



Analyse et conception d'un réseau d'entrepôts d'aide humanitaire :
Le cas de l'Organisation des Nations Unies
pour la réponse en Afrique de l'Est

par

Émilie Dufour

Sciences de la gestion
Option logistique internationale

*Mémoire présenté en vue de l'obtention
du grade de maîtrise ès sciences en gestion
(M.Sc.)*

Février 2016
© Émilie Dufour, 2016

Résumé

Ce projet est réalisé conjointement avec l'organisme des Nations Unies qui est responsable des entrepôts de prépositionnement du matériel de secours, l'United Nations Humanitarian Response Depot (UNHRD), une division du Programme alimentaire mondial. En tant que prestataire de services logistiques humanitaires, l'UNHRD est l'un des plus importants acteurs lors de la réponse aux crises. Il gère actuellement six entrepôts majeurs à travers le monde dans lesquels sont entreposés les stocks des principales organisations humanitaires. Bien que cette centralisation des activités d'entreposage permette des économies d'échelle, elle entraîne des coûts de transport importants en raison du transport aérien privilégié pour répondre aux demandes urgentes. Le but de notre projet est d'analyser l'économie potentielle que représenterait l'implantation d'un réseau d'entreposage à deux niveaux, c'est-à-dire en ajoutant un niveau régional de prépositionnement à la structure actuelle.

Notre analyse, basée sur des données réelles, se penche sur l'étude du cas de Kampala comme site de prépositionnement régional pour répondre à la demande en Afrique de l'Est. Les données secondaires nécessaires ont été récoltées lors d'études sur le terrain en Italie, aux Émirats arabes unis et en Ouganda. La simulation de scénarios de demande et la modélisation mathématique nous ont permis de tirer des conclusions positives quant au projet, avec des économies potentielles de l'ordre de 21,16% en moyenne, et de présenter des recommandations à l'UNHRD quant à l'implantation du dépôt régional. Au moment de déposer ce mémoire, le site de prépositionnement étudié était déjà partiellement en opération. Le cadre d'analyse développé dans ce mémoire servira ultérieurement d'outils d'aide à la décision pour l'UNHRD afin d'analyser d'autres sites potentiels en Afrique de l'Ouest, en Asie Centrale et en Asie du Sud-Est.

Mots clés : Logistique humanitaire, prépositionnement, optimisation, conception de réseaux, étude de cas, prestataire de services logistiques humanitaires, UNHRD.

Table des matières

Résumé	ii
Table des matières.....	iv
Liste des figures et des tableaux.....	vi
Liste des abréviations.....	viii
Remerciements	x
Chapitre 1 Introduction.....	1
1.1 Étude de cas.....	2
1.2 Intérêts de la recherche	4
1.3 Méthodologie.....	5
1.4 Organisation du mémoire	7
Chapitre 2 Revue de littérature.....	9
2.1 Contexte général de la logistique humanitaire.....	10
2.1.1 Les particularités de la chaîne logistique humanitaire	11
2.1.2 L'importance de la coordination entre les acteurs humanitaires.....	17
2.1.3 Les phases de coordination des opérations humanitaires	20
2.1.4 Positionnement de la recherche dans la littérature	22
2.2 Le prépositionnement de matériel d'urgence	23
2.2.1 Vers une décentralisation de la stratégie de prépositionnement	24
2.2.2 L'amélioration de la réponse grâce au prépositionnement de matériel.....	25
2.2.3 Les types de problèmes liés à une stratégie de prépositionnement	27
2.2.4 Originalité de notre recherche.....	33
Chapitre 3 Méthodologie	37
3.1 Étude de cas.....	37
3.1.1 Une description générale de l'UNHRD.....	38
3.1.2 La description du cas étudié	44

3.1.3 Les bénéfiques pour l’UNHRD	47
3.1.4 Les produits pouvant être repositionnés à Kampala	47
3.2 Définition du problème.....	50
3.3 Formulation du problème.....	52
3.3.1 Les paramètres et les variables du problème	53
3.3.2 La formulation mathématique des problèmes	56
3.4 Évaluation des paramètres des modèles	57
3.4.1 La collecte de données secondaires	58
3.4.2 Le traitement des données et le paramétrage des modèles	59
3.4.3 Les difficultés rencontrées lors de la collecte et le traitement des données	70
3.5 Résolution et analyse des résultats	72
Chapitre 4 Résultats et discussion	75
4.1 Présentation des résultats de l’optimisation pour les coûts d’opération des réseaux 75	
4.1.1 Évaluer la pertinence d’ajouter un dépôt régional à Kampala	76
4.1.2 Les analyses de sensibilité afin de tester les variations des coûts d’opération....	78
4.2 Sélection des produits à entreposer à Kampala	80
4.3 Validation et dissémination des résultats.....	83
Chapitre 5 Conclusions.....	87
5.1 Résultats de la modélisation.....	88
5.2 Contributions de la recherche	92
5.3 Futures recherches	93
Bibliographie	95
Annexes.....	101
Annexe 1 Cartographie du processus de réponse de l’UNHRD concernant le réapprovisionnement d’un item pour un partenaire	103
Annexe 2 Photographies des types de produits étudiés	105
Annexe 3 Résultats partiels de l’analyse ABC (2013).....	107

Liste des figures et des tableaux

Figures

1.1	Schématisation du réseau proposé	4
2.1	Cadre d'analyse de la chaîne logistique humanitaire produit par Yu <i>et al.</i>	16
2.2	Phases de coordination d'une crise humanitaire	20
2.3	Cadre d'analyse des phases de coordination d'une crise humanitaire selon une perspective régionale et extra-régionale	22
3.1	Localisation des dépôts de l'UNHRD	38
3.2	Offre de service de l'UNHRD	41
3.3	Exemples d'organismes et d'agences onusiennes utilisant les services de l'UNHRD	43
3.4	Carte représentant la zone à l'étude ainsi que la part de chaque dépôt impliqué dans la réponse humanitaire dans cette zone, en 2013	46
3.5	Produits ciblés pour le projet de repositionnement régional à Kampala	49
3.6a	Réseau actuel de l'UNHRD pour desservir l'Afrique de l'Est	50
3.6b	Réseau proposé pour desservir l'Afrique de l'Est	50
3.7	Graphe G illustrant les deux réseaux étudiés: le réseau actuel en bleu et le réseau proposé dans lequel s'ajoutent les éléments orangés	54
3.8	Distribution moyenne en Kg (2010 – 2013)	62
3.9	Coefficient de variation (2010 – 2013)	63
3.10	Exemples d'histogrammes de fréquence pour différents produits et différents points de distribution, par semestre	64
3.11	Espace d'entreposage disponible sur le site du PAM, à Kampala	66
3.12	Sources des données pour les différents segments de transport, via le réseau actuel de l'UNHRD et le site de Kampala	67
3.13	Régression linéaire entre les données extraites des LTA et celles fournies par Maersk pour le transport de conteneurs entre les fournisseurs et les ports de Dubaï et d'Accra	69

3.14	Méthodologie de résolution du problème	72
4.1	Histogramme de fréquence du nombre de conteneurs par scénario	76
4.2	Pourcentage d'économies réalisées par l'ajout du dépôt régional de Kampala en fonction du nombre de conteneurs par scénario	77
4.3	Fréquence des pourcentages d'économies réalisées par l'ajout du dépôt régional, pour la solution initiale et le pire scénario	80

Tableaux

3.1	Notation pour la formulation des problèmes	55
3.2	Résultats de la régression linéaire pour l'estimation des coûts de transport pour desservir le port de Mombasa	69
4.1	Statistiques descriptives sur les coûts des solutions	77
4.2	Amélioration des coûts logistiques résultant des analyses de sensibilité	79
4.3	Distribution du nombre de conteneurs alloué à chaque produit à travers les 5 000 scénarios	81
4.4	Solutions de prépositionnement retenues (nombre de conteneurs).....	82
4.5	Statistiques descriptives comparant l'efficacité des solutions de prépositionnement retenues	83

Liste des abréviations

3PL	Third-party logistics
4PL	Fourth-party logistics
CRS	Stocks corporatifs pour la réponse
CTN	Conteneurs
EAU	Émirats arabes unis
ECHO	Service d'aide humanitaire et de protection civile de la Commission européenne
FICR	Fédération internationale des Sociétés de la Croix-Rouge et du Croissant-Rouge
HRD	Humanitarian Response Depot
LTA	Ententes à long terme
MSF	Médecins sans frontières
MSU	Mobile Storage Unit
ONG	Organisation(s) non gouvernementale(s)
ONU	Organisation des Nations Unies
PAM	Programme alimentaire mondial
PI	Facture Pro forma
PO	Bon de commande
RLU	Regional Logistics Units
SIG	Système d'information géographique
SOP	Standard Operating Procedures
UNHCR	United Nations Haut-commissariat pour les réfugiés
UNHRD	United Nations Humanitarian Response Depot
UNJLC	United Nations Joint Logistics Centre
WFP	World Food Programme (ou PAM)

Remerciements

À mes directrices de recherche, ces femmes intelligentes et inspirantes.

À Julie, qui est venue me chercher sur mon banc d'école et m'a entraînée dans l'aventure de la maîtrise. La première qui a cru en moi et qui me soutient depuis le début. Ses conseils, sa patience et ses encouragements m'ont permis de faire cette maîtrise.

À Marie-Ève, qui a cru suffisamment en mes talents pour me frayer une place au PAM. Marie-Ève, dont la présence, l'humour et les multiples talents me furent hautement précieux –que dis-je, essentiels– tout au long de ce projet de recherche.

À Hugo, qui s'est sorti de son confort pour m'aider à résoudre les mille questionnements qui ont surgi tout au long du projet. Il m'a encouragée et aimée, ici et ailleurs, alors que je parcourais la moitié de la planète pour ce mémoire.

À mes tout petits, Saraï et Jules, qui ont compris ma passion pour la logistique humanitaire à travers leurs yeux d'enfants. Eux qui ont laissé leur maman partir loin et longtemps, afin qu'elle puisse aider d'autres enfants. À Guillaume, qui fut toujours là pour eux et pour moi.

À Pierre Honnorat et aux équipes de l'UNHRD et du PAM qui m'ont permis de collecter les innombrables données nécessaires à la réalisation de ce projet.

Merci!

Chapitre 1 | Introduction

L'aide humanitaire est devenue un soutien essentiel afin d'assurer la survie de nombreuses populations touchées par les désastres naturels, les conflits armés et l'insécurité alimentaire. En 2012, l'Organisation des Nations Unies (ONU) chiffrait à 62 millions le nombre de bénéficiaires d'aide humanitaire à travers le monde (UN, 2012). Outre le nombre croissant de personnes dépendantes du support humanitaire pour subvenir à leurs besoins primaires, on observe une complexification dans l'acheminement de l'aide, notamment en raison de la variabilité des besoins, des barrières culturelles et politiques et de la multitude d'acteurs interagissant tout au long de la chaîne logistique.

L'épidémie d'Ebola, qui a durement frappé une partie de l'Afrique de l'Ouest en 2014, est un exemple récent de l'intrication des systèmes de distribution d'aide. En effet, cette crise s'est avérée être un défi logistique des plus complexes. Elle a entre autres mis en évidence le manque de préparation des gouvernements pour faire face à un fléau épidémique de cette envergure. Elle a aussi révélé les barrières que représentent certaines pratiques culturelles dans l'application d'efforts sanitaires pour freiner la propagation du virus. De plus, cette crise qui affligeait l'une des régions les plus pauvres du monde a eu un impact mondial, les économies locale et internationale en accusant le contrecoup (Tambo, 2014).

Pour un organisme comme le Programme alimentaire mondial (PAM), cette crise impliquait à la fois de soutenir l'effort international pour enrayer le fléau, mais également de mesurer l'impact de la crise sur la production agricole des régions touchées afin d'évaluer l'aide alimentaire nécessaire dans les mois à venir. Selon le PAM,

la production agricole et les services sociaux sont les deux secteurs les plus touchés par la crise d'Ebola, accablant davantage une population déjà durement affligée par cette épidémie (WFP, 2014). Çelik *et al.* (2014) parlent de « catastrophes en cascade » pour qualifier cet effet domino causé par les grandes crises humanitaires.

C'est dans ce contexte imprévisible et complexe que la logistique humanitaire prend tout son sens. L'objectif est de fournir de l'assistance aux victimes et du matériel de secours avec le moins de ressources possible, et ce en respectant les principes fondamentaux d'humanité, de neutralité et d'impartialité de l'action humanitaire (Van Wassenhove, 2006). Pour atteindre cet objectif, l'une des stratégies déployées par les organisations humanitaires et les gouvernements consiste à planifier le prépositionnement du matériel de secours à des endroits stratégiques afin qu'il soit facilement disponible en cas de besoin (Rawls et Turnquist, 2010). C'est dans cette optique d'efficacité que notre projet de mémoire a été développé conjointement avec la division du PAM responsable de la gestion des entrepôts de prépositionnement du matériel de secours, l'*United Nations Humanitarian Response Depot* (UNHRD).

1.1 Étude de cas

L'UNHRD gère les dépôts dans lesquels est prépositionné le matériel d'urgence des principales organisations qui œuvrent dans ce secteur, telles que la Croix-Rouge internationale, l'UNICEF et Oxfam (WFP, 2015a). Bien que cette centralisation des activités d'entreposage permette des économies d'échelle, principalement au niveau de l'approvisionnement, ce réseau entraîne des coûts de transport importants en raison du mode aérien généralement privilégié lors de la réponse urgente aux crises.

Cette recherche a pour but d'évaluer l'efficacité logistique de l'ajout d'un deuxième niveau d'entreposage au réseau actuel de l'UNHRD afin de mieux répondre aux crises humanitaires en Afrique de l'Est. Actuellement, les produits envoyés pour soutenir la région proviennent directement d'un des six entrepôts qui composent le réseau de l'UNHRD. L'ajout d'un site d'entreposage régional où serait prépositionné le matériel

d'urgence à plus forte demande pourrait améliorer l'efficacité des opérations humanitaires, tant au niveau des coûts d'opération que des temps de réponse. Ainsi, ce mémoire propose de répondre à la question de recherche suivante : est-ce que l'UNHRD devrait implanter un réseau de prépositionnement régional pour répondre de façon efficace aux crises humanitaires en Afrique de l'Est?

Pour répondre à la question de recherche, nous avons analysé une étude de cas, soit celle visant l'implantation d'un site de prépositionnement régional à Kampala, en Ouganda, pour couvrir une partie de la demande en Afrique de l'Est. L'objectif est d'évaluer l'amélioration potentielle en termes de coûts d'opération que pourrait représenter l'ajout du site de Kampala au réseau actuel dans la réponse régionale.

Afin d'évaluer l'efficacité potentielle d'ajouter un deuxième niveau d'entreposage, il faut comparer les différents coûts d'opération qu'engendrerait le nouveau réseau avec ceux du réseau actuel pour une demande identique. Schématiquement, le réseau actuel fonctionne de cette façon. Les fournisseurs envoient le matériel commandé à travers le réseau de l'UNHRD. Lorsqu'il y a une demande de la part d'un partenaire, le matériel est envoyé par avion vers l'un des aéroports internationaux en Afrique de l'Est. Ces points de chute constituent les points de distribution aux partenaires. Nous cherchons à évaluer le potentiel d'amélioration des coûts en déplaçant une partie de la réponse vers le site de Kampala. Le réseau proposé, illustré à la figure 1.1, se compose donc du réseau actuel auquel s'ajoute un site régional de prépositionnement. Le matériel envoyé à Kampala serait alors acheminé par voie maritime jusqu'au port de Mombasa pour ensuite être transporté par train jusqu'à la capitale ougandaise où il serait entreposé jusqu'à ce qu'une demande survienne. Il serait ensuite transporté par camion jusqu'aux points de distribution aux partenaires. L'avantage de ce second réseau réside dans l'offre d'une alternative moins coûteuse au transport aérien pour une partie de la demande en entreposant du matériel plus près des points de demande.

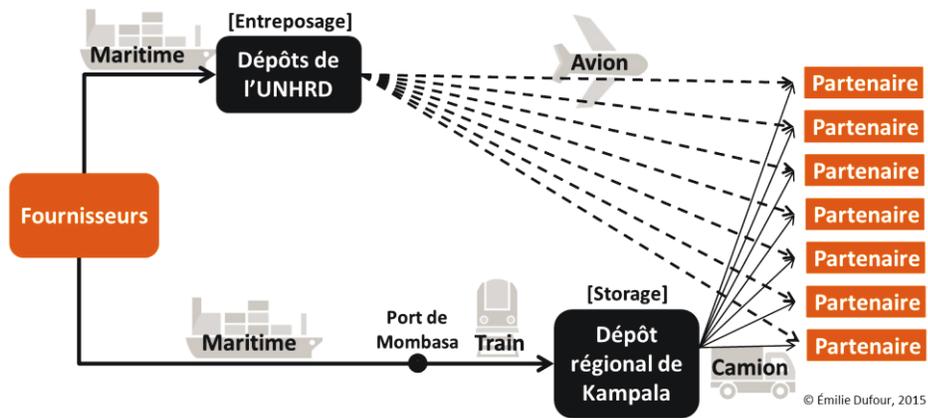


Figure 1.1 – Schématisation du réseau proposé

1.2 Intérêts de la recherche

Notre étude présente différentes contributions académiques et techniques qui sont brièvement présentées ici. Tout d'abord, l'arrivée des prestataires de services logistiques dans le paysage humanitaire est relativement récente et peu d'études y sont consacrées (Vega et Roussat, 2015). En tant que prestataire de services logistiques, l'UNHRD prend en charge une partie des activités logistiques des organisations non gouvernementales (ONG), des agences des Nations Unies et des organisations gouvernementales et constitue un organe de coordination entre ces acteurs. En nous penchant sur cette étude de cas dédiée à la conception de réseaux des prestataires de services logistiques humanitaires, nous abordons un nouvel angle de recherche qui contribuera à enrichir les connaissances scientifiques et permettra de jeter les bases dans ce domaine.

Une autre contribution est le fait que nous utilisons des données réelles afin de résoudre un vrai problème sur le terrain. En effet, encore trop peu de chercheurs dans le domaine humanitaire ont accès à des données réelles, issues d'études de cas. Les données secondaires utilisées pour paramétrer les modèles mathématiques présentés dans ce mémoire ont été recueillies lors d'études de terrain en Italie, aux Émirats Arabes Unis et en Ouganda. Au terme de notre recherche de terrain, un faible nombre de données étaient manquantes, principalement en raison du fait que le réseau proposé est

entièrement nouveau. Une méthodologie rigoureuse a donc été appliquée pour estimer ces données, afin qu'elles reflètent le plus fidèlement possible la réalité.

De plus, cette recherche constitue une contribution pratique puisque plusieurs recommandations en résultent afin de soutenir l'implantation du projet par l'UNHRD. En effet, suite aux recommandations déposées en juillet 2015 à l'UNHRD, l'implantation progressive du dépôt régional à Kampala a été mise en place. Il devrait atteindre sa pleine capacité d'opération à l'été 2016, au plus tard. Le projet permettra à l'UNHRD et à ses partenaires de réduire leurs coûts dans leurs opérations de réponse et d'aider davantage de bénéficiaires en Afrique de l'Est.

Finalement, la répliquabilité du cadre d'analyse présenté dans ce projet constitue une contribution majeure. Grâce à la simplicité de l'outil développé, celui-ci sera utilisé par l'UNHRD afin d'évaluer d'autres sites potentiels à travers le monde pour déployer sa stratégie de prépositionnement régional. À cette fin, des sites ont déjà été envisagés en Afrique de l'Ouest, en Asie Centrale et en Asie du Sud-Est.

