%	-	88%	15%	4%
#5	100%	75%	100%	100%	-	0%
#6	100%	100%	50%	100%	0%	-

Ce tableau montre aussi que le 356 King O possède une similarité des vaccins moins prononcés avec les autres CLSC (63%, 58% et 63%). Cela est dû à la vocation du site qui est destiné majoritairement à des campagnes de vaccination auprès d'adolescents.

Puis, le 1055 Talbot obtient de faible pourcentage (15%, 18%, 15%, 17%) avec les autres sites. Cela est dû au faible nombre de vaccins présents à ce site (quatre vaccins). Par contre, ces quatre vaccins se retrouvent à tous les sites excepté le 356 King O qui en contient trois sur quatre (75%). C'est le même cas pour la pharmacie Argyll qui a seulement deux produits.

### 3.3 Conclusions

L'analyse de la situation actuelle montre que les normes et procédures recommandées par la littérature ne sont pas toutes appliquées et provoque une augmentation des risques de pertes de vaccins.

Suite à cela, l'analyse des produits a démontré que les quantités commandées par chaque site sont bien différentes d'un établissement à l'autre. Certains sont de très grands consommateurs, tandis que d'autres non. La plupart des sites n'ont pas de saisonnalité. Seulement le 356 King O en possède une, car la vaccination scolaire est inactive durant la période estivale. Il est aussi possible de remarquer que les établissements possèdent beaucoup de vaccins semblables.

## 4 ÉLABORATION DES SCÉNARIOS

Afin d'améliorer l'entreposage, le transport et l'approvisionnement des produits immunisants sur les sites du CSSS-IUGS, trois scénarios d'amélioration ont été proposés le statu quo amélioré, la centralisation partielle des vaccins et la centralisation totale. Le mode de gestion utilisé est aussi évalué, trois cas différents sont analysés, la décentralisation totale de la gestion, la centralisation partielle et la centralisation totale.

### 4.1 Scénario 1 : Statu quo amélioré

Ce scénario étudié propose l'amélioration de certaines méthodes et processus. Pour chaque norme et procédure des suggestions d'améliorations possibles furent élaborées. Voici les avantages et inconvénients de ce scénario.

Avantages :

- Gestion du changement moins importante.
- Pas de changement au niveau des locaux, aucun réaménagement nécessaire.
- Coûts de transport identiques.

Inconvénients :

- Les commandes viennent de plusieurs personnes différentes.
- Moins bonne gestion de la rotation des produits (chacun pour soi).
- Chaque site a un stock de sécurité pour chaque sorte de produit.
- Plusieurs sites auraient besoin d'acheter une génératrice.

### 4.2 Scénario 2 : Centralisation partielle

Le cas de centralisation partielle consiste à regrouper sur 2 sites intermédiaires la consommation de tous les sites afin d'éviter que chaque établissement soit responsable d'un inventaire de vaccins. Ces deux entrepôts intermédiaires desservent alors les autres sites satellites.

Avantages

- Tous les stocks de vaccins sont situés dans deux établissements.
- L'inventaire des sites satellites est moins important.
- Risque de perte moins élevé, car les inventaires sont moins importants.
- Besoin de deux génératrices seulement pour les entrepôts intermédiaires.

Inconvénients

- Coûts de transport plus élevés, car les sites garderont un plus petit inventaire de vaccins, les livraisons seront plus fréquentes (au besoin).
- Le risque d'un manque de vaccins aux sites satellites est plus grand, car aucun stock de sécurité n'est gardé.