1.3 Méthodologie

Pour répondre à la question de recherche, nous proposons une méthodologie composée de quatre phases ancrées dans les principes de recherche opérationnelle, soit (1) la définition du problème, (2) la détermination d'une heuristique de résolution et la formulation du problème, (3) l'évaluation des paramètres et (4) la résolution et l'analyse des résultats.

Dans le but de bien définir le problème et de comprendre les différents enjeux attenants au projet de prépositionnement régional, nous avons rencontré différentes personnes-clés de l'UNHRD et du PAM. Une partie de ces entretiens a servi à améliorer notre compréhension des opérations logistiques de l'UNHRD tandis que l'autre partie a permis de définir le cadre dans lequel le projet de prépositionnement régional devait s'inscrire.

Afin de comprendre le fonctionnement de l'UNHRD, deux principaux éléments d'analyse ont été produits : une cartographie de processus illustrant les demandes des partenaires pour la gestion des stocks (annexe 1) et une analyse ABC des différentes marchandises sortant des différents dépôts (annexe 3). La cartographie des processus nous a permis d'avoir une meilleure compréhension des processus de commande par les partenaires et de schématiser les interactions entre les différentes parties prenantes. Pour sa part, l'analyse ABC a permis de cibler les produits qui ont le plus grand impact sur la valeur totale des stocks sortant de chaque dépôt de l'UNHRD. Cet exercice permet de concentrer les efforts de gestion sur les produits à plus forte importance, c'est-à-dire ceux de la catégorie A.

Cette première phase a également permis de définir le cadre du projet de prépositionnement de matériel d'urgence à l'échelle régionale. Dans une logique de réduction des coûts d'opération, les coûts de transport et de manutention, la capacité d'entreposage et les coûts d'entreposage ont été retenus comme étant les plus importants. Les études sur le terrain nous ont amenés à considérer les temps de transport dans le but de délimiter le territoire pouvant être couvert depuis Kampala et en ce sens, n'ont pas été intégrés aux modèles mathématiques.

La deuxième phase de notre méthodologie se penche sur la modélisation mathématique du problème. En fait, une heuristique de résolution en deux étapes, basée sur la programmation mathématique, a été développée pour résoudre le problème. Deux modèles ont été développés à cette fin. Le premier modèle formulé représente le réseau actuel tandis que l'autre modélise le réseau proposé. Ce nouveau réseau proposé se compose du réseau actuel auquel a été ajouté le site de Kampala. L'objectif des deux modèles est de minimiser le coût total d'opération.

La troisième phase du projet a pour objectif d'évaluer les paramètres nécessaires à la résolution du problème, soit les caractéristiques de la demande régionale, les coûts de transport, la capacité d'entreposage dans le réseau et les produits pouvant être entreposés à Kampala. Pour ce faire, nous avons procédé à une collecte de données

secondaires à Rome, Brindisi, Dubaï et Kampala, entre juin et novembre 2014. De plus, certaines données proviennent d'un transitaire logistique et d'une compagnie de transport maritime. Pour respecter la confidentialité des données présentées dans ce mémoire, celles-ci ont été agrégées ou modifiées à l'aide d'un coefficient.

Enfin, la quatrième phase consiste en la résolution du problème. Vu le contexte incertain caractérisant la demande d'aide humanitaire, nous avons utilisé des scénarios pour simuler la demande régionale. Ainsi, 5 000 scénarios représentant une demande semestrielle ont été générés. Le solveur CPLEX (version 12.6.2) a ensuite été utilisé afin de résoudre l'ensemble des scénarios à travers les deux modèles, ce qui nous a permis d'obtenir des résultats exprimés en coût total d'opération pour chacun des réseaux, actuel et proposé, qui ont été comparés. Finalement, ces résultats ont été soumis à différents tests de sensibilité afin d'évaluer l'impact de la variabilité de certains paramètres sur les résultats et de tester la robustesse de nos conclusions.

1.4 Organisation du mémoire

Dans la partie qui suit (chapitre 2), nous présentons une revue de la littérature s'articulant autour de trois thèmes spécifiques au contexte humanitaire, soit la logistique humanitaire, le prépositionnement de stocks et la conception de réseaux. Nous abordons également l'arrivée récente des prestataires de services logistiques dans les chaînes logistiques humanitaires. Dans le troisième chapitre, nous présentons en détail l'étude de cas pour l'implantation d'un site de prépositionnement régional à Kampala, puis nous détaillons la méthodologie et les différents paramètres qui supportent notre recherche. Les résultats obtenus et les différentes analyses de sensibilité réalisées sont discutés dans le quatrième chapitre. Finalement, le chapitre cinq présente les principales conclusions tirées de cette recherche, les contributions pratiques et techniques qui émergent ainsi qu'un certain nombre d'ouvertures pour des recherches futures dans ce domaine.

Chapitre 2 | Revue de littérature

La logistique humanitaire est un champ disciplinaire qui gagne en intérêt dans la recherche académique depuis deux décennies (Altay et Green III, 2006; Galindo et Batta, 2013). Parallèlement, les organisations humanitaires ont peu à peu adopté des approches basées sur les principes de la recherche opérationnelle dans le but d'accroître leur performance et d'harmoniser la coordination entre les multiples acteurs (Rancourt *et al.*, 2015; Van Wassenhove et Pedraza Martinez, 2012). L'arrimage entre la théorie et la pratique s'est ainsi consolidé au fil des ans, bien qu'il ne soit pas systématique. Dans leur revue de la littérature en gestion des opérations humanitaires, Galindo et Batta (2013) analysent les différentes méthodes utilisées par les chercheurs, en les comparant avec la recension faite antérieurement par Altay et Green (2006). En s'appuyant sur cette comparaison, ils concluent que l'utilisation des études de cas a permis de réduire l'écart entre la théorie et la réalité sur le terrain puisque les chercheurs s'appuient sur des données réelles pour vérifier l'applicabilité de leurs modèles. C'est dans cette logique que ce projet de mémoire a été développé. Notre recherche s'inscrit dans ce souci de produire une recherche appliquée permettant de soutenir et d'améliorer l'efficacité des opérations humanitaires en Afrique de l'Est. Notre recherche s'articule autour d'une méthodologie basée sur la modélisation mathématique et la simulation. Cette méthode sera par ailleurs ancrée dans l'étude de cas de l'UNHRD, ce qui permet d'utiliser des données réelles.

2.1 Contexte général de la logistique humanitaire

La logistique humanitaire peut être définie comme « *the process of planning, implementing and controlling the efficient, cost-effective flow and storage of goods and materials, as well as related information, from point of origin to point of consumption for the purpose of meeting the end beneficiary's requirements* » (Thomas et Mizushima, 2005: 60). Cette définition, largement reprise dans la littérature, englobe à la fois la réponse immédiate à une crise et l'aide au développement à long terme. Ces deux types d'opérations se distinguent par la présence ou non d'un élément déclencheur et par la durée de l'intervention dans le temps. La réponse immédiate à une crise est généralement déclenchée par un événement soudain, comme un ouragan ou une guerre civile, ou graduellement à travers le temps, comme dans le cas d'une famine causée par la sécheresse. La réponse va s'étendre sur quelques semaines ou quelques mois. Au contraire, l'aide au développement à long terme n'est pas liée à un événement précis et peut s'étendre sur plusieurs années, voire des décennies, permettant une certaine prévisibilité (Çelik *et al.*, 2014; Kovács et Spens, 2007; Rancourt *et al.*, 2015). Finalement, mentionnons que dans un cas comme dans l'autre, les crises humanitaires peuvent être d'origine humaine ou naturelle, ou encore le résultat de plusieurs éléments cumulatifs (Pateman, Hughes et Cahoon, 2013).

En somme, l'intérêt grandissant que suscite aujourd'hui la logistique humanitaire vient à la fois des défis logistiques particuliers qu'elle pose – distincts de ceux des chaînes logistiques commerciales ou militaires – et du nombre croissant de crises humanitaires à travers le monde (Çelik *et al.*, 2014; Van Wassenhove et Pedraza Martinez, 2012). Balcik et Beamon (2008) résumant les quatre caractéristiques principales de la logistique humanitaire qui lui confèrent un niveau de complexité supérieur :

- L'imprévisibilité des caractéristiques de la demande;
- L'apparition soudaine d'une demande qui nécessite de mobiliser beaucoup de ressources en très peu de temps;
- Les enjeux relatifs à une réponse adéquate et opportune;

- Le manque de ressources (matérielles, technologiques, monétaires, de personnes, de capacités de transport).

Dans la section suivante, nous présenterons brièvement quelques points de comparaison avec la logistique commerciale, pour ensuite nous attarder concrètement à la logistique humanitaire à travers ses phases de coordination et les spécificités de sa chaîne logistique.

2.1.1 Les particularités de la chaîne logistique humanitaire

La chaîne logistique humanitaire, qui permet de faire transiter des biens ou de l'information d'un point d'origine au point final de consommation, partage plusieurs processus avec la chaîne logistique commerciale : l'approvisionnement, l'achat, la gestion des stocks et la gestion de l'information. De plus, les deux chaînes logistiques font face à des défis similaires, notamment en matière de gestion des risques. Plusieurs approches et concepts ont été développés récemment dans le but de capter les risques susceptibles de créer des perturbations sur la chaîne logistique et d'entraîner des conséquences désastreuses (Heckmann, Comes et Nickel, 2015). La gestion des risques s'est donc largement imposée ces dernières années, et ce particulièrement dans le domaine humanitaire où la complexité des chaînes logistiques, la multitude d'acteurs et les nombreuses sources d'incertitude ont accru ces risques de perturbation.

Par ailleurs, la nature des opérations qui composent la logistique humanitaire met en lumière certaines similitudes avec la logistique commerciale. En effet, les deux disciplines partagent des activités identiques, soit la préparation des commandes, la planification, l'achat, le transport, l'entreposage, le suivi des envois et le dédouanage (Thomas et Kopczak, 2005). Du point de vue de la recherche opérationnelle, Rancourt *et al.* (2015) relèvent également des similitudes, notamment avec des problèmes classiques de localisation et de conception de réseaux qui sont communément utilisés dans la logistique commerciale. La logistique humanitaire peut donc tirer avantage des acquis développés du côté commercial et une collaboration entre les deux secteurs est de plus

en plus envisagée comme une voie d'avenir (Schulz et Blecken, 2010; Van Wassenhove, 2006).

Toutefois, les deux disciplines ont des divergences notoires qui doivent être considérées dans le cadre d'une étude dédiée à la logistique humanitaire, comme nous nous exerçons à le faire dans ce mémoire. À la base, les deux types de chaînes logistiques diffèrent sur leur objectif final. Alors que la chaîne logistique commerciale a pour but de maximiser le profit engendré, la chaîne logistique humanitaire a pour objectif de minimiser la souffrance humaine (Balcik et Beamon, 2008; Farahani *et al.*, 2014). Dans la littérature humanitaire, cet objectif est plus souvent exprimé par la minimisation du coût social (Holguín-Veras *et al.*, 2012). Dans les paragraphes qui suivent, nous présenterons trois caractéristiques qui distinguent la logistique humanitaire de son pendant commercial, lesquelles complexifient ses opérations : (1) l'imprévisibilité de la demande, (2) les caractéristiques du « client » final et (3) le financement des opérations. Ces trois éléments distinctifs seront détaillés dans les paragraphes suivants.

Premièrement, la demande est imprévisible tant au niveau de sa localisation que de son ampleur ou du moment où elle survient (Balcik et Beamon, 2008). Cette imprévisibilité représente un défi colossal pour les logisticiens et les gestionnaires, qui ont peu de temps pour évaluer les besoins lorsqu'ils surviennent afin d'apporter un support rapide permettant de limiter le nombre de victimes et les dommages matériels. Les besoins varient considérablement selon la région touchée, la nature de la crise et les populations affectées. L'aspect dynamique doit aussi être pris en compte par les organisations humanitaires, et ce à deux échelles différentes. D'une part, il s'agit de considérer la stochasticité à l'intérieur même d'une crise humanitaire, puisque celle-ci est soumise à une évolution dans le temps. À titre d'exemple, suite au tremblement de terre de Yogyakarta (Indonésie) en 2006, plusieurs répliques ont été ressenties dans les jours suivants, forçant la Croix-Rouge internationale à adapter ses opérations sur le terrain (Gatignon, Van Wassenhove et Charles, 2010). D'autre part, les activités des organisations humanitaires sont rarement orientées vers une seule crise, ce qui oblige ces organisations à évoluer dans un environnement global dynamique. Ainsi, il n'est pas

rare qu'une organisation doive déployer simultanément ses efforts dans différentes régions du monde, où la nature des crises – et donc les besoins – peut varier. Pour illustrer cette demande multiple et simultanée, on peut penser au Programme alimentaire mondial qui, en 2014, a entre autres déployé ses efforts à la fois pour lutter contre l'épidémie d'Ebola, pour soulager la famine en Europe de l'Est, pour soutenir les populations touchées par les crises en Syrie et au Soudan du Sud ainsi que celles déplacées suite aux inondations au Pakistan (WFP, 2015b).

Deuxièmement, la chaîne logistique humanitaire a comme caractéristique que les « clients » finaux sont les bénéficiaires de l'aide humanitaire. Ici, l'adage commercial « le client est roi » ne saurait s'appliquer. À cet effet, Kovács et Spens (2011) soulignent que les bénéficiaires ne disposent pas d'un pouvoir d'achat et qu'ils ne disposent pas de moyens directs d'exprimer leurs besoins. Les besoins initiaux sont fixés en termes matériels – et non en terme de prestation de services – et sont le résultat d'un processus d'évaluation mené par les organisations humanitaires qui déploient des équipes spécialisées sur le terrain (Heaslip, 2015). Cette façon de faire permet de faciliter la fluidité de l'information et surtout, d'assurer une réponse dans les meilleurs délais afin de limiter les pertes humaines et matérielles. Néanmoins, si les bénéficiaires font rarement partie des processus tout au long de la chaîne logistique, on remarque que leur implication a gagné en importance ces dernières années. En effet, on peut observer sur le terrain de plus en plus de bénéficiaires impliqués dans la gestion des camps de personnes déplacées et dans la distribution d'aide directe (Heaslip, 2015). Nombre d'auteurs expliquent ce phénomène grandissant par la tendance récente des organisations humanitaires à se tourner vers l'approvisionnement local (Jahre et Jensen, 2010; Kovács et Spens, 2011).

L'une des options pour donner une voix aux bénéficiaires serait d'introduire une évaluation de la qualité des services dans les opérations humanitaires. Si la littérature portant sur la qualité de service est riche en logistique commerciale, elle n'en est qu'à ses balbutiements en logistique humanitaire, comme le dénote Heaslip (2015). Dans leur récent article, D'Haene, Verlinde et Macharis (2015) font une revue de littérature dédiée

aux mesures de performance en humanitaire et mettent en lumière certaines pratiques en place dans les organisations. Les auteurs font écho à Tatham et Hughes (2011) en estimant que l'évaluation de la qualité de service aux bénéficiaires d'aide humanitaire constitue un enjeu majeur dans l'avenir.

Troisièmement, la dernière caractéristique propre à la logistique humanitaire que nous répertorierons est son modèle de financement, qui est différent de celui de la chaîne logistique commerciale. Les opérations humanitaires dépendent de la générosité des dons qui peuvent être gouvernementaux, corporatifs, individuels ou provenant d'organisations sans but lucratif. De plus, l'incertitude qui entoure les fonds dédiés aux opérations d'une organisation est très élevée : les dons n'arrivent souvent que lorsque la crise humanitaire est déclenchée et médiatisée. Ainsi, la capacité de financement des organisations humanitaires est intrinsèquement liée à la couverture médiatique, que ce soit dans l'afflux des dons suite à une crise ou dans la visibilité des organisations humanitaires dans leur réponse (D'Haene, Verlinde et Macharis, 2015; Ülkü, Bell et Wilson, 2015). Et ces dernières années, la croissance fulgurante des différents médias sociaux est venue consolider cette tendance (Ferdous, 2014; Ferris, 2011; Kovács et Spens, 2011). Or, cette visibilité peut être à double tranchant pour les organisations puisqu'une mauvaise image de leur gestion d'une crise peut se révéler nuisible pour leurs futures campagnes de financement (Ferris, 2011; Gatignon, Van Wassenhove et Charles, 2010). Dans ce contexte, si une organisation veut s'assurer de répondre rapidement et de façon efficiente à une crise, elle doit préalablement tabler sur la préparation et la planification (Kovács et Spens, 2007; Ülkü, Bell et Wilson, 2015; Van Wassenhove et Pedraza Martinez, 2012).

Au fil des ans, la relation avec les donateurs a donc gagné en importance (Heaslip, 2015); les dons représentant la pierre angulaire de l'action humanitaire. La compétitivité entre les organisations humanitaires s'est beaucoup accrue ces dernières années alors que les dons ont connu une croissance nettement inférieure à la demande en aide humanitaire (Van Wassenhove et Pedraza Martinez, 2012). À cela s'ajoute d'autres défis qui complexifient la gestion des dons, notamment en ce qui concerne les dons dédiés

exclusivement à une cause spécifique et ceux qui sont non sollicités. En effet, plusieurs donateurs insistent pour que leurs dons soient dédiés à une crise humanitaire particulière ou à une région, ce qui entraîne des problèmes d'iniquité dans la répartition des ressources allouées aux différentes opérations humanitaires menées par un organisme (Çelik *et al.*, 2014). Un autre enjeu relatif à la gestion des dons vient du fait que les organismes reçoivent des dons non sollicités, le plus souvent matériels. Un afflux de ces dons cause un engorgement des infrastructures d'entreposage et de transport dans la région touchée. La gestion supplémentaire que représente ces dons a comme conséquence d'accroître les coûts logistiques et de compromettre la qualité des services aux bénéficiaires (Larson, 2014).

Outre les ressources financières et matérielles qui sont précaires, les organisations doivent également gérer d'autres types de ressources tout aussi incertaines : la qualité des infrastructures locales permettant de distribuer l'aide, la disponibilité du personnel, l'accès à l'information et les compétences des bénévoles, entre autres. Ces difficultés ne font qu'accroître la pression sur les organisations, qui doivent chercher de nouvelles façons d'augmenter l'efficacité de leurs opérations.

Selon Schulz et Blecken (2010), si les organisations humanitaires veulent maintenir leur niveau d'assistance aux populations, elles doivent à la fois œuvrer à accroître leur efficacité en termes de coûts, de temps de réponse et de qualité de service. En cela, les activités liées à la logistique semblent constituer une opportunité d'amélioration intéressante puisqu'on estime que ces activités captent à elles seules près de 80% des coûts lors de la réponse aux crises (Schulz et Blecken, 2010).