### Détermination des entrepôts intermédiaires

La première étape vise à trouver où seront localisés les entrepôts intermédiaires. Nous devons ensuite élaborer la structure du scénario :

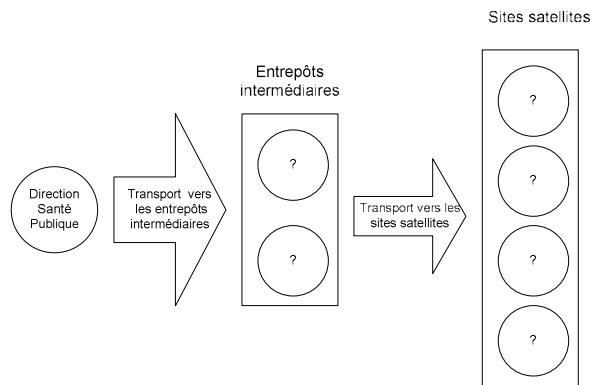


Figure 1 : Structure du réseau

Le premier transport est effectué par la DSP de l'Estrie. À la fréquence désirée, elle transporte les commandes destinées aux deux entrepôts intermédiaires. Pour l'instant, la localisation des entrepôts intermédiaires n'est pas connue, elle est trouvée plus loin à l'aide d'un algorithme d'optimisation. Par la suite, chacun des entrepôts intermédiaires vont livrer les commandes des sites satellites qui leur sont associés. L'affectation des satellites aux sites intermédiaires est faite à l'aide d'un modèle linéaire d'optimisation.

Pour identifier les deux entrepôts intermédiaires, un problème de multi-médiane est appliqué. Toutes les combinaisons de l'algorithme exact pour deux médianes à partir de la matrice  $[h_j * d_{i,j}]$ , ont été vérifiées.

Tableau 4 : Matrice DE/A des plus courts chemins en km

		No. des sites					
DE/A		1	2	3	4	5	6
No. des sites	1	0,0	0,6	5,4	3,0	2,2	1,8
	2	0,1	0,0	5,3	3,0	2,6	1,8
	3	5,2	5,4	0,0	7,4	5,2	7,5
	4	3,1	3,3	7,4	0,0	3,2	4,7
	5	2,2	2,6	5,3	3,2	0,0	4,3
	6	1,8	1,7	6,9	4,7	4,3	0,0

La méthode consiste à multiplier chaque colonne  $j$  de la matrice des plus courts chemins ( $d_{i,j}$ ) en km (selon Mappoint 2010 consulté 18 juillet 2010) par le poids ( $h_j$ ). Le poids  $h_j$  choisi est fonction du nombre de doses utilisées par année. Plus il y a de doses à commander pour un établissement plus l'entrepôt devrait être localisé à cet endroit. Cela réduit les besoins de préparation de commandes, car les commandes pour ce site n'ont plus à être préparées.

Tableau 5 : Tableau des poids

No. des sites	Nombre de doses commandées par semaine	%	Poids
#1	128	22,50%	$h_1 = 0,23$
#2	193	33,96%	$h_2 = 0,34$
#3	18	3,06%	$h_3 = 0,03$
#4	169	29,87%	$h_4 = 0,30$
#5	2	0,34%	$h_5 = 0,00$
#6	59	10,28%	$h_6 = 0,10$
Somme	569	100,00%	

La méthode consiste à énumérer toutes les combinaisons possibles des deux sites qui pourraient être éventuellement les

deux entrepôts intermédiaires et de calculer le résultat des possibilités comme dans le tableau 7.

Tableau 7 : Exemple de combinaisons et de résultat

	1	2	3	4	5	6	
1	0,00	0,19	0,16	0,90	0,00	0,18	
2	0,02	0,00	0,16	0,90	0,00	0,18	
min de 1 ou 2	0,00	0,00	0,16	0,90	0,00	0,18	1,24

La combinaison qui a la plus petite somme signifie qu'il faut localiser à ces deux endroits.