Ainsi, parce qu'elle opère dans un contexte particulier marqué par l'incertitude tant en termes de demande que de disponibilité des ressources, la chaîne logistique humanitaire doit avoir un haut niveau d'adaptabilité, de flexibilité et d'efficacité (D'Haene, Verlinde et Macharis, 2015; Holguín-Veras *et al.*, 2012). Ceci rend très complexes la gestion et l'opération d'une chaîne logistique humanitaire. Plusieurs auteurs ont proposé des cadres d'analyse illustrant les particularités de cette chaîne logistique. Un recensement

de ces travaux a été produit par Yu *et al.* (2015). Dans cet article, les auteurs apportent d’ailleurs une contribution théorique en proposant un nouveau cadre d’analyse qui nous semble intéressant (figure 2.1), puisqu’il inclut les différentes dimensions de la chaîne de valeur. L’intérêt du cadre d’analyse développé par Yu *et al.* vient du fait qu’il illustre à la fois les activités logistiques, les flux et les acteurs logistiques. Leur cadre d’analyse présente par ailleurs une certaine flexibilité puisqu’il peut être utilisé pour analyser la gestion des opérations humanitaires de réponse immédiate et les opérations d’aide au développement. Dans leur cadre d’analyse, les auteurs identifient les différents types de flux transitant à travers la chaîne logistique : l’aide (biens et services), les capitaux, les personnes et l’information. Ces flux transitent à travers les différents maillons de la chaîne de valeur, faisant ainsi le pont entre les sources de financement, les organisations d’aide et les bénéficiaires. La fluidité tout au long de la chaîne est assurée grâce à la coordination interne et externe, c’est-à-dire à l’intérieur de chaque organisation, mais également entre les différents acteurs tels que les gouvernements, les militaires, les donateurs, etc. L’articulation de ces différentes composantes permet d’assurer une minimisation de la souffrance des bénéficiaires.

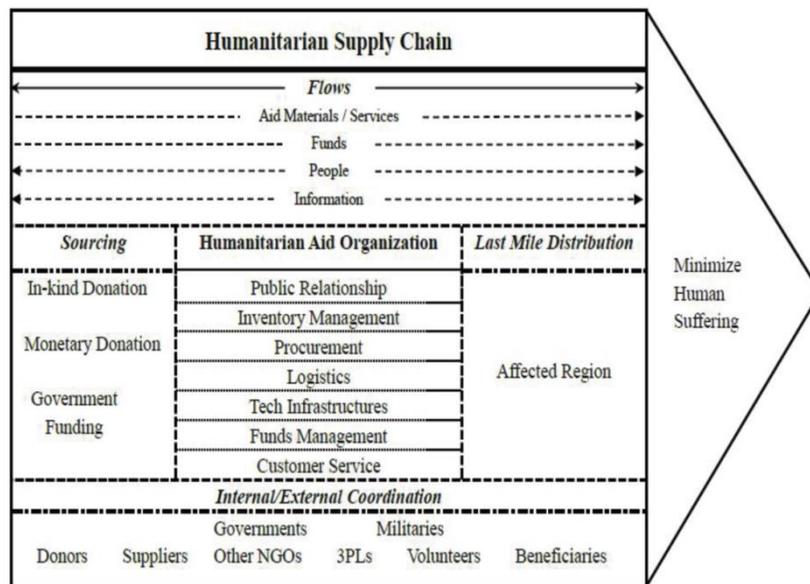


Figure 2.1 – Cadre d’analyse de la chaîne logistique humanitaire produit par Yu *et al.*

Source : Yu, Degan, Mehmet G. Yalcin, Koray Ozpolat et Douglas N. Hales (2015). « Research in Humanitarian Supply Chain Management and a New Framework », Eurasian Journal of Business and Economics, vol. 8, no 15, p. 39-60.

2.1.2 L'importance de la coordination entre les acteurs humanitaires

La chaîne logistique humanitaire compte un grand nombre d'acteurs dont les activités, si elles ne sont pas bien coordonnées, peuvent avoir des effets désastreux sur la qualité de la réponse. À titre d'exemple, l'ONU a répertorié pas moins de 900 ONG différentes déployées à Haïti après le séisme en 2010 (Tatham et Spens, 2014). L'un des effets de ce manque de coordination le plus souvent visible sur le terrain est la saturation de la capacité des infrastructures de transport, laquelle nuit à l'acheminement d'aide aux victimes (Gatignon, Van Wassenhove et Charles, 2010). C'est en ce sens que la coordination des acteurs s'avère cruciale pour le succès des opérations d'aide humanitaire puisqu'elle assure la fluidité de l'aide à travers un réseau de distribution complexe (Yu *et al.*, 2015).

De plus, les missions et les objectifs des multiples acteurs qui œuvrent en humanitaire divergent. On note d'ailleurs une grande variabilité dans leur capacité de réponse. Dans la littérature, on retrouve généralement six catégories d'acteurs de la chaîne logistique humanitaire : les populations affectées, les institutions gouvernementales, les institutions militaires, les ONG, les firmes privées et les donateurs (Duran *et al.*, 2013). Schulz et Blecken (2010), dans leur étude sur la coopération logistique horizontale en humanitaire, relèvent avec justesse les principales barrières menaçant ces efforts : la différence des mandats, la multiplicité des structures organisationnelles, la perception d'une compétition entre les acteurs et les entraves au partage de l'information. Selon Van Wassenhove (2006), la coopération horizontale est une stratégie qui gagnera en importance dans les prochaines années. Pour lui, il est indéniable que le nombre croissant de crises humanitaires et leur complexité grandissante forceront une meilleure coopération et une spécialisation des tâches. Dans un contexte où les ressources se font de plus en plus rares, la coordination des actions humanitaires semble incontournable. En effet, la collaboration et la coordination entre les acteurs ont deux avantages majeurs : (1) elles permettent de réduire la duplication des efforts et donc d'accroître l'efficience et l'efficacité des opérations, et (2) elles contribuent à réduire le gaspillage des ressources et à améliorer le temps de réponse (Schulz et Blecken, 2010).

Selon Davis *et al.* (2013), l'accessibilité et le partage d'informations semblent être la clé de la coordination entre les acteurs impliqués dans les opérations humanitaires. Les flux d'information permettent notamment de partager les données les plus à jour sur l'état des infrastructures et les besoins de la population. Pour faciliter l'acquisition et le partage entre les acteurs, différentes stratégies sont possibles. Parmi celles-ci, mentionnons les investissements dans les technologies et la création de grappes logistiques humanitaires (*cluster approach*) (Galindo et Batta, 2013).

Depuis le tournant des années 2000, on voit apparaître de nouvelles structures logistiques dans le paysage humanitaire, il s'agit d'organismes qui regroupent certaines activités logistiques (Heaslip, 2013). Pour désigner ces entités, Vega et Roussat (2015) utilisent l'expression « *Humanitarian service providers* ». Le rôle de ces prestataires de services logistiques humanitaires consiste à faire un pont entre les différents acteurs, permettant ainsi de favoriser la coopération entre eux et la fluidité des ressources sur la chaîne logistique. Ces organismes prennent ainsi un rôle similaire aux prestataires logistiques commerciaux, comme les entreprises de type *Third-party logistics* (3PL) (Heaslip, 2013). En prenant en charge certaines activités comme l'achat, l'entreposage, la préparation des commandes, le transport et la livraison, ces entités permettent aux organismes utilisant leurs services de réaliser des économies de coûts et de temps substantielles grâce à des économies d'échelle et à une consolidation des envois (Schulz et Blecken, 2010). Leur principal objectif est donc d'offrir des services logistiques de haute qualité tout en conservant une vocation non lucrative (Vega et Roussat, 2015).

Le rôle des prestataires logistiques humanitaires est un champ d'études relativement nouveau en logistique humanitaire (Aguzezoul, 2014). Plusieurs barrières peuvent expliquer leur arrivée tardive dans les chaînes logistiques humanitaires alors que les prestataires logistiques de types 3PL sont bien ancrés dans le milieu commercial depuis plusieurs années. On peut notamment penser à la multiplicité des acteurs humanitaires et aux procédures humanitaires particulières, souvent ad hoc, qui ne sont pas suffisamment documentées et standardisées pour mettre en place une structure de

services logistiques rencontrant les intérêts de tous les interlocuteurs (Schulz et Blecken, 2010; Van Wassenhove, 2006).

Vega et Roussat (2015), dans leur étude sur le rôle des prestataires logistiques humanitaires, ont répertorié 26 articles abordant ce type d'acteur. De ce nombre, seulement quatre en font le sujet central de leur étude. Tout d'abord, Schulz et Blecken (2010) explorent trois études de cas afin de comprendre les opportunités que représente la coopération horizontale dans les opérations humanitaires. Jahre et Jensen (2010) étudient quant à eux le potentiel des grappes logistiques humanitaires (*clusters*) pour faciliter la coordination de la chaîne logistique. Leurs travaux sont basés sur l'étude de cas de l'*United Nations Joint Logistics Centre* (UNJLC). Dans leur étude, Cozzolino *et al.* (2012) ont identifié les processus de la logistique humanitaire où les principes *lean* pourraient être appliqués. Les auteurs proposent un cadre conceptuel qu'ils testent en étudiant le cas du PAM dans sa réponse à la crise humanitaire au Darfour. Finalement, Jensen (2012) se penche sur le rôle des grappes logistiques humanitaires en le comparant aux pratiques des *Fourth-party logistics* (4PL) commerciales, grâce à deux études de cas. À ce recensement fait par Vega et Roussat, nous ajouterons une dernière référence portant sur le rôle des prestataires logistiques, soit celle d'Abidi *et al.* (2015) qui traite de l'apport potentiel des services d'un 4PL dans l'amélioration de la chaîne logistique humanitaire.

Mentionnons qu'à l'heure actuelle, les organisations qui jouent un rôle de prestataire logistique sont encore peu nombreuses sur le terrain. Schulz et Blecken (2010) identifient les trois plus importants prestataires logistiques humanitaires : l'UNHRD qui est une division du PAM, les *Regional Logistics Units* (RLU) qui supportent principalement les activités logistiques de la Fédération internationale des Sociétés de la Croix-Rouge et du Croissant-Rouge (FICR) et l'*European Commission's Humanitarian Aid and Civil Protection department* (ECHO) qui est l'initiative de la Commission Européenne. Ces divisions spécialisées sont mises en place pour supporter les activités internes des organismes dont ils sont issus, en plus d'offrir des services logistiques aux organismes humanitaires

externes. Techniquement, ces organisations externes deviennent des « clients » utilisant leurs services logistiques.

2.1.3 Les phases de coordination des opérations humanitaires

Communément à ce qu'on retrouve dans la littérature scientifique (Çelik *et al.*, 2014; Van Wassenhove et Pedraza Martinez, 2012), et selon une nomenclature introduite par Haddow et Bullock (2004), les opérations humanitaires sont divisées en quatre phases de



Figure 2.2 – Phases de coordination d'une crise humanitaire

Source : Selon les définitions tirées de Çelik *et al.*, 2014

coordination (figure 2.2), : la mitigation, la préparation, la réponse et le rétablissement. Dans la revue de littérature de Çelik *et al.* (2014), les auteurs classifient la littérature récente en recherche opérationnelle dédiée à la logistique humanitaire en fonction de ces quatre phases. Cette classification permet de dégager les principales contributions académiques produites dans chacune des phases de coordination d'une

crise humanitaire. Ces phases de coordination, étroitement liées, permettent de cibler les risques potentiels d'une crise pour une région donnée et de développer les compétences et les outils nécessaires à la gestion de ces risques (phase de mitigation), ainsi que de connaître rapidement la portée des dommages et d'établir les priorités de réponse (phase de préparation). Lorsqu'une crise survient, cette seconde phase sert de point de départ pour amorcer le processus de réponse et le déploiement des ressources sur le terrain (phase de réponse). Finalement, dans la majorité des cas, le retour à la normale se fera conjointement avec le soutien des acteurs humanitaires locaux, nationaux et internationaux (phase de rétablissement). Dans leur analyse portant sur un recensement de la littérature en recherche opérationnelle, les auteurs Altay et Green (2006) listent les principales activités liées à chacune des phases. Selon eux, la phase de

mitigation sert à la mise en place de mesures axées sur la réduction des impacts négatifs d'une catastrophe, telles que des modifications de zonage dans les zones à risque, des améliorations aux codes de la construction, la mise en place de barrières protectrices et un renforcement des processus d'assurances. Les tâches relatives à la phase de préparation peuvent consister à prépositionner du matériel d'urgence dans des zones stratégiques, recruter et entraîner le personnel, développer des ententes avec les fournisseurs et élaborer des plans de réponses. La phase de réponse, où a lieu le déploiement des ressources suite au déclenchement d'une crise, est cruciale. Elle consiste à évacuer les populations touchées, apporter du matériel de secours et des soins, construire des abris et mener des opérations de sauvetage. Finalement, la phase de rétablissement consiste à nettoyer les lieux du désastre, à assister financièrement les populations touchées et les gouvernements, à rebâtir et à apporter des soins psychologiques aux victimes. En conclusion de leur article, Çelik *et al.* (2014) mettent en lumière les lacunes en recherche dans le champ disciplinaire de la logistique humanitaire, dont notamment le peu d'articles s'intéressant à l'aide au développement à long terme et au manque d'outils d'aide à la décision pour soutenir les efforts des organisations.

Kovács et Spens (2007), dans leur papier faisant état de la logistique humanitaire dans la littérature scientifique jusqu'en 2006, apportent une dimension géographique permettant une meilleure compréhension du rôle des acteurs dans les phases de coordination. Les auteurs introduisent ainsi deux perspectives de coordination : régionale et extrarégionale. La première catégorie englobe les acteurs régionaux, c'est-à-dire ceux qui sont déjà présents sur le terrain, soit les gouvernements locaux, les militaires, les entreprises locales et les organisations humanitaires locales. La coordination extrarégionale englobe pour sa part les autres organisations humanitaires, notamment les agences d'aide, l'ONU et les prestataires logistiques. Bien que leurs rôles puissent être collaboratifs, ils occupent, pour la plupart, des places différentes dans la planification et la réponse aux crises. À cet égard, Kovács et Spens (2007) proposent un cadre d'analyse intéressant. Dans la figure 2.3, nous présentons ce cadre d'analyse modifié afin de l'adapter aux quatre phases de coordination vues précédemment. Il semble que la

collaboration et la coordination entre les différents acteurs soient nécessaires et ce, à travers les différentes phases de réponse.

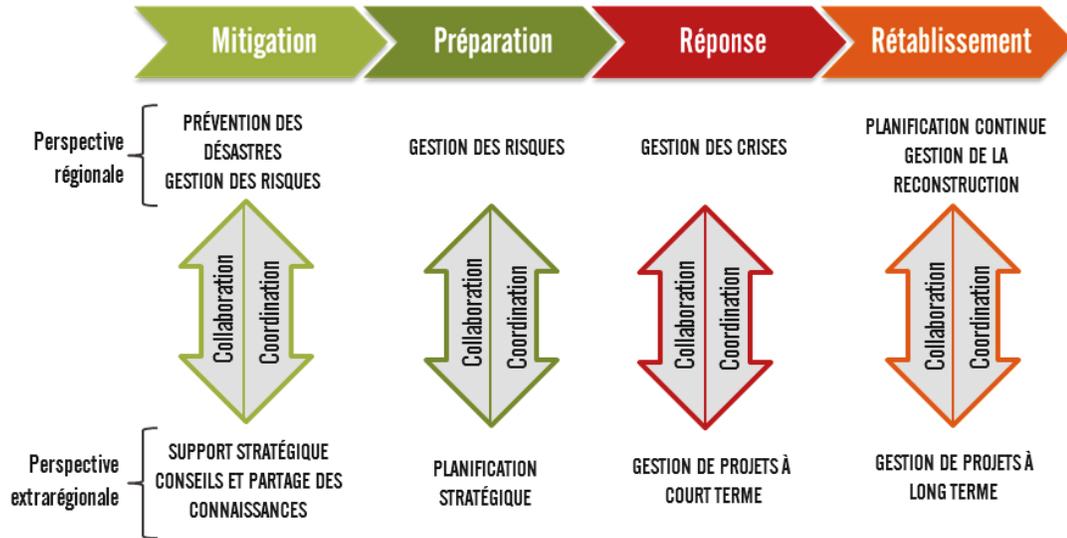


Figure 2.3 – Cadre d'analyse des phases de coordination d'une crise humanitaire selon une perspective régionale et extrarégionale

Source : Basé sur le cadre d'analyse présenté par Kovács G. et K.M.Spens (2007). « Humanitarian logistics in disaster relief operations », *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, vol. 37, no 2, p. 99-114.

2.1.4 Positionnement de la recherche dans la littérature

C'est dans ce contexte général, à la fois marqué par l'imprévisibilité et la précarité des ressources disponibles, que notre mémoire s'enracine. Notre projet de mémoire, développé conjointement avec l'UNHRD, se situe dans la phase de préparation des opérations humanitaires. Concrètement, nous misons sur une stratégie de prépositionnement régional afin d'améliorer l'efficacité de la réponse tout en réduisant les coûts d'opération du réseau de l'UNHRD en Afrique de l'Est. L'étude de cas nous a permis d'avoir accès à des données réelles, ce qui est rare en logistique humanitaire (Rancourt *et al.*, 2015). En utilisant des données réelles pour paramétrer nos modèles, nous nous assurons de produire des résultats fidèles à la réalité et de faciliter

l'implantation du projet. Par la nature même des activités de l'UNHRD, axées sur l'offre de services logistiques à la communauté humanitaire, notre projet de mémoire s'inscrit plus largement dans une logique d'amélioration de la coordination et de la concertation des efforts sur le terrain. À notre connaissance, aucune recherche ne s'est penchée sur l'analyse des stratégies de prépositionnement et des structures de réseaux des prestataires de service logistiques humanitaires. Une autre contribution de notre étude est l'introduction d'un cadre d'analyse permettant une répliquabilité de notre projet à d'autres sites de prépositionnement. Cette contribution fait écho aux recommandations formulées par Çelik *et al.* (2014) qui souligne l'importance de fournir des outils simples aux praticiens. Aussi, ce projet a pour but de fournir un cadre d'analyse permettant à l'UNHRD de procéder à l'évaluation d'autres sites régionaux potentiels de prépositionnement.

Dans les sections qui suivent, nous nous attarderons plus spécifiquement à la littérature scientifique portant sur la question du prépositionnement de matériel d'urgence pour ensuite nous pencher sur un recensement des principales études récentes s'intéressant à la conception de réseaux dans le contexte humanitaire.

2.2 Le prépositionnement de matériel d'urgence

Les phases de mitigation et de préparation sont déterminantes dans la capacité de déploiement des organisations lors de crises humanitaires. Une préparation adéquate permettra de réduire considérablement la souffrance humaine et les dommages matériels (Duran, Gutierrez et Keskinocak, 2011; Kunz, Reiner et Gold, 2014). Comme l'indiquent Çelik *et al.* (2014), chaque dollar investi dans la phase de préparation permet d'économiser l'équivalent de sept dollars lors de la phase de réponse. Les stratégies les plus souvent mises en place dans la phase de préparation sont le prépositionnement de matériel d'urgence, la localisation d'infrastructures, la formation du personnel, la planification du transport et la mise en place de partenariats avec les fournisseurs, les gouvernements et les autres organisations humanitaires (Çelik *et al.*, 2014).

Malgré l'opportunité qu'elle offre, il semble que plusieurs acteurs humanitaires négligent cette phase de préparation, faute de ressources. En effet, la mise en place des actions qui s'inscrivent dans la phase de préparation exige de mobiliser des ressources pour une durée indéterminée. Or, la majorité des organisations ont un accès limité aux ressources financière et matérielle durant cette phase. Cette réalité peut s'expliquer par deux phénomènes liés au financement des organisations. D'une part, les dons affluent de façon épisodique et pour la plupart, après le déclenchement d'une crise humanitaire de grande ampleur. Cela rend difficile de planifier l'affectation à long terme des ressources. D'autre part, plusieurs donateurs souhaitent ardemment que leur argent aille directement aux victimes, et non dans la préparation et la formation du personnel (Kovács et Spens, 2007). Dans ce contexte, les organisations misant sur une stratégie de préparation doivent gérer méticuleusement leurs ressources.

Le prépositionnement de matériel d'urgence dans des points stratégiques est sans doute l'une des stratégies les plus utilisées par les différents acteurs humanitaires et la plus performante en termes de résultats obtenus (Kunz, Reiner et Gold, 2014). Or, les investissements importants et la gestion rigoureuse des stocks que cette stratégie nécessite constituent un enjeu de taille dans son implantation.

2.2.1 Vers une décentralisation de la stratégie de prépositionnement

Parmi les organisations ayant opté pour une stratégie de prépositionnement à l'échelle mondiale, mentionnons le PAM, la FICR, la Commission européenne et CARE international (Duran, Gutierrez et Keskinocak, 2011; Gatignon, Van Wassenhove et Charles, 2010; Schulz et Blecken, 2010). Jusqu'à tout récemment, leurs stratégies de gestion des inventaires en étaient une de centralisation qui consiste à limiter le nombre d'infrastructures où les stocks étaient entreposés. Cette stratégie de centralisation des activités de gestion des stocks permet des économies d'échelle considérables puisque les coûts d'entreposage et de gestion peuvent être amortis par un grand nombre d'unités. De plus, la centralisation permet de réduire la quantité de stocks de sécurité nécessaire

pour assurer une réponse à la demande avec un certain niveau de service, par rapport à un système décentralisé. Ce phénomène est associé au « risk pooling ». Grâce à une meilleure coordination et une consolidation des envois, il est possible de minimiser les coûts de transport en répondant simultanément à plusieurs demandes lors d'une crise humanitaire.

Ces dernières années, une tendance à la décentralisation des activités d'entreposage s'est peu à peu imposée au niveau international à travers des réseaux de prépositionnement de stocks, permettant d'améliorer la capacité de réponse des organisations humanitaires (Balcik et Beamon, 2008). En proposant l'ajout de dépôts de prépositionnement régionaux au réseau actuel de l'UNHRD, notre recherche s'inscrit dans cette tendance visant à accroître davantage la décentralisation des activités d'entreposage de l'organisme. D'un seul dépôt au début des années 2000, le PAM a peu à peu développé son réseau d'entrepôts géré par l'UNHRD. Dans le contexte humanitaire, l'UNHRD est l'un des premiers organismes internationaux à développer une stratégie de prépositionnement de matériel d'urgence (Balcik et Beamon, 2008). Plus récemment, on a également observé une décentralisation de la stratégie de prépositionnement de la FICR, avec ses RLU. Depuis leur implantation, ces unités logistiques semblent enregistrer une bonne performance (Gatignon, Van Wassenhove et Charles, 2010).

2.2.2 L'amélioration de la réponse grâce au prépositionnement de matériel

Les avantages du prépositionnement stratégique de matériel sont nombreux. En effet, il permet d'améliorer de façon significative la rapidité et la capacité de la réponse aux besoins en cas de crises (Campbell et Jones, 2011; Tatham et Hughes, 2011; Taylor, 2012, p.68; Van Wyk et Yadavalli, 2011). Par exemple, lorsque la congestion et la dégradation des infrastructures de transport lors d'une catastrophe complexifient l'acheminement d'aide, un prépositionnement adéquat de fournitures d'urgence permettra de pallier à ce problème (Balcik et Beamon, 2008). Comme le soulignent Van Wyk et Yadavalli (2011),

une stratégie de prépositionnement ne sert pas à prévenir une catastrophe, mais bien à se préparer à un évènement potentiel. Or, dans un contexte où la demande est imprévisible, anticiper les besoins à des fins de prépositionnement représente un défi de taille; impossible de déterminer avec précision quand et où surviendra une crise humanitaire. Il est donc impératif de bien sélectionner les sites qui accueilleront le matériel. La minimisation des coûts de transport et la maximisation de la couverture géographique d'un site sont souvent utilisés comme objectifs de la mise en place de ces réseaux (Balcik et Beamon, 2008). De plus, certains arbitrages doivent être faits quand vient le temps de s'arrêter sur le choix d'un site. Par exemple, pour la sélection d'un site qui servira à anticiper la réponse à un désastre naturel potentiel, il est essentiel de faire un arbitrage entre la distance de ce site par rapport à la zone à risque et le risque que le matériel prépositionné soit détruit par le désastre (Akgün, Gümüşbuğa et Tansel, 2014; Campbell et Jones, 2011).

Scaparra et Church (2012) abordent le problème de la localisation à travers un réseau comme un système complexe soumis à un ensemble d'évènements stochastiques et imprévisibles. La prise en compte de ces évènements à mesure qu'ils surviennent permet de réorganiser rapidement le réseau grâce à une nouvelle optimisation. Concrètement, ce modèle représente un ensemble d'installations, dotées d'une certaine capacité, qui servent à fournir des biens et des services dans une région sujette aux désastres. Dans leur résolution, les auteurs partent de la prémisse qu'une ou plusieurs de ces installations peuvent être détruites lors d'un désastre. L'objectif est donc d'optimiser le système de distribution des biens et des services en tenant compte de ces pertes. Par ailleurs, le modèle proposé a l'avantage de pouvoir être adapté à différentes situations en fonction des risques potentiels propre à une région.

Malgré les efforts notoires de la communauté scientifique pour défricher ce champ d'études appliqué au contexte particulier de l'aide humanitaire, il n'en demeure pas moins que la localisation des sites de prépositionnement est un exercice particulièrement ardu dans des régions comme l'Afrique de l'Est. Dans ces régions particulièrement vulnérables, les organismes humanitaires et les gouvernements doivent répondre à une

demande soudaine et susceptible de prendre diverses formes : insécurité alimentaire, conflits armés, déplacement de population, catastrophes naturelles, épidémies, etc. (Tatham et Hughes, 2011). Dans ce contexte, la mixité des risques complexifie considérablement le choix d'un site pour prépositionner le matériel d'urgence ainsi que la détermination du matériel à prépositionner et en quelle quantité.

2.2.3 Les types de problèmes liés à une stratégie de prépositionnement

Dans la littérature scientifique, l'analyse d'une stratégie de prépositionnement est principalement abordée selon trois types de problèmes : (1) la localisation des sites (Balcik et Beamon, 2008; Döyen, Aras et Barbarosoğlu, 2012; Mete et Zabinsky, 2010), (2) la gestion des stocks à prépositionner (Campbell et Jones, 2011; Rawls et Turnquist, 2010; Roni, Jin et Eksioglu, 2015; Salmerón et Apte, 2010; Van Wyk et Yadavalli, 2011) et (3) la conception des réseaux de distribution de l'aide aux bénéficiaires (Das et Hanaoka, 2014; Duran, Gutierrez et Keskinocak, 2011; Farahani *et al.*, 2014; Rancourt *et al.*, 2015; Scarparra et Church, 2015; Sheu, 2007). Le sujet de notre mémoire s'apparente plutôt aux problèmes de gestion des stocks qu'à la conception de réseaux puisque la localisation du site pour entreposer le matériel a été préalablement sélectionnée selon des critères qualitatifs. Ainsi, nous voulons comparer deux réseaux différents en supposant que la gestion des stocks est faite de manière optimale, c'est-à-dire à flots à coût minimum dans un réseau. Dans les paragraphes qui suivent, nous présenterons brièvement les principales contributions récentes en recherche opérationnelle dans ces deux champs d'études, soit la gestion des stocks et la conception de réseaux. Puis, nous situerons notre recherche par rapport aux auteurs cités et présenterons la contribution académique de notre mémoire.

La gestion des stocks

Il est intéressant de noter que depuis quelques années, les problèmes de gestion des stocks sont souvent traités conjointement avec les problèmes de localisation ou de

conception de réseaux (Duran, Gutierrez et Keskinocak, 2011; Nagurney, Yu et Qiang, 2011). Il est commun dans la littérature scientifique d'avoir recours à l'optimisation stochastique utilisant la programmation en nombres entiers pour résoudre ces problèmes (Roni, Jin et Eksioglu, 2015).

Dans le but d'acquérir et de positionner le matériel d'urgence dans un réseau, Salmerón et Apte (2010) présentent un modèle d'optimisation stochastique à deux niveaux basé sur un budget alloué. Les auteurs s'intéressent particulièrement aux catastrophes naturelles cycliques. Les modèles proposés ont deux objectifs : (1) minimiser le nombre de morts et (2) minimiser le nombre de demandes non satisfaites. Les auteurs font appel à une méthodologie basée sur la simulation de scénarios afin de tester l'impact de leur modèle. Les modèles considèrent deux types de décisions relatives à la planification du prépositionnement, soit lors de la phase de préparation et lors de la gestion de ces stocks lors de la phase de réponse. Le premier niveau se penche donc sur la localisation géographique des ressources tandis que le second niveau décisionnel analyse les problèmes logistiques lors du déploiement des ressources après une catastrophe.

Comme Salmerón et Apte (2010), Rawls et Turnquist (2010) imposent une pénalité pour les demandes non satisfaites par leur modèle. Basé sur la simulation de scénarios prédéfinis, leur modèle d'optimisation stochastique utilise la programmation en nombres entiers pour minimiser les coûts d'opération pour le prépositionnement d'une quantité optimale de matériel d'urgence. L'année suivante, les auteurs ont publié un nouvel article proposant une extension de ce modèle, auquel ils ont ajouté une contrainte supplémentaire tenant compte de la qualité du service (Rawls et Turnquist, 2011). L'ajout de cette contrainte a comme principal effet de forcer davantage le modèle à satisfaire une plus grande demande.

À l'instar de Rawls et Turnquist, les chercheurs Campbell et Jones (2011) s'attardent à la fois à optimiser les quantités de matériel à entreposer et à déterminer les endroits où prépositionner ce matériel. L'objectif de leur modèle d'optimisation à deux niveaux est de minimiser les coûts d'opération. Par ailleurs, le modèle proposé par Campbell et Jones

tient compte des risques associés à la localisation si un désastre survient et des coûts estimés pour la distribution de la demande. En dérivant des équations, ils évaluent les coûts associés à un prépositionnement de matériel à un point défini pour répondre à une demande unique, tout en tenant compte des risques locaux. La résolution du problème est faite grâce à une heuristique pour un problème de p -médian. De plus, les auteurs présentent une analyse de sensibilité afin de tester l'impact de la variation des différents paramètres.

Pour leur part, Van Wyk et Yadavalli (2011) proposent un modèle de programmation linéaire simple permettant de déterminer la quantité de matériel d'urgence à prépositionner, basé sur le type de crises le plus probable. L'objectif de leur modèle est de maximiser la couverture de la demande pour chaque site de prépositionnement. À l'instar de Salmerón et Apte (2010), le modèle présenté est soumis à une contrainte de budget. Pour soutenir leur méthode, les auteurs appliquent leur modèle à une étude de cas dans le contexte africain.

Rottkemper, Fischer et Blecken (2012) se sont plutôt intéressés à créer un modèle dynamique de transbordement basé sur la programmation mixte en nombres entiers qui considère une relocalisation des points de prépositionnement dynamique dans le temps et une optimisation de la distribution en fonction des événements. Le modèle a deux objectifs : (1) minimiser la demande non satisfaite et (2) minimiser les coûts d'opération. Leur problème d'optimisation se concentre sur la demande d'un seul produit dans un nombre donné de régions. Les auteurs considèrent un schéma de prépositionnement à trois niveaux où les entrepôts régionaux seraient réapprovisionnés depuis l'entrepôt central, lui-même approvisionné par un entrepôt global.

Plus récemment, Roni, Jin et Eksioglu (2015) ont publié un article dans lequel ils proposent une politique hybride pour un système d'inventaire, qui permettrait d'optimiser le niveau de stock permettant d'assurer un niveau de service élevé. L'objectif est de minimiser les coûts d'inventaire. La politique de gestion des stocks qui en résulte vise également l'atteinte d'un niveau de service suffisant pour répondre à la fois à une

demande régulière et à une demande soudaine, urgente et imprévisible. Pour ce faire, les auteurs utilisent dans un premier temps la théorie du niveau de croisement (*level crossing theory*) pour obtenir un coût moyen sur une longue période. Ensuite, ils développent un modèle de programmation en nombres entiers pour optimiser les paramètres de la politique des stocks.

Saputra *et al.* (2015) abordent quant à eux la délicate question des stratégies de prépositionnement de médicaments pour les missions de Médecins sans frontières (MSF). Ils ont développé un modèle sur un logiciel tableur (de type Excel) dont le grand avantage réside en la simplicité d'utilisation de l'outil par les organismes. De plus, le modèle basé sur différents scénarios simulant le temps moyen entre deux désastres (*mean time between disasters*) permet de faire rapidement un arbitrage entre les coûts et la stratégie de prépositionnement privilégiée de façon à minimiser les coûts qui y sont associés. Cette mesure permet de limiter les pertes dues aux médicaments périmés et de sélectionner le moyen de transport adéquat.

La conception de réseaux

Farahani *et al.* (2014) ont présenté une revue de littérature des différents modèles et techniques utilisées dans la conception de réseaux en les catégorisant par contexte d'application. Dans leur revue, les auteurs définissent notamment les particularités de la conception de réseaux, dont celles propres au contexte humanitaire. Ils soulignent au passage l'intérêt grandissant pour ce champ d'application. Farahani *et al.* répertorient la variété de structures que peut prendre un réseau dans le contexte humanitaire et rappellent l'importance de considérer l'ensemble des acteurs lors de la conception d'un réseau. Une autre revue de littérature récente, celle d'Anaya-Arenas, Renaud et Ruiz (2014), se penche spécifiquement sur un recensement de la recherche sur les réseaux de distribution d'aide humanitaire. Les modèles et les approches utilisés pour la résolution des problèmes y sont répertoriés. Dans les paragraphes qui suivent, nous nous attarderons sur quelques-unes des recherches récentes abordant la conception de réseaux humanitaires.

Dans une étude sur la distribution lors de la période cruciale de sauvetage, c'est-à-dire durant les trois jours suivant un désastre, Sheu (2007) présente une approche hybride axée sur l'optimisation des grappes logistiques (*clusters*). L'auteur étudie un réseau comprenant les fournisseurs de matériel d'urgence, les centres de distribution et les aires où survient la demande d'aide humanitaire. Le problème considéré par Sheu s'apparente à un problème de tournées de véhicules. Toutefois, le modèle exige l'entrée d'un grand nombre d'information qui devient disponible de façon dynamique durant la réponse, ce qui en complexifie considérablement la résolution en pratique. Le principe est donc qu'une fois que les premières informations sur les besoins sont entrées dans le système, les zones affectées sont regroupées et priorisées dans l'acheminement de l'aide par centre de distribution. Pour chaque centre, un trajet est produit afin d'optimiser l'acheminement de l'aide. Il s'agit d'un système dynamique qui évolue à mesure que de nouvelles informations sont acheminées aux centres de distribution.

Rancourt *et al.* (2015) ont pour leur part appliqué à une étude de cas des modèles classiques de localisation et de conception de réseaux. Les auteurs ont ainsi développé un système d'aide à la décision pour soutenir la planification d'un réseau de distribution d'aide alimentaire directe aux bénéficiaires, mieux connu en anglais sous l'expression *last-mile distribution network*. Leur approche prend en compte l'impact de la saisonnalité sur les besoins alimentaires d'une région, les données provenant de systèmes d'information géographique (SIG), ainsi que les données relatives à la démographie et aux infrastructures routières. De plus, pour soutenir leur étude, les auteurs utilisent des données réelles récoltées sur le terrain, dans la région de Garissa, au Kenya.

Das et Hanaoka (2014) ont récemment présenté un modèle de gestion des stocks pour le secteur humanitaire qui table à la fois sur les paramètres de temps de réponse et la demande. Leur modèle supporte plusieurs niveaux de décisions, dont les quantités à commander, la possibilité de pénurie et les coûts de maintien. Pour démontrer la validité de leur modèle, les auteurs utilisent des scénarios basés sur une demande et un temps de réponse stochastiques après un tremblement de terre. Leur réseau comporte deux

niveaux de stockage, l'un étant un entrepôt de prépositionnement régional et l'autre, un entrepôt central qui permet le réapprovisionnement à l'échelle régionale.

Dans leur recherche, Scaparra et Church (2015) se sont intéressés à l'effet d'un désastre sur la chaîne logistique mondiale, dont les réseaux d'infrastructures et de transport constituent les éléments névralgiques. Les auteurs présentent ainsi deux types de modèles d'optimisation de réseaux auxquels ils intègrent les risques de perturbation : le problème de p -médian et celui de couverture maximale. Les auteurs démontrent ainsi les impacts majeurs que les risques peuvent avoir sur un réseau humanitaire. Dans leur étude, Scaparra et Church concluent qu'en apportant des mesures de protection aux réseaux, les planificateurs seraient à même d'atténuer considérablement ces impacts négatifs sur la chaîne logistique.

Pour leur part, Nagurney, Yu et Qiang (2011) ont utilisé une approche d'optimisation de système afin de concevoir un réseau efficient dans le contexte humanitaire qui inclut différents paramètres: la capacité des arcs, le niveau d'investissements, les flux de produits, la capacité de production et la capacité d'entreposage. Le modèle capture les activités d'une seule organisation qui cherche à s'approvisionner et à distribuer un produit aux points de demande, et ce, à un coût minimal. L'un des aspects novateurs de leur modèle est qu'il offre à l'organisation la possibilité de sous-traiter les activités de production, d'entreposage et de distribution à un coût et à une capacité donnés. Les auteurs introduisent deux applications spécifiques à leur modèle. La première sert à la production du vaccin A-H1N1 suite à la large propagation du virus en 2009. La seconde application du modèle concerne le rôle majeur qu'a joué l'entreprise Wal-Mart dans la distribution d'aide suite à l'ouragan Katrina qui a frappé le sud des États-Unis en 2005. La stratégie de prépositionnement de l'entreprise privée a permis de pallier aux opérations d'urgence dans la région.

Duran, Gutierrez et Keskinocak (2011) ont quant à eux adopté une perspective plus globale en étudiant le cas de l'organisation humanitaire CARE international. Ils ont utilisé la programmation en nombres entiers pour évaluer l'impact d'implanter une stratégie de

prépositionnement de matériel par rapport au temps moyen de réponse à une crise humanitaire. Le modèle développé sert d'outil pour configurer un réseau efficient de prépositionnement de matériel, comprenant un nombre optimal d'entrepôts pour un investissement initial donné. Dans leur étude, les auteurs considèrent un certain nombre de localisations pour prépositionner le matériel dans le réseau. Ici, deux options sont envisagées par l'organisation CARE en fonction du pays évalué, soit implanter un nouvel entrepôt ou utiliser les services d'entreposage de l'UNHRD. Sept différents produits sont considérés pour être prépositionnés dans le réseau.

Dans leur papier, les chercheurs Bhattacharya, Hasija et Van Wassenhove (2014) se concentrent particulièrement sur l'impact des entités de coordination sur la conception des réseaux humanitaires. Ils analysent l'efficacité des mécanismes de transfert de biens et de ressources entre les organisations humanitaires. Les auteurs définissent deux types d'entités de coordination, soit celles intra-agences, c'est-à-dire à l'intérieur même d'une organisation internationale comme la FICR, et celles interagences qui impliquent une entité chapeautant un ensemble d'acteurs humanitaires comme le Fleet Forum. En comparant les résultats lorsque le transfert de biens est permis avec ceux obtenus lorsque cette action est interdite, les auteurs concluent que les bénéfices globaux sont plus importants lorsque le transfert est permis.