Tableau 8 : Résultats de l'algorithme exact pour deux médianes

Combinaisons des sites	Résultats	Combinaisons des sites	Résultats
1 et 2	1,24	2 et 6	1,08
1 et 3	1,27	3 et 4	2,31
1 et 4	0,53	3 et 5	2,78
1 et 5	1,43	3 et 6	2,4
1 et 6	1,25	4 et 5	1,98
2 et 3	1,1	4 et 6	1,2
2 et 4	0,36	5 et 6	2,11
2 et 5	1,26		

Le résultat optimal de la méthode (surligné en jaune) signifie que les deux entrepôts intermédiaires devraient être situés aux sites 2 et 4, c'est-à-dire au 356 rue King O et au 1200 King E. Le deuxième meilleur résultat (en rouge), est la combinaison des sites 1 et 4. La meilleure combinaison trouvée (2 et 4) n'est pas conservée, car le 356 King O n'a pas le matériel nécessaire pour accueillir un stock important. Il n'y a pas de génératrice sur le site et il n'y a qu'un seul réfrigérateur. Les entrepôts intermédiaires deviennent donc 1 et 4 soit : le 50 Camirand (Site #1) et le 1200 King E (Site #4).

#### Affectation des entrepôts intermédiaires aux sites satellites

La prochaine étape consiste à déterminer quel site satellite doit être affecté à quel entrepôt intermédiaire afin de minimiser la distance parcourue et ainsi minimiser les coûts de transport et en s'assurer que la capacité des réfrigérateurs aux entrepôts intermédiaires est respectée.

Il est primordial de déterminer la capacité de chaque entrepôt intermédiaire. Les établissements #1 et #2 ont chacun deux réfrigérateurs de une porte. La capacité interne des appareils est d'environ  $17 \text{ pi}^3$ . Il est possible d'estimer la capacité de réfrigération de chaque site à  $34 \text{ pi}^3$ . Par contre, selon le document « Guide des normes et pratiques de gestion des vaccins (1999) », il est suggéré que le volume de vaccins ne dépasse pas 50% du volume interne de l'appareil. Ce qui veut dire que la capacité théorique disponible à chaque site est de  $17 \text{ pi}^3$ . Suite à des analyses sur la disposition des paniers dans les réfrigérateurs, il fut estimé que la capacité d'entreposage par établissement est de  $9,04 \text{ pi}^3$  ou  $15 620 \text{ po}^3$ .

Par la suite, il convient d'estimer le nombre de doses qui entrent dans le volume disponible. Pour ce faire, il faut trouver la quantité embouteillée (0,5 ml, 1 ml ou 5 ml) la plus populaire, son format d'emballage et le nombre d'unités équivalentes pouvant entrer dans les réfrigérateurs. Il a été déterminé que chaque établissement possède une capacité de 3 488 unités équivalentes de vaccins.

Une fois la capacité d'entreposage déterminée, il faut affecter les sites satellites aux entrepôts intermédiaires. Pour réussir le jumelage, il faut construire le schéma du réseau le plus précisément possible. Il faut identifier les coûts de transport des routes vers les sites satellites et cela pour chaque entrepôt intermédiaire. Plusieurs hypothèses ont été prises en compte dans les calculs, les voici :

- le temps de livraison est de 7 minutes;
- le temps de préparation des glacières est de 15 minutes;
- le temps pour les besoins personnels est de 15% du temps total des activités;
- le temps de préparation en début et en fin de journée est de 20 min chacun;
- le salaire horaire d'un ouvrier de maintenance est de 17,81\$ et celui d'un technicienne en pharmacie est de 17,66\$ et les avantages sociaux sont de 20%.

Les deux tableaux suivants résument les temps et coûts associés au transport entre les différents établissements.

**Tableau 9 : Matrice des temps de transport (min)**

		No. des sites					
		DE/A	1	2	3	4	5
No. des sites	1	0,00	0,66	6,48	3,60	2,64	2,16
	2	0,12	0,00	6,36	3,60	3,12	2,16
	3	6,24	6,48	0,00	8,88	6,24	9,00
	4	3,72	3,96	8,88	0,00	3,84	5,64
	5	2,64	3,12	6,36	3,84	0,00	5,16
	6	2,16	2,04	8,28	5,64	5,16	0,00

\* Prendre note que la matrice n'est pas symétrique, car il y a des sens-unique dans les trajets

La matrice suivant montre les coûts de transport pour les deux sites (entrepôt intermédiaire) sélectionnés par l'algorithme exact pour deux médianes.