2.2.4 Originalité de notre recherche

Cette revue de littérature, nous permet de bien positionner notre mémoire dans le contexte actuel de la recherche scientifique en matière de prépositionnement de matériel et de conception de réseaux. L'arrivée des prestataires de services logistiques dans le contexte humanitaire est récente et encore peu d'études leur sont consacrées (Vega et Roussat, 2015). À l'instar de Bhattacharya, Hasija et Van Wassenhove (2014), nous nous intéressons au rôle d'intégrateur et de coordinateur joué par ce type d'entités. Si on se fie aux résultats de leur recherche, ces organismes semblent favoriser une plus grande fluidité des échanges à travers un réseau. Il est d'ailleurs intéressant de constater

que Nagurnay, Yu et Qiang (2011) explorent déjà, en 2011, la possibilité de confier une partie des activités logistiques à une tierce partie en l'intégrant dans leur modèle d'optimisation de la chaîne logistique. En tant que prestataire de services logistiques, l'UNHRD prend en charge une partie des activités logistiques d'organismes humanitaires. Notre recherche vise à optimiser les coûts d'opération de son réseau afin de rendre leur offre encore plus attrayante.

Le réseau proposé dans notre mémoire compte deux différents paliers d'entreposage, soit des entrepôts centraux composant le réseau actuel de l'UNHRD et un entrepôt régional en Afrique de l'Est. Cette structure de réseau à deux niveaux est semblable à celle étudiée par Sheu (2007), Rottkemper, Fischer et Blecken (2012) et Das et Hanaoka (2014). Toutefois, à notre connaissance, une stratégie de prépositionnement d'aide humanitaire à deux niveaux, telle que nous la concevons dans ce projet, n'a jamais fait l'objet d'étude. En effet, le prépositionnement dans le contexte humanitaire est habituellement abordé soit comme un réseau à un seul niveau (Chang, Tseng et Chen, 2007; Duran *et al.*, 2013; Horner et Downs, 2010), soit comme un réseau à deux niveaux, où le second niveau est réapprovisionné par le premier niveau (Das et Hanaoka, 2014; Rottkemper, Fischer et Blecken, 2012). Or, dans le cas étudié ici, les deux niveaux sont complémentaires dans leur réponse à la demande et leur réapprovisionnement est indépendant, l'un et l'autre recevant le matériel directement des fournisseurs. Nous croyons qu'une stratégie de prépositionnement à deux niveaux indépendants représente une voie prometteuse dans un contexte où les chaînes logistiques sont sujettes à de nombreux risques de perturbation pouvant affecter l'efficacité de leurs opérations (Heckmann, Comes et Nickel, 2015).

À l'instar de Duran, Gutierrez et Keskinocak (2011) et de Rancourt *et al.* (2015), nous utilisons une méthodologie basée sur une étude de cas. En évaluant l'implantation d'un dépôt régional pour le cas de l'UNHRD, cela nous permet d'intégrer des données réelles dans notre modèle. L'utilisation de données issues d'un cas réel pour tester des modèles d'optimisation est encore rare dans la littérature portant sur la logistique humanitaire. Et à notre connaissance, l'optimisation de flots à travers le réseau d'un prestataire de

service logistique humanitaire n'a jamais été abordée dans la communauté scientifique. Cet aspect constitue donc l'une des originalités de notre recherche. De plus, à l'instar de Rawls et Turnquist (2010) et Salmerón et Apte (2010), notre approche méthodologique utilise la simulation de scénarios afin de capter l'incertitude de la demande. Par ailleurs, la mise en place concrète du projet qui sera réalisé par l'UNHRD dans la prochaine année grâce aux recommandations issues de ce travail de recherche constitue, selon nous, un autre point fort de notre mémoire.

En plus de soutenir l'implantation d'un premier entrepôt régional en Afrique de l'Est, cette recherche fournit un cadre de référence flexible qui permettra à l'UNHRD d'analyser le potentiel d'amélioration d'autres sites de prépositionnement régionaux à travers le monde. Ce souci de proposer un modèle adaptable est également l'un des éléments considérés dans le modèle proposé par Scappara et Church (2012). De plus, grâce à la simplicité du modèle utilisé, la méthode développée permet une utilisation facile par l'organisme, tout comme l'ont fait Van Wyk et Yadavalli (2011) et Saputra *et al.* (2015). En fait, le besoin des organismes humanitaires d'avoir accès à des outils d'aide à la décision a déjà été soulevé par Çelik *et al.* (2014) et Rancourt *et al.* (2015).

Chapitre 3 | Méthodologie

Pour répondre à notre question de recherche, nous avons implanté une méthodologie ancrée dans les principes de la recherche opérationnelle. Celle-ci, basée sur une étude de cas, est composée de quatre phases principales. Dans ce chapitre, nous débuterons par une présentation de l'organisme étudié, l'UNHRD, et une description du projet de prépositionnement régional évalué dans le cadre de cette recherche. Ensuite, nous détaillerons les phases composant la méthodologie proposée. Nous nous sommes d'abord consacrés à comprendre et à définir le problème avant de le formuler de manière à le traiter dans une heuristique de résolution basée sur la programmation mathématique et la simulation. Ensuite, nous avons évalué les différents paramètres entrant dans le modèle. La dernière étape consistait à résoudre le problème et à mener différentes analyses afin de proposer une solution de prépositionnement robuste.

3.1 Étude de cas

Cette section sera consacrée à la description de notre recherche et du contexte dans lequel elle a été menée. Nous présenterons en détail l'UNHRD en nous penchant sur sa mission, son fonctionnement, son réseau et sur les facteurs qui ont influencé la localisation de ses dépôts. Puis, nous détaillerons les particularités de notre projet de recherche et la contribution de celui-ci dans l'amélioration des opérations de l'UNHRD.

3.1.1 Une description générale de l'UNHRD

Fondé en 2000, l'UNHRD est une division du Programme alimentaire mondial dédiée au prépositionnement de matériel d'urgence et à la prestation de services logistiques dans le contexte d'une chaîne d'approvisionnement et de distribution humanitaire. L'organisation opère un réseau composé de six dépôts servant à entreposer les stocks d'urgence pour le PAM et ses différents bureaux de pays (les partenaires internes), ainsi que pour les agences de l'ONU et les organisations gouvernementales et non gouvernementales (les partenaires externes). Les dépôts sont situés stratégiquement dans le monde, soit aux Émirats Arabes Unis (EAU), au Ghana, en Italie, en Malaisie, au Panama et en Espagne (figure 3.1). Tandis que l'entrepôt de Brindisi a une couverture mondiale, les autres dépôts du réseau sont essentiellement utilisés pour une réponse régionale, comme le montrent les ellipses de la figure 3.1. Ce réseau permet à l'UNHRD d'atteindre son objectif de livrer du matériel d'urgence à l'intérieur de 24 à 48 heures suivant le déclenchement d'une crise humanitaire (UNHRD, 2011).

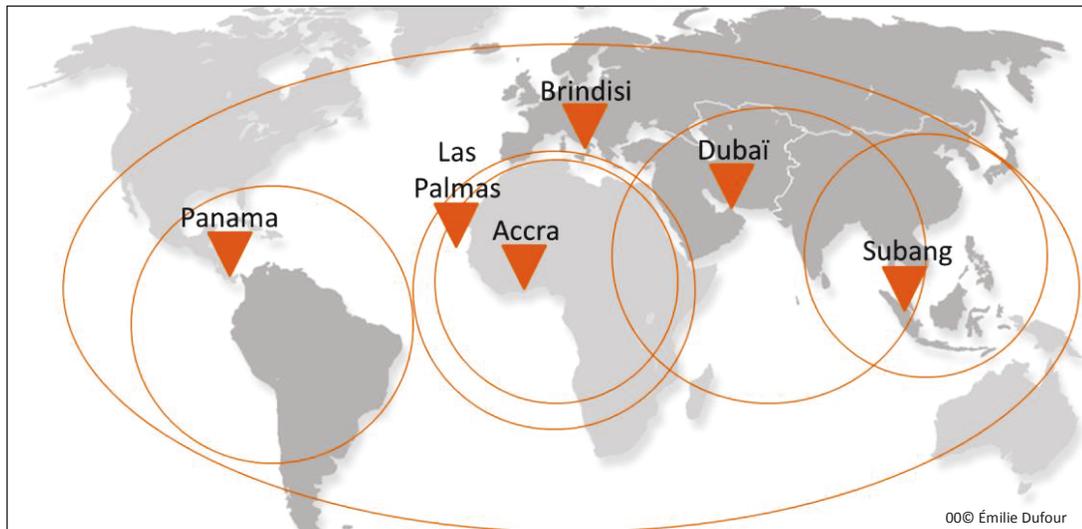


Figure 3.1 – Localisation des dépôts de l'UNHRD

Chaque dépôt a une vocation qui lui est spécifique, liée à sa localisation géographique (UNHRD, 2015a). L'entrepôt de Brindisi (Italie) est le premier dépôt à être implanté en 2000. Il centralise plusieurs activités, dont les achats et une partie des opérations logistiques, en plus de gérer certains produits spécifiques. Le dépôt de Brindisi offre une couverture mondiale. Celui de Dubaï (EAU) est au centre de trois régions où la demande est importante, soit le Moyen-Orient, l'Afrique de l'Est et l'Asie du Sud-Est. Il capte à lui seul 60% des activités du réseau de l'UNHRD. Grâce à des infrastructures à la fine pointe de la technologie, une quantité importante de produits nécessitant des conditions d'entreposage particulières, comme les vaccins et les médicaments, y sont envoyés. En ce qui concerne les dépôts de Panama (Panama) et de Subang (Malaisie), on retrouve plutôt du matériel d'urgence propre à la réponse aux catastrophes naturelles. Le site d'Accra (Ghana), de plus petite envergure, a quant à lui des fonctions plus polyvalentes en entreposant du matériel d'aide adapté aux conflits armés, aux camps de réfugiés, aux famines et aux catastrophes naturelles. Finalement, le site de Las Palmas (Espagne), inauguré en 2014, sert à pallier aux activités de Brindisi et d'Accra pour la réponse en Afrique.

Par ailleurs, une analyse logistique de ces localisations nous permet de comprendre leurs emplacements hautement stratégiques. Tout d'abord, la connectivité aux réseaux de transport semble être déterminante dans le choix de la localisation d'un site de prépositionnement à l'échelle mondiale. En effet, un processus d'approvisionnement et de distribution efficient passera inmanquablement par un accès rapide à divers réseaux de transport. Or, comme nous pouvons le constater, en raison de leur localisation géographique, peu de sites peuvent desservir une grande demande grâce aux modes de transport routier et ferroviaire. Seul celui d'Accra, et dans une certaine mesure celui de Panama, peuvent se prévaloir de ces modes. Toutefois, tous les dépôts sont situés sur de grands axes fluviaux mondiaux et leurs installations sont implantées à proximité d'un port en eau profonde. Cet aspect stratégique est particulièrement évident pour Dubaï (détroit d'Ormuz), Panama (canal de Panama) et Subang (détroit de Malacca). En effet, en amont des activités d'entreposage, cette accessibilité permet de réduire les coûts

d'approvisionnement dont le transport en conteneur est assuré par voie maritime. En aval, la proximité des infrastructures aéroportuaires permet de faire des économies en termes de temps, en acheminant rapidement le matériel d'urgence par avion lors des crises humanitaires (Beamon et Kotleba, 2006).

Deux autres éléments peuvent expliquer le choix de la localisation des dépôts : la stabilité politique des pays hôtes et le soutien financier et matériel venant des gouvernements locaux. Tout d'abord, en développant sa stratégie de prépositionnement pour les dépôts de matériel, l'UNHRD a ciblé des pays jouissant d'une certaine stabilité politique. Ces décisions ont été prises de façon éclairée, l'UNHRD faisant un arbitrage entre la stabilité politique d'un pays hôte et la proximité des besoins humanitaires. Ensuite, la relation entre l'UNHRD et les pays accueillant ses entrepôts est régie par un accord liant le PAM et le gouvernement hôte. Les gouvernements peuvent ainsi apporter une contribution pour soutenir les activités de l'UNHRD sur son territoire de différentes façons. La location de terrains ou le prêt à long terme d'installations en sont des exemples.

Sa structure de financement

Les activités de l'UNHRD sont supportées par trois principales sources de financement. La majeure partie du financement vient de diverses formes de contributions financières des États. Principalement sous forme de dons, mais également via le prêt d'infrastructures, la liste des pays donateurs s'élève à neuf en 2015 : les Émirats Arabes Unis, l'Espagne, le Ghana, l'Italie, l'Irlande, la Malaisie, la Norvège, le Panama et la Suisse (UNHRD, 2015b). La seconde source de financement est constituée des services payants offerts aux partenaires. En effet, si la majorité des services d'entreposage et d'inspection sont gratuits, comme spécifié dans les ententes techniques (*technical agreements*), d'autres services sont offerts aux partenaires, moyennant un montant fixé dans l'entente (UNHRD, 2014). Parmi ces services payants, on retrouve entre autres le reconditionnement du matériel et la location des locaux de l'UNHRD à des fins de formation du personnel (figure 3.2). Finalement, une marge de profit est appliquée aux

frais de transport. Cette marge constitue la troisième source de revenus qui permet de soutenir les activités de l'UNHRD. L'UNHRD contracte une entente avec un transporteur afin d'acheminer le matériel d'urgence aux points de demande. Le choix du mode de transport tout comme le lieu de réception du matériel relèvent de la décision du partenaire.

L'offre de service de l'UNHRD	
Services standards <i>-sans frais-</i>	Services spécifiques <i>-à taux fixes-</i>
<ul style="list-style-type: none"> • Décharger de la cargaison reçue (emballé selon les normes stipulées dans les <i>Standard Operating Procedures (SOP)</i>) • Publier des rapports d'inspection • Prendre en charge les procédures douanières d'importation • Placer les stocks dans les dépôts • Fournir des services d'entretien des dépôts • Émettre régulièrement des rapports sur les stocks disponibles • Préparer le fret pour l'expédition • Préparer la documentation pour l'exportation • Produire des rapports d'activité (réception/expédition) • Procéder à un inventaire annuel des stocks 	<ul style="list-style-type: none"> • Procéder à la maintenance des actifs pendant leur période de stockage dans un dépôt de l'UNHRD • Entretien/gérer des véhicules et des médicaments, y compris ceux sous contrôle international • Manipuler et reconditionner les stocks reçus (qui ne sont pas conformes aux normes des SOP) • Acheter des stocks et des services (y compris les services de transport) pour le compte du partenaire • Préparer des lots, des palettes, charger, envoyer des missions techniques sur le terrain, utiliser les installations de l'UNHRD pour de la formation, assurer des stocks, etc. • Tous les services fournis par d'autres services du PAM

Figure 3.2 – Offre de service de l'UNHRD

Source : UNHRD (2014). Technical Agreement (TA), World Food Programme. Récupéré le 6 juin 2014 www.unhrd.org/docs/Technical_Agreement.docx

Ses partenaires

La mission de l'UNHRD est d'offrir à l'ensemble de ses partenaires les meilleures solutions d'approvisionnement et de distribution, et ce, en renforçant leur stratégie de préparation en cas d'urgence et en les soutenant dans la rapidité de leurs interventions

sur le terrain. Afin de réaliser cette mission, l'UNHRD a développé un plan stratégique pour la période 2014-2017 qui s'appuie sur quatre principaux piliers (UNHRD, 2015a). Premièrement, offrir une réponse opérationnelle efficace grâce à son objectif de livrer dans les 24 à 48 heures suivant une crise, à son engagement d'augmenter sa réponse sur le terrain en temps de crise et à son intervention pour améliorer la fluidité de la chaîne d'approvisionnement. Deuxièmement, l'UNHRD vise à améliorer l'efficacité de ses processus à travers une standardisation des produits et de ses processus, une optimisation de ses entrepôts et une évaluation de sa performance. Le troisième pilier vise à soutenir la viabilité à long terme du réseau, notamment grâce à une relation solide avec ses partenaires, à une croissance de ses donateurs et à l'augmentation de son offre de service et du volume de ses activités. Finalement, le quatrième pilier consiste à améliorer et à optimiser son réseau actuel. Parmi les projets envisagés pour soutenir cet objectif, mentionnons la connexion de son réseau à d'autres infrastructures servant au prépositionnement, le développement de stratégies nationales de gestion des risques et la mise en place d'une stratégie de prépositionnement régional des stocks en consignation. Soulignons au passage que ce dernier élément constitue le sujet de notre projet de mémoire.

Le nombre de partenaires utilisant les services de l'UNHRD est en croissance depuis son implantation. Au départ, l'organisme a été fondé dans le but de soutenir exclusivement les activités logistiques liées à la gestion des produits non alimentaires pour le PAM. Or, le modèle ayant rapidement démontré son potentiel, les services de l'UNHRD ont été offerts aux autres agences de l'ONU avant d'être complètement ouverts à l'ensemble des organisations gouvernementales et non gouvernementales. En 2015, l'UNHRD compte 68 organisations humanitaires, gouvernements et agences onusiennes parmi ses partenaires. La figure 3.3 à la page suivante présente quelques-uns de ses partenaires.

Liste de partenaires de l'UNHRD

Agences de l'ONU	Organismes gouvernementaux	Organismes non-gouvernementaux
<ul style="list-style-type: none"> • Programme alimentaire mondial (PAM) • OCHA • Food & Agriculture Organization (FAO) • WHO • UN Development Programme (UNDP) • UN University • UN Children's Fund (UNICEF) 	<ul style="list-style-type: none"> • Agence canadienne de développement intern. • Irish Aid • Economic Community of West African States • USAID • Korean International Cooperation Agency • ECHO • Japan International Cooperation Agency 	<ul style="list-style-type: none"> • International Federation of Red Cross (IFCR) • Islamic Relief • Intern. Organization for Migration (IOM) • CARE • Norwegian Refugee Council • ShelterBox • Catholic Relief Services (CRS)

Figure 3.3 – Exemples d'organismes et d'agences onusiennes utilisant les services de l'UNHRD

Source : UNHRD (2015b). WFP - UNHRD Humanitarian Response Depot. Récupéré le 15 octobre 2015 de <http://www.unhrd.org/>

Les bénéfices pour les partenaires utilisant les services de l'UNHRD sont nombreux. Le site internet de l'organisme en dresse d'ailleurs la liste (UNHRD, 2015b). Parmi ceux-ci, mentionnons l'accès à une plateforme permettant la coordination des activités de distribution, notamment en consolidant les envois lors de crises humanitaires. Cette stratégie permet à la fois une économie de coûts pour les organisations partenaires et une diminution des temps de réponse dans l'acheminement de matériel d'urgence. De fait, les décisions relatives aux niveaux d'inventaire, aux modes de transport, aux dépôts où seront entreposés les items et aux points de livraison sur le terrain relèvent des partenaires eux-mêmes. Le service à la clientèle s'engage donc à offrir des conseils stratégiques et techniques adaptés aux besoins des organisations.

Dans le but de comprendre la dynamique des relations entre les différentes parties prenantes de la chaîne logistique, nous avons fait une cartographie des processus qui présente la réponse de l'UNHRD à une demande de ses partenaires concernant la gestion des stocks. Cette cartographie, réalisée au cours d'une étude de terrain à Rome et à Dubaï, a été validée par un responsable logistique du dépôt de Dubaï. Concrètement, cet

exercice permet de représenter une série d'actions, successives ou parallèles, qui sont accomplies dans le but spécifique de répondre à un partenaire. La cartographie de processus est présentée en annexe 1. Quand un partenaire soumet une requête au service à la clientèle de l'UNHRD, il doit spécifier quel type d'action il souhaite réaliser par rapport à la gestion de ses stocks. La demande la plus fréquente concerne la gestion de ses produits qui sont localisés dans le réseau de l'UNHRD, soit pour une livraison de matériel sur le terrain depuis un dépôt ou pour un réapprovisionnement de certains items dans un dépôt spécifique. Notre cartographie illustre cette deuxième option.

Lorsque le partenaire formule sa requête, il doit spécifier dans quel dépôt le stock visé est localisé, le type de produit concerné et la quantité désirée. À cela peut s'ajouter un certain nombre de détails par rapport à l'emballage et à l'étiquetage. Une fois ces informations enregistrées, le processus administratif est lancé. Le département des achats produit un bon de commande (*purchase order*, PO). Si les produits ne sont pas disponibles dans le réseau, c'est-à-dire à travers les stocks en consignation, les stocks corporatifs pour la réponse (*corporate response stock*, CRS) ou les stocks d'ECHO, le responsable des achats envoie une commande au fournisseur. Dans le cas d'un nouveau fournisseur, des procédures administratives s'ajoutent. Pendant ce temps, les différents coûts sont analysés par le département des finances afin de soumettre au partenaire une facture Pro forma (*proforma invoice*, PI) qu'il devra approuver afin qu'une facture lui soit envoyée. Lorsque la commande est prête, le partenaire doit spécifier s'il veut que le matériel soit entreposé dans un dépôt ou s'il désire une livraison sur le terrain. L'étape suivante consiste à effectuer un contrôle de qualité au point de réception (dépôt ou sur le terrain) avant que le paiement soit effectué par le partenaire.

3.1.2 La description du cas étudié

Une analyse initiale a été menée sur trois sites en Afrique de l'Est afin de déterminer le meilleur emplacement possible pour implanter un dépôt régional. Pour des raisons de confidentialité, nous ne traiterons que du site sélectionné dans ce mémoire, soit celui de

Kampala. Certains critères qualitatifs sont venus appuyer ce choix. L'un des principaux avantages de Kampala est la disponibilité d'une capacité d'entreposage sur un site du PAM, dans le quartier de Nalukolongo. Cette capacité est limitée à dix conteneurs qui pourraient être entreposés à l'extérieur, à côté de l'entrepôt principal. En utilisant une portion du site du PAM, l'UNHRD économise sur les frais d'entreposage.

Un autre critère qui fut déterminant est la connexion du site de Kampala aux infrastructures de transport. En amont des activités d'entreposage, la présence de voies ferrées traversant le site permet d'assurer un approvisionnement direct depuis le port de Mombasa, au Kenya. Ce réseau ferroviaire permet aussi l'accès direct à un port alternatif en cas de besoins, soit celui de Dar Es-Salaam, en Tanzanie. Par ailleurs, mentionnons que l'approvisionnement à partir de ces deux ports pourrait également être fait par camion. En aval des activités d'entreposage, le site de Kampala jouit d'une excellente connexion aux réseaux routiers régionaux, permettant d'atteindre un large territoire en Afrique de l'Est où la demande humanitaire est élevée (figure 3.4). Précisément, nous estimons que le territoire couvert comprend neuf pays qui, en se basant sur les données historiques de l'UNHRD et des contraintes de temps de transit à respecter, capturent un important volume de matériel d'urgence. Comme il est possible de l'observer sur la carte de la figure 3.4, il y a actuellement trois entrepôts de l'UNHRD qui répondent à la demande dans cette région : celui du Ghana, celui d'Italie et celui des Émirats arabes unis. Sur la figure 3.4, on peut également observer le poids de chaque dépôt dans la réponse en 2013. On remarque que l'importance de Dubaï est imposante, le dépôt ayant livré 45,6% du volume total.

De plus, la sélection d'un site de prépositionnement devait prendre en compte la facilité d'import et d'export puisque les produits qui y seront entreposés devront fréquemment traverser les frontières. À ce titre, l'Ouganda représentait un choix judicieux. Pour évaluer ce critère, nous nous sommes basés sur l'indice de la Banque mondiale, le *Ease of Doing Business Ranking* (World Bank, 2015a). Parmi les 189 pays analysés, l'Ouganda obtient le 150^e rang en 2015, soit un meilleur score que la majorité des pays situés en Afrique de l'Est.



Figure 3.4 – Carte représentant la zone à l'étude ainsi que la part de chaque dépôt impliqué dans la réponse humanitaire dans cette zone, en 2013

Finalement, le dernier critère pris en compte considère le contexte politique. Nous avons évalué différents indicateurs produits par de grandes institutions internationales, telles que l'organisme Transparency International et la Banque mondiale (Transparency International, 2015; World Bank, 2015b). Parmi ces critères, nous avons évalué l'indice de perception de la corruption et un ensemble d'indices composant l'indicateur de la gouvernance mondiale tels que le contrôle de la corruption, l'application des lois,

l'efficacité des procédures gouvernementales, la stabilité politique, l'absence de violence et les règles régissant les notions de responsabilité en affaires. De façon globale, l'Ouganda a enregistré une bonne performance au niveau régional.

3.1.3 Les bénéfices pour l'UNHRD

Le but d'ajouter un niveau régional d'entreposage au réseau actuel est d'assurer que cette nouvelle structure permette une meilleure efficacité des opérations de réponse. En effet, cet élément représenterait à la fois un bénéfice pour les partenaires – qui paieraient moins cher pour le service – et constituerait un attrait supplémentaire pour capter de nouveaux partenaires. Notre projet s'inscrit donc en continuité avec la stratégie déployée par l'UNHRD, en bonifiant son offre de service en Afrique de l'Est. Dans les sections qui suivent, nous présenterons donc la méthodologie utilisée afin de déterminer si l'ajout de ce site d'entreposage régional constitue une amélioration en termes de coûts d'opération du réseau pour la réponse en Afrique de l'Est. Cette étude constitue d'ailleurs le premier jalon d'un projet d'envergure mondiale, où l'UNHRD utiliserait le cadre d'analyse développé dans ce mémoire afin d'évaluer d'autres sites potentiels de prépositionnement régional à travers le monde.

3.1.4 Les produits pouvant être prépositionnés à Kampala

Une fois que le choix du site régional à analyser a été arrêté, l'étape suivante consistait à déterminer les stocks qui y seraient prépositionnés. Dans cette partie, nous aborderons tout d'abord les différents types de stocks gérés par l'UNHRD avant de décrire les critères qui ont été déterminants dans la sélection des produits à prépositionner.

Différentes catégories de stocks sont présentes dans le réseau de l'UNHRD. Parmi celles-ci, il y a certains produits alimentaires appartenant au PAM que l'UNHRD gère en fonction des besoins de l'organisation. De plus, étant donné que l'UNHRD est une division du PAM, elle est responsable d'une partie du matériel d'urgence du PAM qu'elle

gère de façon autonome notamment en veillant à conserver un niveau de stock adéquat. De plus, l'UNHRD a depuis peu ses propres stocks qu'elle détient grâce à des investissements partagés avec le PAM : les CRS. Ces stocks sont mis à la disposition des partenaires de l'UNHRD en cas de crise, et ce afin de réduire les risques de pénuries de matériel d'urgence.

Par ailleurs, l'UNHRD a également accès à différents stocks qui sont inclus dans les ententes à long terme (*Long Terms Agreements, LTA*). Ces contrats, qui unissent l'UNHRD et certains de ses fournisseurs pour des produits à forte demande, incluent une clause qui encadre les niveaux de stocks mis à la disposition de l'UNHRD. Les LTA encadrent trois types de stocks :

- Les stocks physiques sont les produits qui sont entreposés dans les installations du fournisseur et qui sont exclusivement réservés à l'usage de l'UNHRD;
- Les stocks virtuels constituent la capacité de production du fournisseur pour un produit spécifique à l'intérieur d'une période de temps définie par les parties prenantes;
- Les stocks en consignation sont les produits positionnés dans le réseau de l'UNHRD. Ceux-ci demeurent toutefois la propriété du fournisseur jusqu'à ce qu'ils soient vendus à l'un des partenaires. Leur localisation dans le réseau est déterminée par l'UNHRD.

Cette recherche vise expressément à proposer une utilisation efficiente de ces stocks en consignation dans le réseau de l'UNHRD, en offrant l'opportunité de les prépositionner à proximité des régions les plus sujettes aux crises humanitaires. Le principal avantage de restreindre notre analyse à ce type de stocks est qu'il ne nécessite pas d'investissements initiaux en capitaux puisqu'il demeurerait la propriété du fournisseur durant sa période d'entreposage à Kampala. Le risque est donc partagé entre les deux parties.

Une fois la catégorie d'inventaire ciblée, il était nécessaire de déterminer quels produits parmi les stocks en consignation seraient analysés comme étant potentiellement transférables au site de Kampala. Ce choix fut relativement évident puisque les critères

de sélection issus des discussions avec l'UNHRD étaient restrictifs. En effet, peu d'items respectent la majorité des critères suivants. Premièrement, ils sont sujets à une forte demande régionale et ont donc une plus grande probabilité d'être utilisés sur le terrain. Deuxièmement, ils ne sont pas périssables, une qualité qui leur permet d'être entreposés pour un temps indéterminé dans des conteneurs entreposés à l'extérieur. Cela est d'autant plus intéressant que cette caractéristique permet de minimiser les coûts d'obsolescence des produits. Finalement, la majorité des items sélectionnés ont un poids important. En prépositionnant les produits plus lourds près de la demande, il est possible de minimiser les coûts de transport en utilisant un véhicule plutôt qu'un avion pour la réponse à la demande.

Basée sur ces critères, notre analyse s'est concentrée sur 15 produits. Cette liste est présentée à la figure 3.5. Les photos des produits sont quant à elles disponibles à l'annexe 2.

▪ Mobile storage units (MSU) 10x24m (fournisseur 1)	▪ Bâches 4x6m	▪ Kits de cuisine
▪ MSU 10x32m	▪ Bâches 4x60m	▪ Réservoirs d'eau 5000L
▪ MSU 10x24m (fournisseur 2)	▪ Génératrices 16 Kva	▪ Réservoirs d'eau 10 000L
▪ Unités préfabriquées	▪ Génératrices 45 Kva	▪ Moustiquaires 160cm
▪ Tentes familiales	▪ Couvertures	▪ Moustiquaires 190cm

Figure 3.5 – Produits ciblés pour le projet de prépositionnement régional à Kampala

Par ailleurs, il est intéressant de constater que la majorité de ces items ont également une importance de taille dans l'ensemble du réseau. Une analyse ABC des items sortants de chaque entrepôt de l'UNHRD nous a permis de valider cette sélection, qui apparaît hautement stratégique. L'analyse ABC des inventaires permet de catégoriser les produits sortants d'un entrepôt et de cibler ceux qui ont le plus grand impact sur la valeur totale des stocks. En mettant en relief les items les plus importants, cet outil permet de supporter les décisions relatives à la gestion des stocks dans le but d'optimiser les inventaires.

Les résultats de la catégorisation ABC nous ont permis de tirer un certain nombre d'observations intéressantes qui pourraient se révéler utiles pour l'UNHRD. Pour notre part, en recroisant les résultats des analyses pour les différents dépôts, nous avons pu constater que plusieurs items se retrouvaient dans la catégorie A, corroborant ainsi les conclusions issues de la sélection des produits pour ce projet. Le tableau en annexe 3 montre les différents produits se retrouvant dans les catégories A et B pour les trois dépôts desservant l'Afrique de l'Est. Cette classification est basée sur les données de 2013. Les cases grises indiquent les produits qui sont étudiés dans la cadre du projet de prépositionnement à Kampala.

3.2 Définition du problème

Le prépositionnement de matériel d'urgence est déjà la stratégie prônée par l'UNHRD. C'est en effet sur ce principe qu'est bâti le réseau actuel de l'organisme qui permet de regrouper les stocks de plusieurs organisations et de consolider les envois lors des crises humanitaires. Dans cette section-ci, nous définirons le problème étudié en présentant les deux réseaux à comparer.

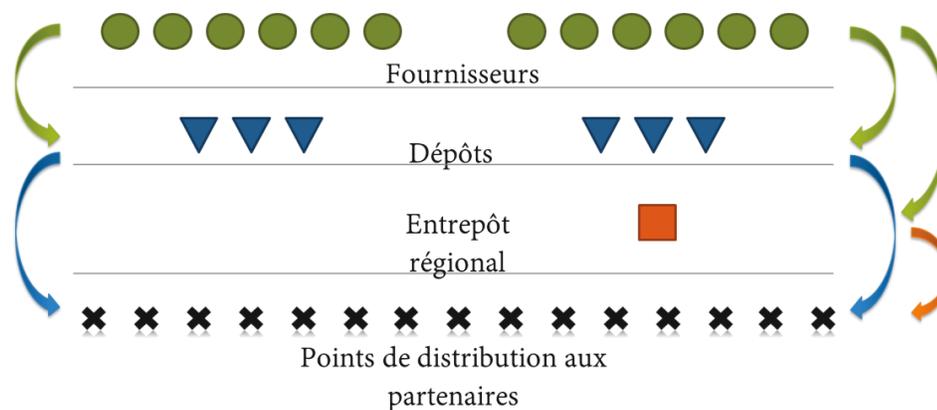


Figure 3.6a– Réseau actuel de l'UNHRD pour desservir l'Afrique de l'Est

Figure 3.6b – Réseau proposé pour desservir l'Afrique de l'Est

La figure 3.6a permet de mieux comprendre le fonctionnement actuel de la réponse en Afrique de l'Est par l'UNHRD. À l'heure actuelle, trois dépôts sont sollicités pour répondre à la demande dans cette région. Les fournisseurs approvisionnent les partenaires en matériel d'urgence et ceux-ci l'entreposent dans un dépôt de l'UNHRD en attendant qu'une demande survienne. Lorsque cette demande se produit, l'UNHRD organise le transport et les modalités afin de livrer le matériel à un point de distribution établi avec les partenaires.

La figure 3.6b dépeint quant à elle comment le réseau proposé dans notre projet de mémoire pourrait être opéré. L'ajout d'un site d'entreposage régional permet de transférer une partie de la réponse vers un dépôt localisé plus près de la demande, soit à Kampala. Comme nous l'avons mentionné précédemment, la capacité maximale de ce site de prépositionnement est de dix conteneurs de 20 pieds. Ce volume étant insuffisant pour couvrir l'ensemble de la demande régionale, le réseau actuel continuerait de desservir la région. Les deux niveaux de prépositionnement seraient donc opérés simultanément et de façon complémentaire de sorte que la demande soit entièrement satisfaite. Une autre caractéristique de ce nouveau réseau réside dans l'approvisionnement indépendant des deux niveaux. Cette stratégie d'approvisionnement est intéressante puisqu'elle permet de minimiser les risques de perturbations sur la chaîne logistique en aval (Kang et Kim, 2010). À notre connaissance, cette structure d'approvisionnement constitue une innovation dans le contexte humanitaire, où le second niveau est habituellement réapprovisionné par le niveau supérieur.

Afin de tester l'amélioration potentielle de ce nouveau réseau, il est nécessaire de comparer les deux réseaux en se basant sur leurs coûts totaux d'opération, déterminés de manière à ce qu'ils soient optimaux, pour des scénarios de demande identiques. Cette optimisation pour chacun des réseaux peut être obtenue grâce à la modélisation mathématique. Dans la section qui suit, les problèmes seront formulés et expliqués, mais les principales contraintes de fonctionnement auxquelles est soumis notre problème doivent d'abord être précisées.

Premièrement, nous prenons en compte l'incertitude caractérisant la demande d'aide humanitaire en Afrique de l'Est. Pour représenter ces paramètres d'incertitude, nous avons opté pour la simulation de scénarios, basés sur la demande historique de l'UNHRD. Ensuite, la quantité envoyée pour un produit par un site d'entreposage ne peut être scindée en une unité inférieure à un conteneur plein. Pour chaque produit transitant sur un arc est associés un poids et un coût de transport qui lui sont spécifiques. De plus, chaque dépôt, qu'il soit du réseau actuel ou proposé, est approvisionné directement des fournisseurs. Et finalement, rappelons que l'unité des lots de commande traversant les réseaux doit être exprimée en conteneur plein, et ce pour chaque produit.

3.3 Formulation du problème

Cette section est consacrée à la formulation mathématique du problème défini précédemment afin de le considérer dans une heuristique de résolution. En effet, le problème original de déterminer les quantités de stocks à prépositionner à Kampala est un problème complexe qui se modélise comme un programme mathématique stochastique à deux niveaux. Le premier niveau décisionnel consiste à déterminer les quantités de stocks à prépositionner à Kampala, ainsi que leurs sources (fournisseurs). Puis, lorsque la demande est connue au deuxième niveau, les actions de recours consistent à répondre à la demande à partir des dépôts et des stocks disponibles prépositionnés à Kampala. Étant donné la difficulté computationnelle de traiter un tel problème, nous avons développé et implanté une heuristique de résolution, basée sur la programmation mathématique et la simulation, qui comporte deux étapes principales. La première étape consiste à déterminer les économies moyennes obtenues à travers plusieurs scénarios de demande pour acheminer au mieux le matériel de secours dans le réseau proposé versus dans le réseau actuel. Les résultats obtenus sont analysés de façon à extraire un ensemble de solutions potentielles de prépositionnement. La deuxième étape consiste à déterminer la meilleure solution de prépositionnement en testant toutes les solutions potentielles retenues à la première étape. Cette heuristique

de résolution nécessite donc de formuler les modèles mathématiques associés à l'acheminement du matériel de secours dans le réseau actuel et dans le réseau proposé. Les modèles présentés dans cette section sont donc formulés comme des problèmes de flots dans un réseau, où les flots consistent en des conteneurs qui transitent sur les arcs entre les différents niveaux de la chaîne logistique.

3.3.1 Les paramètres et les variables du problème

Le réseau de la chaîne logistique étudiée peut être représenté par un graphe $G = (V, A)$, où l'ensemble A est l'ensemble des segments de transport et V est l'ensemble des sommets (fournisseurs, dépôts et points de demande). L'ensemble des sommets V est partitionné en quatre sous-ensembles, $V = \{I, J, R, K\}$, dans lequel I représente l'ensemble des fournisseurs, J représente l'ensemble des dépôts du réseau actuel de l'UNHRD, R représente l'ensemble des dépôts régionaux et K représente l'ensemble des points de distribution en Afrique de l'Est. Dans cette étude de cas, l'ensemble R est composé d'un seul dépôt régional situé à Kampala. L'ensemble A est composé d'arcs $(i, j) \in (I, J \cup R)$ qui relient les fournisseurs i aux dépôts j , ainsi que d'un ensemble d'arcs $(j, k) \in (J \cup R, K)$ qui relient les dépôts j aux points de distribution k des différents partenaires de l'UNHRD. Ce graphe est illustré à la figure 3.7.

Dans la figure 3.7, on remarque les deux réseaux étudiés qui permettent d'acheminer les 15 produits ciblés pouvant faire l'objet d'une demande dans les huit points de distribution régionaux. Le réseau actuel desservant l'Afrique de l'Est, en bleu, est composé de trois dépôts: Accra, Dubaï et Brindisi. Le réseau proposé se compose pour sa part des éléments en bleu, auxquels s'ajoutent les éléments orangés du graphe, soit le dépôt régional ainsi que ses segments de transport entrant et sortant. Le réseau proposé comprend donc quatre dépôts, soit Accra, Dubaï, Brindisi et Kampala. La capacité d'entreposage est considérée comme infinie pour les dépôts d'Accra, de Dubaï et de Brindisi. Toutefois, dans le modèle 2, une contrainte de capacité est imposée au dépôt de Kampala, soit une limite de dix conteneurs ($Q = 10$).