**Tableau 10 : Matrice des coûts de transport (\$)**

De/A	1	2	3	4	5	6
1		15,59	31,14		24,98	24,87
2						
3						
4		21,53	30,13		22,86	24,66
5						
6						

Une des contraintes importantes liées au modèle d'affectation est la capacité d'entreposage. Il faut prendre en compte la sommation des commandes maximales des sites satellites, car celle-ci ne doit pas dépasser la capacité des entrepôts intermédiaires.

**Tableau 11 : Commande mensuelle des sites (2009-2010)**

Site / Mois	1	2	3	4	5	6	Total
#1	412	157	130	633	415	619	2366
#2	2430	288	0	0	0	0	2718
#3	112	10	63	91	248	61	585
#4	907	731	465	915	492	790	4300
#5	25	0	36	0	0	15	76
#6	252	252	252	252	252	252	1512
Total	4138	1438	946	1891	1407	1737	11557

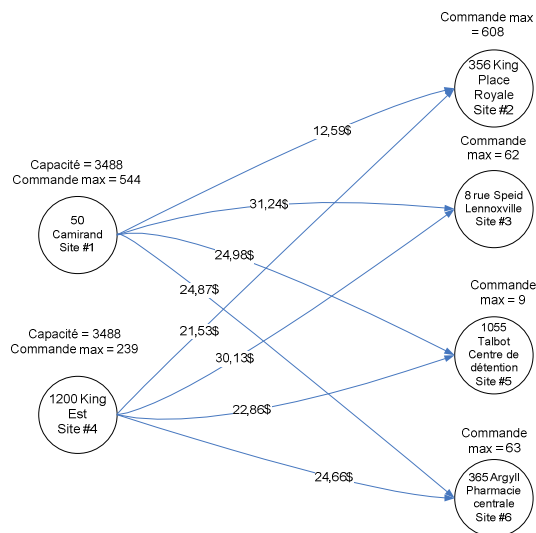
  

Site / Mois	7	8	9	10	11	12	Total
#1	2174	226	570	509	410	359	4248
#2	1684	1084	1296	969	0	2240	7273
#3	3	0	121	77	114	0	315
#4	756	625	867	904	955	380	4487
#5	0	0	0	15	10	0	25
#6	252	252	252	252	252	251	1511
Total	4869	2187	3106	2726	1741	3231	17860

En regardant la commande maximale de chaque établissement au courant de l'année, il est possible de simuler la situation extrême. Les cases en jaunes représentent la commande la plus élevée de chaque établissement.

La capacité d'entreposage ne contraint pas notre modèle du fait que la capacité totale d'un établissement intermédiaire est de 3 488 unités, l'espace est donc suffisant pour accueillir toutes les unités en situation extrême dans un seul établissement. De fait, si nous supposons la situation extrême ou tous les maxims sont le même mois, 5 140 unités d'entreposage seraient requises (2 174 + 2430 + 248 + 36 + 252). Comme les livraisons sont actuellement à chaque semaine les besoins sont de 1 285 unités (5 140 unités / 4 semaines), ce qui est inférieur à la capacité d'un seul établissement.

Voici le schéma du réseau final, les coûts de transport sont inscrits sur les arcs et les capacités des sites au-dessus des cercles.



**Figure 3 : Schéma du problème**

Pour réussir à optimiser l'affectation des sites satellites aux sites intermédiaires, le problème est représenté à l'aide d'un modèle linéaire. Le modèle s'adaptant à la situation est un problème de transport.