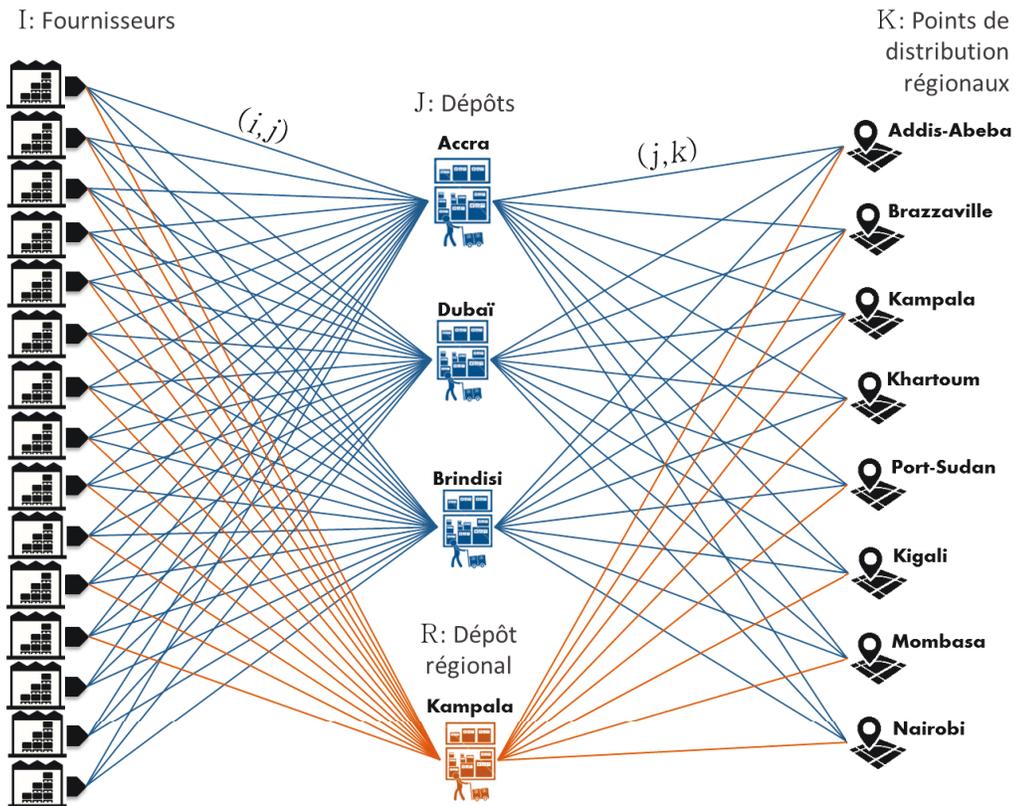


Figure 3.7 – Graphe G illustrant les deux réseaux étudiés: le réseau actuel en bleu et le réseau proposé dans lequel s'ajoutent les éléments orangés

Nous considérons aussi un ensemble de 15 différents produits ciblés noté par P , où $p \in P$. Par ailleurs, on remarque que des arcs (i, j) sont manquants sur le graphe entre certains fournisseurs et le dépôt de Kampala. Ceci s'explique par le fait que, après avoir collecté les données sur le terrain, nous avons constaté que certains des 15 produits ciblés ne pouvaient pas être envoyés à Kampala en raison des conditions d'entreposage sur le site. Pour cette raison, nous dénotons par P' l'ensemble des produits pouvant être entreposés à Kampala, où $P' \subset P$.

Dans ce contexte, les produits doivent être envoyés en conteneurs pleins à travers le réseau, des fournisseurs jusqu'aux points de distribution finaux en Afrique de l'Est. Chaque produit p a un coût de transport qui lui est spécifique sur chaque arc, noté par

c_{ij}^p et par c_{jk}^p . De plus, des variables de décision sont associées à chaque arc du réseau. Ces variables, x_{ij}^p et x_{jk}^p , représentent la quantité de produits p transitant sur l'arc (i, j) et sur l'arc (j, k) .

Les points de distributions finaux k ont été déterminés en se basant sur les données historiques de l'UNHRD, où $|K| = 8$. La demande associée à un produit p pour un point de distribution final k est exprimée par d_k^p . Les réseaux étudiés sont opérés dans un contexte où la demande est incertaine et donc stochastique. Toutefois, afin de simplifier le problème, nous avons choisi de représenter cette incertitude en simulant différents scénarios de demande. Ces scénarios de demande semestrielle deviennent dès lors des données déterministes et les problèmes subséquents seront résolus grâce à la programmation mathématique. Le tableau 3.1 à la page suivante résume la notation utilisée pour formuler nos problèmes d'optimisation.

Tableau 3.1 Notation pour la formulation des problèmes

ENSEMBLES	
P et P' , les ensembles de produits	$p \in P; p \in P'; P' \subset P$
I , l'ensemble de fournisseurs	$i \in I$
J , l'ensemble de dépôts	$j \in J; J = \{\text{Accra, Dubaï, Brindisi}\}$
R , l'ensemble des dépôts régionaux	$j \in R; R = \{\text{Kampala}\}$
K , l'ensemble de points de distribution	$k \in K$
PARAMÈTRES	
c_{ij}^p , les coûts pour envoyer un produit $p \in P$ sur l'arc $(i, j) \in (I, J \cup R)$	
c_{jk}^p , les coûts pour envoyer un produit $p \in P$ sur l'arc $(j, k) \in (J \cup R, K)$	
d_k^p , la demande pour un produit $p \in P$ à un point de distribution $k \in K$	
Q , la capacité du dépôt régional ($Q = 10$)	
VARIABLES DE DÉCISION DU MODÈLE 1	
x_{ij}^p , la quantité de produits p envoyée sur l'arc $(i, j) \in (I, J \cup R)$	
x_{jk}^p , la quantité de produits p envoyée sur l'arc $(j, k) \in (J \cup R, K)$	

3.3.2 La formulation mathématique des problèmes

Les problèmes peuvent être formulés comme des modèles de flots dans un réseau, où des conteneurs de produits transitent des fournisseurs vers les points de demande en passant par des sites d'entreposage intermédiaires. L'objectif des deux modèles consiste à minimiser les coûts de transport afin de satisfaire la demande. Considérant les différentes structures des deux réseaux étudiés, actuel et proposé, nous présentons deux modèles. Le modèle 1 consiste en une minimisation des coûts d'envoi à travers le réseau actuel et les solutions obtenues à partir de ce modèle serviront de points de comparaison pour vérifier s'il est possible d'améliorer la situation avec le réseau proposé. Le modèle 2 minimise, pour sa part, les coûts pour opérer le réseau proposé.

Les deux modèles sont présentés à la page suivante. Dans chacun de ces modèles, un certain nombre de contraintes sont imposées. Tout d'abord, les contraintes (1), (4) et (5) équilibrent les flots de produits sur les réseaux. Ainsi, pour chaque dépôt j , la quantité de produits p entrant doit être égale à la quantité sortant vers les points de distribution k . Les contraintes (2), (6) et (7) s'assurent que la demande soit satisfaite. De plus, une contrainte de capacité (8), pour le dépôt de Kampala, a été formulée dans le modèle 2. Finalement, les contraintes (3), (9) et (10) définissent le domaine des variables de décision.

Modèle 1 : Réseau actuel

$$\text{Minimiser } \sum_{p \in P} \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} c_{ij}^p x_{ij}^p + \sum_{p \in P} \sum_{j \in J} \sum_{k \in K} c_{jk}^p x_{jk}^p$$

Sous contraintes :

$$\sum_{i \in I} x_{ij}^p = \sum_{k \in K} x_{jk}^p \quad p \in P, j \in J \quad (1)$$

$$\sum_{j \in J_1} x_{jk}^p \geq d_k^p \quad p \in P, k \in K \quad (2)$$

$$x_{ij}^p, x_{jk}^p \geq 0 \text{ et entier} \quad p \in P, i \in I, j \in J, k \in K \quad (3)$$

Modèle 2 : Réseau proposé

$$\text{Minimiser } \sum_{p \in P} \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} c_{ij}^p x_{ij}^p + \sum_{p \in P'} \sum_{i \in I} \sum_{j \in R} c_{ij}^p x_{ij}^p + \sum_{p \in P} \sum_{j \in J} \sum_{k \in K} c_{jk}^p x_{jk}^p + \sum_{p \in P'} \sum_{j \in R} \sum_{k \in K} c_{jk}^p x_{jk}^p$$

Sous contraintes :

$$\sum_{i \in I} x_{ij}^p = \sum_{k \in K} x_{jk}^p \quad p \in P, j \in J \quad (4)$$

$$\sum_{i \in I} x_{ij}^p = \sum_{k \in K} x_{jk}^p \quad p \in P', j \in R \quad (5)$$

$$\sum_{j \in J} x_{jk}^p \geq d_k^p \quad p \in P \setminus P', k \in K \quad (6)$$

$$\sum_{j \in J \cup R} x_{jk}^p \geq d_k^p \quad p \in P', k \in K \quad (7)$$

$$\sum_{p \in P'} \sum_{i \in I} x_{ij}^p \leq Q \quad j \in R \quad (8)$$

$$x_{ij}^p, x_{jk}^p \geq 0 \text{ et entier} \quad p \in P \setminus P', i \in I, j \in J, k \in K \quad (9)$$

$$x_{ij}^p, x_{jk}^p \geq 0 \text{ et entier} \quad p \in P', i \in I, j \in J \cup R, k \in K \quad (10)$$

3.4 Évaluation des paramètres des modèles

La collecte des données secondaires nécessaires au paramétrage de notre problème s'est déroulée en deux phases. Une première phase de recherche a été effectuée sur le terrain entre juin et novembre 2014 grâce à deux stages à l'UNHRD. Une seconde phase de recherche a été réalisée depuis Montréal, où nous nous sommes principalement concentrés à combler les informations manquantes et à traiter toutes les données afin de paramétrer les modèles de sorte qu'ils soient fidèles à la réalité. Dans cette section-ci, nous explorerons plus en détail les paramètres utilisés et la façon dont les données récoltées ont été traitées afin d'être intégrées dans les modèles. La dernière partie exposera les principales difficultés rencontrées lors de la collecte.

3.4.1 La collecte de données secondaires

Le premier stage s'est déroulé sur huit semaines en juin et juillet 2014 dans les bureaux de l'UNHRD et du PAM à Rome, puis dans le dépôt de Brindisi, dans le sud de l'Italie. Cette première étape nous a permis d'obtenir les bases de données historiques quant aux achats et à la demande en Afrique de l'Est pour la période couvrant de janvier 2010 à juin 2014, pour un total de neuf semestres. Ces données secondaires ont été extraites du système WINGS II, le système-réseau de gestion de l'information à travers les différents départements du PAM. Nous avons également obtenu l'information détaillée relative aux produits et aux fournisseurs par le département des achats de l'UNHRD. De plus, nous avons eu accès aux LTA signées par l'UNHRD et certains de ses fournisseurs. Finalement, il nous a été possible d'avoir l'information quant à la répartition des différents stocks à travers le réseau grâce aux bases de données fournies par le département de la logistique.

Le second stage, d'une durée de cinq semaines, a débuté en octobre 2014. Durant ce court séjour, il a été possible de poursuivre la collecte de données secondaires à Rome et au dépôt de l'UNHRD à Dubaï, puis d'aller visiter les infrastructures du PAM à Kampala, où serait entreposé le matériel d'urgence pour le prépositionnement régional. Ce séjour en Ouganda (dix jours) a permis de récolter beaucoup d'information sans laquelle la réalisation de ce projet de recherche aurait pu être compromise. Nous avons notamment étudié la chaîne d'approvisionnement qui nous permettrait d'acheminer les conteneurs jusqu'à Kampala ainsi que les coûts de transport associés. De plus, nous avons eu accès aux données du réseau de distribution de Kampala, ce qui nous a permis de déterminer le territoire à étudier dans le cadre de notre projet. Par ailleurs, les informations relatives à la capacité d'entreposage disponible, aux conditions d'entreposage et aux frais de service, entre autres, ont pu également être recueillies lors de notre séjour en Ouganda.

Au terme de ces stages au sein de l'UNHRD et du PAM, quelques données secondaires étaient toujours manquantes, notamment celles relatives aux coûts de transport maritime reliant les fournisseurs au port de Mombasa, au Kenya, qui constitue le port

d'entrée vers Kampala. Ces données étaient en effet manquantes parce que ce réseau n'existe pas et donc, que l'UNHRD n'a pas de contrat de transport pour ce lien. Aussi, certains coûts de transport aérien du réseau actuel étaient manquants. Pour combler ces brèches, nous avons fait des demandes d'information à une compagnie maritime, Maersk, et à un transitaire logistique commercial, Intercargo. Les données relatives à l'envoi maritime jusqu'à Mombasa ont finalement été estimées grâce à une régression linéaire. Dans la partie qui suit, nous expliciterons davantage la façon dont les données secondaires récoltées ont été traitées.

3.4.2 Le traitement des données et le paramétrage des modèles

La liste des principaux paramètres à évaluer pour nos modèles était composée de la demande, des conditions d'entreposage, des coûts de transport et des autres coûts liés au fonctionnement du site régional. Précisons que les temps de réponse ont quant à eux été écartés des paramètres des modèles. En effet, ceux-ci ont plutôt été utilisés afin de déterminer le territoire de réponse couvert par le site de Kampala. Le temps maximal de livraison a été établi à 21 jours, ce qui inclut les différents délais administratifs aux frontières et les moyennes enregistrées par le bureau du PAM à Kampala pour ses propres livraisons. En se basant sur ces temps de transport, les différents points de distribution ont été sélectionnés puis validés par le bureau de pays du PAM à Kampala et par l'UNHRD, ce qui a permis de délimiter le territoire couvert par Kampala.

La demande en Afrique de l'Est pour les produits sélectionnés

L'étude des bases de données historiques de l'UNHRD nous a permis d'obtenir un éclairage actuel de l'aide humanitaire en Afrique de l'Est. Les bases de données comptent des milliers de lignes qui correspondent aux envois à travers le monde entre le début de l'année 2010 jusqu'en juin 2014, par type de produit. À travers cette pléthore d'information, nous avons donc accès à la date d'envoi, le volume, le type de

marchandise, le fournisseur, le lieu de livraison sur le terrain, le partenaire ayant fait la demande et le numéro de commande, entre autres. Toutefois, l'étude de ces données a également révélé d'épineux problèmes de standardisation, principalement au niveau des codes et de la nomenclature des produits. Un premier travail de standardisation a donc été effectué avant de pouvoir traiter les données obtenues. Afin d'y arriver, différentes techniques ont été nécessaires : le croisement de bases de données, l'étude des fiches techniques des produits, le classement par catégorie de produits et la recherche auprès des fournisseurs. Une fois classées, traitées et agrégées, l'analyse de ces données nous a permis de faire ressortir un certain nombre de conclusions sur les activités de l'UNHRD. Plus particulièrement, nous avons étudié la demande en Afrique de l'Est pour les produits faisant l'objet de cette recherche.

Les cartes des figures 3.8 et 3.9 illustrent, pour l'ensemble de l'Afrique, la demande annuelle moyenne (figure 3.8) et le coefficient de variation annuel pour les 15 produits sélectionnés (figure 3.9). Notons que le territoire étudié se limite aux pays se trouvant à l'intérieur de la ligne noire, et ce en raison de la couverture possible du site de Kampala pour répondre à la demande dans le délai prescrit. Dans ces cartes, nous pouvons remarquer que la distribution des produits est sujette à une grande variation en fonction du pays touché. En effet, le type de matériel d'urgence demandé et surtout le type de crise humanitaire sont étroitement liés à cette variation dans la distribution. En ce sens, deux principales observations peuvent être faites concernant la répartition sur ces cartes. D'une part, nous observons des pays qui enregistrent une forte distribution moyenne de produits et un faible coefficient de variation. Pour des pays comme l'Éthiopie, qui correspond à un cas type de ce phénomène, ceci est principalement dû au contexte d'insécurité alimentaire qui y sévit, année après année. En effet, l'Éthiopie connaît des épisodes de sécheresse annuels qui soumettent le pays et ses habitants à une insuffisance au niveau de sa production agricole (Rancourt, Bellavance et Goentzel, 2014). Pour pallier à cette situation, le soutien de la communauté humanitaire internationale est donc nécessaire et plutôt constant au fil des ans. D'autre part, on remarque également des situations inverses où des pays, comme le Soudan du Sud,

reçoivent un volume moyen relativement faible de fournitures d'urgence, mais ont un coefficient de variation élevé. Dans le cas du Soudan du Sud par exemple, cette situation s'explique par le conflit armé qui afflige le pays depuis son accession à l'indépendance en juillet 2011 (UN, 2015). En effet, les conflits armés sont plus sujets à connaître des variations en termes de besoins humanitaires d'une année à l'autre.