Formulation générale :

Objectif :

$$\text{Minimum } z = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n c_{ij} x_{ij}$$

Sujet à :

$$\sum_{i=1}^m x_{ij} \leq a_i \quad (i = 1, 2, \dots, m),$$

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} \geq b_j \quad (j = 1, 2, \dots, n),$$

$$x_{ij} \geq 0 \quad (i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n)$$

$x_{ij}$  : Nbr de doses à transporter de la source  $i$  à la destination  $j$

$a_i$  : Nbr de doses disponibles aux sources  $i$  ( $i = 1, 2, \dots, m$ )

$b_j$  : Nbr de doses requises aux destinations  $j$  ( $j = 1, 2, \dots, n$ )

$c_{ij}$  : Coût unitaire de transport de  $i$  à  $j$  ( $i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n$ )

Figure 4 : Formulation générale

En partant des coûts de transport et des doses à transporter à chaque site, un algorithme glouton a été utilisé. L'affectation des sites satellites se base sur le coût minimal de transport entre le site #1 et le site #4. Par exemple, le site satellite #2 a un coût de transport de 12,59\$ avec le site #1 et un coût de 21,53\$ avec le site intermédiaire #4. Le coût le moins élevé est 12,59\$, le site #2 est donc assigné au site #1. Les résultats trouvés sont tous des coûts minimums, la solution obtenue est donc optimale. Le coût minimal de transport est de 90,24\$.

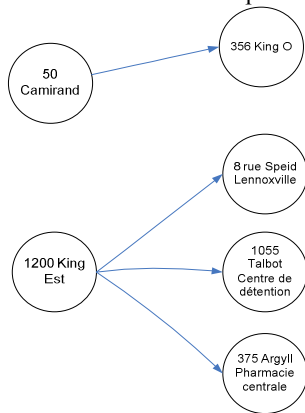


Figure 5 : Affectation des sites satellites

La centralisation partielle semble une option à considérer. Elle permet une réduction des stocks aux sites satellites. Les sites satellites gardent ainsi le strict minimum. De ce fait, les sites satellites n'ont plus besoin de génératrice. Seuls les entrepôts intermédiaires en ont besoin. Mais le fait de ne plus garder de stocks de sécurité dans les sites satellites augmente le risque de pénurie.

#### 4.3 Scénario 3 : Centralisation totale

Le cas de centralisation totale propose un modèle d'organisation où les vaccins sont entreposés dans un établissement central et la gestion est faite de façon centralisée. Voici un bref aperçu des avantages et inconvénient de ce scénario.

Avantages :

- Meilleure rotation des stocks parce que les établissements satellites reçoivent des livraisons plus fréquemment.
- Plus de facilité à assurer le suivi des retours.
- Présence d'une génératrice à l'établissement central.
- Un seul gestionnaire supervise le processus.

Inconvénients :

- Augmentation des transports.
- Création d'un intermédiaire de plus dans la chaîne logistique.
- Risque de rupture de stock.
- Les établissements satellites doivent conserver les équipements d'entreposage et en assurer l'entretien.
- Risque de créer des réserves sur les sites satellites.
- Énormes modifications dans les modes opératoires des sites satellites.

## 5 ÉLABORATION D'UN SCÉNARIO IMPOSÉ

Suite à une directive de l'Agence de la santé et des services sociaux de l'Estrie, un nouveau scénario est imposé. Ce nouveau cas implique une centralisation des produits immunisants à la pharmacie (au 375 Argyll) et la livraison des produits aux deux semaines. L'adoption du nouveau scénario occasionne plusieurs conséquences négatives pour le CSSS-IUGS : la principale étant le changement de leur mission d'organisme utilisateur de service logistique à organisme de gestionnaire logistique.

Comme le CSSS-IUGS doit gérer les stocks de produits immunisant de manière centralisé depuis la pharmacie, il devient primordial de revoir les quotas afin d'en améliorer la logistique.

### 5.1 Révision des quotas

Le nombre de doses à garder en stock sur les sites et à la pharmacie a été révisé afin de mieux s'adapter à la nouvelle situation. Il est à noter que l'analyse a été faite à l'aide de l'historique des commandes et non pas avec le nombre de doses administrées (données non disponibles).

Afin de trouver le meilleur modèle de gestion des quotas, nous avons comparé deux modèles de calcul des quotas.

Pour les quotas, le modèle économique de (Ballou, 1992) est utilisé. Ce modèle est employé pour les cas de centralisation. Il vise à réduire la quantité gardée en stock d'un produit qui est commun à plusieurs sites et qui est entreposé dans un établissement central.

Quota A

$$\sum (\max 1 \text{ des sites}) + \left( \frac{\sum Ss \text{ de tous les sites}}{Nb \text{ de sites}} \right) \times \sqrt{Nb \text{ de sites}}$$

Le quota A propose, pour un produit donné, de garder en stock à la pharmacie une quantité équivalente à la plus forte demande de chaque site + la « centralisation » selon (Ballou, 1992) des stocks de sécurité pour tous les sites utilisant ce même produit. Dans le présent cas, les stocks de sécurité représente la variation entre la plus forte demande et le niveau de demande moyen.

Quota B :

$$\left( \frac{\sum (\max 1 \text{ des sites}) + \sum (Ss \text{ de tous les sites})}{Nb \text{ de sites}} \right) \times \sqrt{Nb \text{ de sites}}$$

Le quota B présente pour un produit donné, « centralisation » de la plus forte demande de chaque site + les stocks de sécurité pour tous les sites utilisant ce même produit.

Il est aussi intéressant de regarder le potentiel de réduction du niveau d'inventaire, voici un exemple avec les quotas de la pharmacie.

**Tableau 11 : Pourcentage de stock de sécurité présent à la pharmacie**

	Pharmacie Centrale Quota A	Pharmacie Centrale Quota B
Nombre de doses à conserver à la Pharmacie	2328	1500
Pourcentage de stock de sécurité par rapport au stock dans l'ensemble du réseau	116%	75%

Notons que le quota à choisir pour la pharmacie dépend du niveau de risque que le gestionnaire est prêt à assumer.

## 6 CONCLUSIONS

Plusieurs suggestions d'amélioration ont été faites tout au long du projet dans le but d'atteindre les objectifs. Plusieurs scénarios ont été préparés et présentés. Par contre, même si la centralisation a été écartée des choix d'implantation par l'équipe du CSSS-IUGS le 10 septembre 2010, une nouvelle contrainte venant de la DSPE a modifié la situation en obligeant une centralisation des produits immunisants à la pharmacie. Suite à cela, certains processus de gestion ont dû être revus (quotas, tâches du gestionnaire, etc.). La mise en place des suggestions d'amélioration vont grandement améliorer la gestion des produits immunisants.

Suite au projet d'analyse, une équipe de travail fut formée. L'objectif étant de mettre en place les suggestions d'amélioration. Cette équipe devait sélectionner les outils de collecte d'information et standardiser les méthodes de travail.

Ce projet revêt un intérêt particulier dans les organisations de soins de santé où les ressources sont limitées et où les coûts sont en forte croissance. Par ce travail, nous démontrons qu'il est possible d'implanter des principes et outils du domaine du génie industriel à des secteurs d'activités non traditionnelles.

## 7 REMERCIEMENTS

Nous aimerions remercier toute l'équipe du CSSS-IUGS et de la DSP de l'Estrie avec qui nous avons passé beaucoup de temps pour comprendre le processus et valider les informations. Un merci particulier à M. Louis Voyer pour son temps et son aide à établir les contacts avec les personnes ressources.

## 8 REFERENCES

- Alain, L., (1999) Guide des normes et pratiques de gestion des vaccins.
- Direction des communications du Ministère de la Santé et des Services sociaux du Québec – DCMSSSQ, (2009) Protocole d'immunisation du Québec, N° 09-283-02
- Agence de la Santé Publique du Canada –ASPC, (2007) Lignes directrices nationales sur l'entreposage et la manipulation des vaccins pour les vaccinateurs, N° HP40-17.
- Ballou, RH., (1992) Business Logistics Management, 3<sup>rd</sup> Ed., Englewood Cliffs : New York.