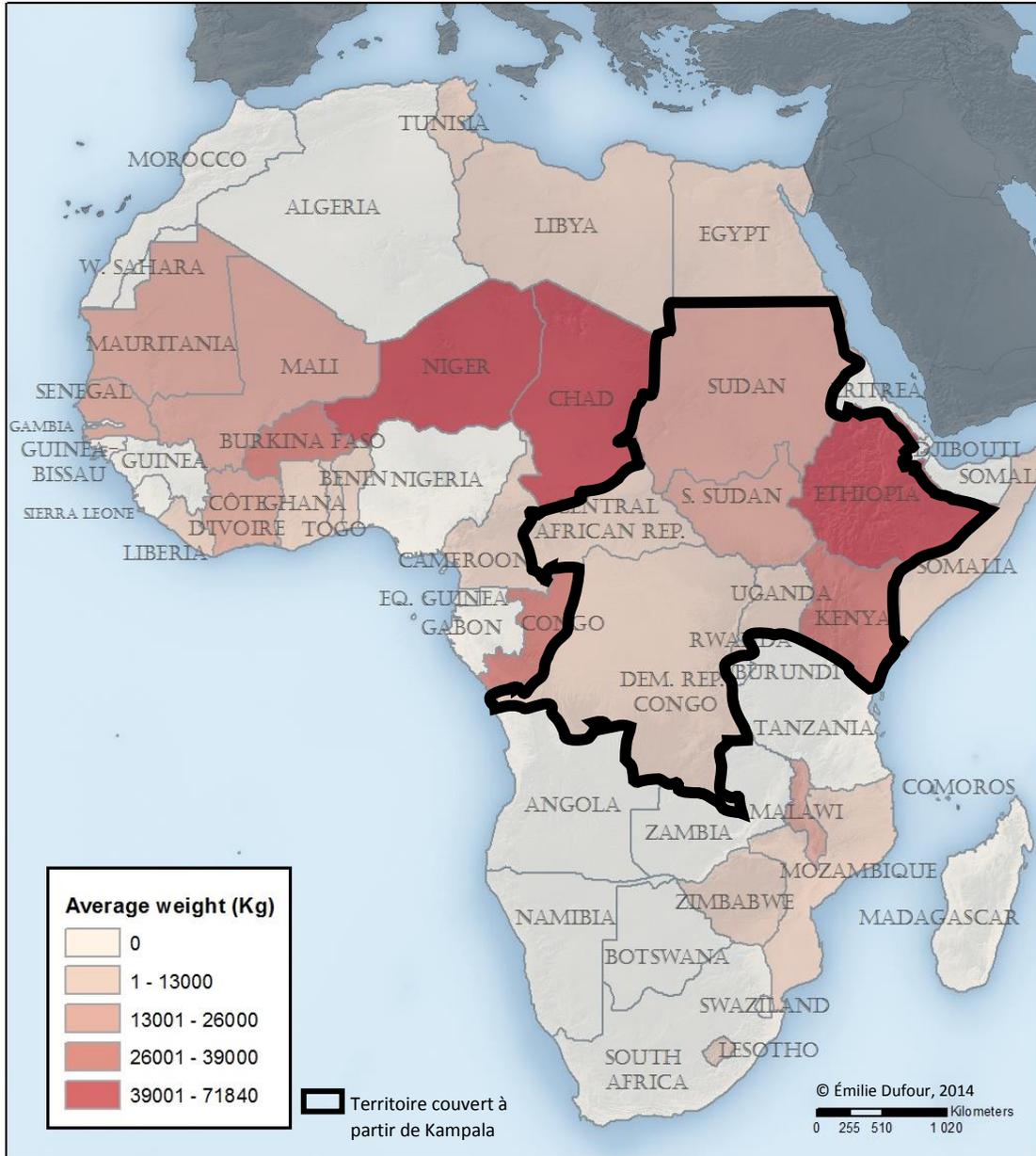


Figure 3.8 – Distribution moyenne en kg (2010 – 2013)

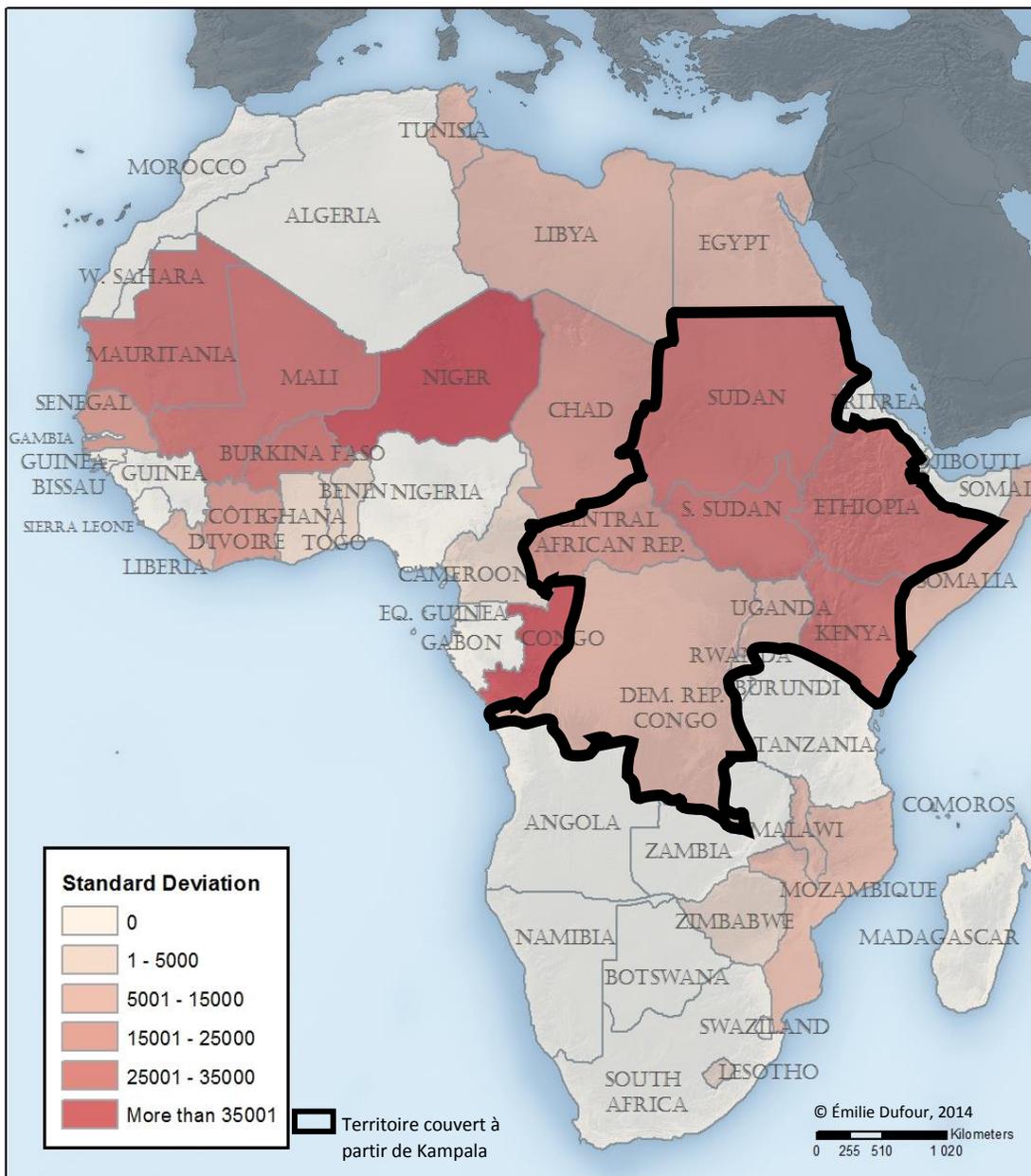


Figure 3.9 – Coefficient de variation (2010 – 2013)

Nous avons d’abord évalué la demande par produit et par point de distribution final afin de déterminer la probabilité qu’une demande survienne au cours d’un semestre. La demande pour chaque produit est exprimée en conteneurs pleins et suit une loi de distribution discrète. Afin de déterminer les meilleures distributions pour représenter la demande, nous avons analysé la demande historique par semestre et évalué le nombre de conteneurs pleins qui ont été envoyés à chaque point de distribution en Afrique de l’Est. Cet exercice, répété à travers les neuf semestres, nous a permis d’obtenir un portrait réaliste des distributions de demandes pour les produits étudiés. Des exemples de distributions obtenues au terme de cette première analyse sont présentés à la figure 3.10. Pour quatre produits à quatre points de distribution en Afrique de l’Est, on peut observer la fréquence en pourcentage où une demande est survenue, pour un certain nombre de conteneurs.

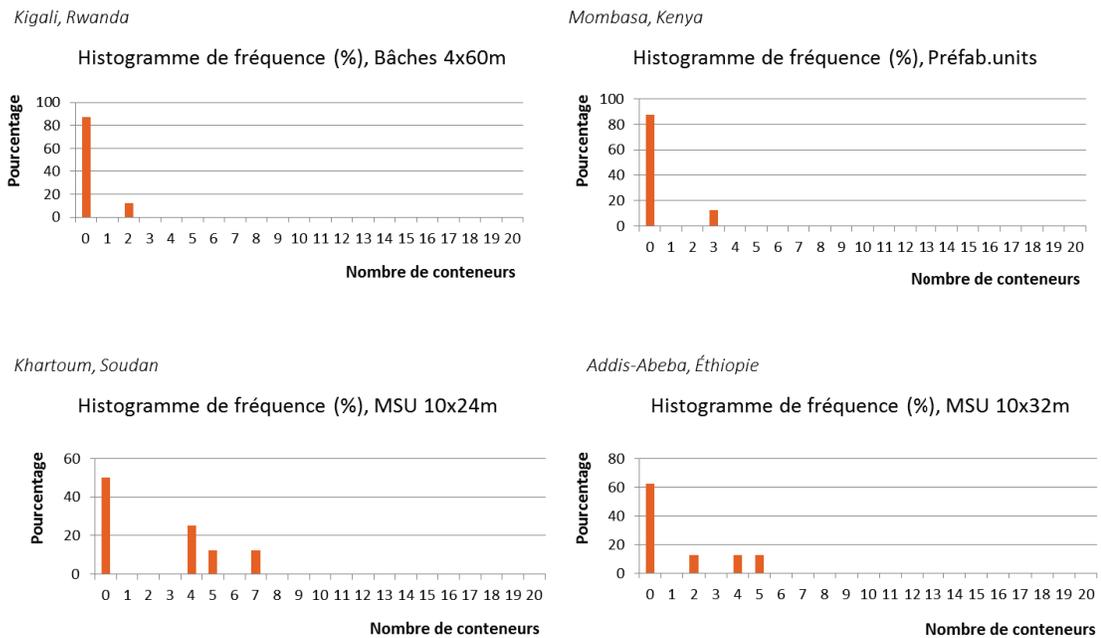


Figure 3.10 — Exemples d’histogrammes de fréquence pour différents produits et différents points de distribution par semestre

Cette première analyse complétée, il nous fallait déterminer les distributions les plus représentatives pour générer des scénarios de demande réalistes. Si on observe les exemples de la figure 3.10, on peut voir que sur l'horizon de temps étudié certaines demandes ne sont pas représentées. À titre d'exemple, il n'est jamais survenu une demande de deux conteneurs de MSU 10x24 mètres à Khartoum. Pourtant, ceci ne signifie pas que dans la réalité, cette probabilité soit nulle. Nous avons donc appliqué un ajustement aux distributions afin de rendre compte de cette demande potentielle. Si la distribution de Poisson est la plus commune en analyse de la demande dans un contexte humanitaire, où les probabilités qu'elle survienne se rapprochent de zéro, celle-ci ne semblait pas adaptée à notre situation. En effet, trop d'irrégularités dans les histogrammes de fréquence de la demande rendaient la distribution de Poisson difficilement applicable. Nous avons donc opté pour des distributions discrètes adaptées au type de fréquence. Celles-ci ont été générées par le logiciel de simulation Risk Solver Platform (version 12.0) et les distributions produites ont ensuite été validées une à une pour s'assurer qu'elles représentaient bien la réalité. Une fois les distributions de la demande déterminées, les paramètres pouvaient être intégrés dans le simulateur de scénarios afin de générer des demandes appropriées pour la phase d'optimisation.

Conditions d'entreposage à Kampala

Les informations concernant les conditions d'entreposage ont été principalement récoltées lors de notre visite en Ouganda, en octobre 2014, au bureau de pays du PAM à Kampala et à leur site d'entreposage dans l'arrondissement de Nalukolongo, où seraient entreposés les produits de l'UNHRD. Le bureau de Kampala a offert un espace extérieur pouvant contenir dix conteneurs de 20 pieds, à côté de l'entrepôt numéro trois (figure 3.11). La capitale ougandaise est située dans un climat tropical et connaît peu de variations de température au cours de l'année. La température moyenne se situe entre 22 et 23 degrés Celsius. La région est sujette à des précipitations constantes tout au long de l'année, avec des pointes durant les saisons des pluies qui sont de mars à mai et de

septembre à novembre. Évidemment, dans l'éventualité où l'UNHRD décide d'aller de l'avant avec le projet de repositionnement sur ce site, il est essentiel d'évaluer la faisabilité d'y entreposer les produits en fonction de ces conditions d'entreposage.



Figure 3.11 — Espace d'entreposage disponible sur le site du PAM, à Kampala

Une fois les informations concernant le site d'entreposage collectées, nous nous sommes donc arrêtés à évaluer les caractéristiques des produits sélectionnés pour cette étude. En nous basant sur les notices émises par les fabricants, nous avons pris la décision d'éviter l'entreposage de trois items sur le site, soit les couvertures et les deux types de moustiquaires (160 cm et 190 cm). En effet, ces produits sont sensibles à l'humidité et il nous est évidemment impossible de contrôler ce facteur au site de repositionnement de Kampala. Ainsi, suite à cette analyse, les produits évalués pour le site de Kampala sont réduits à 12, contre 15 pour l'ensemble du réseau. Avec l'UNHRD, il a en effet été décidé de poursuivre l'évaluation pour les 15 produits sélectionnés pour les deux réseaux, en prenant en compte que seulement 12 d'entre eux pourront transiter par le dépôt régional.

Coûts de transport

Les coûts de transport ont représenté un défi majeur dans la collecte et l'analyse des données. Le principal enjeu était de trouver les coûts de transport pour l'approvisionnement du site de repositionnement de Kampala, puis pour la distribution en Afrique de l'Est. En effet, comme ce réseau était inexistant, nous avons dû faire appel à différentes sources et valider nos données avec des logisticiens du PAM et de l'UNHRD afin de nous assurer que les coûts de transport pour desservir Kampala reflétaient la réalité.

En somme, les coûts relatifs au transport de matériel tout au long de la chaîne logistique peuvent être répartis en deux catégories : les coûts du réseau actuel et les coûts du réseau passant par le site de prépositionnement de Kampala. La figure 3.12 résume les sources de données utilisées pour évaluer les coûts. Concernant l’approvisionnement des trois dépôts de l’UNHRD desservant l’Afrique de l’Est, soit Dubai, Brindisi et Accra, nous avons extrait ces coûts des LTA mis à notre disposition par l’UNHRD. Ces contrats stipulent entre autres à quel prix les produits sont envoyés vers les différents dépôts du réseau. Ensuite, la distribution dans notre modèle étant assurée par transport aérien, nous avons eu accès à certaines bases de données de l’UNHRD. Toutefois, cette information était partielle et nous avons dû avoir recours aux prix estimés par un logiciel de calcul en ligne, fourni par Intercargo, un transitaire logistique (Intercargo, 2015).

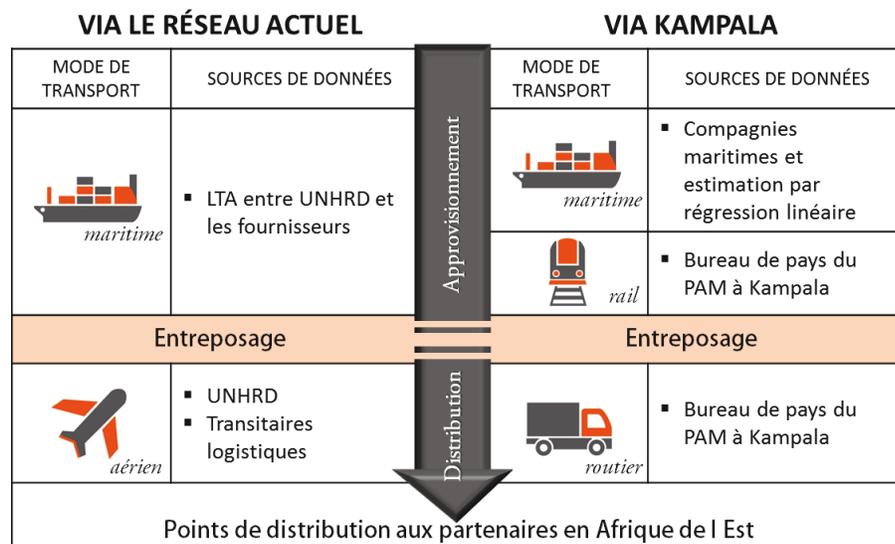


Figure 3.12 — Sources des données pour les différents segments de transport, via le réseau actuel de l’UNHRD et le site de Kampala

Les coûts de transport pour desservir Kampala ont été plus difficiles à obtenir, ce réseau étant, comme nous l’avons dit, inexistant entre les fournisseurs ciblés et le site de prépositionnement. Le stage à Kampala nous a permis de déterminer que les conteneurs arriveraient par voie maritime jusqu’au port de Mombasa, au Kenya, pour ensuite être

acheminés jusqu'à Kampala par train. Cette liaison ferroviaire est directe entre le port et le site de répositionnement dans la capitale ougandaise.

Nous avons tout d'abord fait des demandes à Maersk, une compagnie de transport maritime internationale, pour obtenir les coûts de transport par bateau pour les liaisons entre les différents ports utilisés par les fournisseurs et le port de Mombasa. Afin d'évaluer la précision des coûts obtenus, nous avons fait des demandes similaires pour obtenir les coûts pour desservir les ports de Dubaï et d'Accra depuis les mêmes fournisseurs. Notons que les coûts pour desservir le port de Brindisi n'ont pas été calculés parce que Maersk ne dessert pas ce lieu.

Cet exercice s'est révélé hautement pertinent puisque nous avons pu constater que les coûts estimés par Maersk pour servir Dubaï et Accra étaient largement en deçà des coûts réels extraits des LTA. Ceci peut s'expliquer par le fait que les LTA incluent d'autres frais afférents, dont les coûts encourus pour la manipulation des conteneurs sur les sites portuaires et les frais d'assurances pour le transport. Il fallait donc trouver une façon d'estimer les coûts de transport pour desservir Mombasa afin que ceux-ci soient représentatifs des coûts réels qui seraient inclus dans de futures LTA. Pour remédier à ce problème, nous avons eu recours à une régression linéaire.

Le graphique de la figure 3.13 montre la régression existante entre les coûts extraits des LTA et ceux fournis par Maersk pour les ports de destination de Dubaï et d'Accra depuis les fournisseurs étudiés. Le modèle pour estimer la régression entre les données est : $Coût\ du\ LTA = \beta_1 + \beta_2\ coût\ de\ Maersk + \epsilon$. L'équation de la régression est : $Coût\ du\ LTA = 1583,84 + 0,8157\ coût\ de\ Maersk$. Le R^2 ajusté est de 0,5657 et le β_2 est significatif à un niveau de 0,001. En conséquence, la régression linéaire a été utilisée afin d'estimer les coûts de transport pour desservir le port de Mombasa (tableau 3.2). Les coûts présentés dans le tableau 3.2 sont basés sur l'envoi d'un conteneur plein et les résultats obtenus ont été validés par l'UNHRD. Rappelons que les coûts présentés ici ont été modifiés afin d'en préserver la confidentialité. Les ports d'origine et les fournisseurs ont quant à eux été cachés.

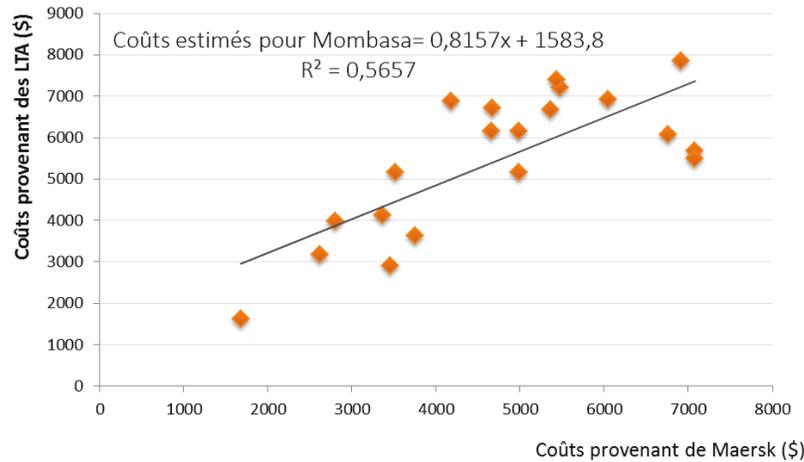


Figure 3.13 – Régression linéaire entre les données extraites des LTA et celles fournies par Maersk pour le transport de conteneurs entre les fournisseurs et les ports de Dubaï et d'Accra

Tableau 3.2 Résultats de la régression linéaire pour l'estimation des coûts de transport pour desservir le port de Mombasa

Produits	HRD Accra		HRD Dubaï		Port de Mombasa (Port d'entrée pour Kampala)	
	MAERSK (USD)	LTAS (USD)	MAERSK (USD)	LTAS (USD)	MAERSK (USD)	LTAS (USD)
MSU 10x24	4127	6155	3262	5172	4032	5476
MSU 10x32	4127	6155	3262	5129	4032	5476
MSU 10x24	4658	6155	3521	5172	4462	5688
Unités préfab.	3368	4124	2948	6724	3635	5280
Tentes	7080	5689	2805	7775	5668	6283
Bâches 4x6m	6918	7861	3453	2896	5851	6373
Génératrices	3368	4124	2948	6724	3635	5280
Bâches 4x60m	3748	7214	1679	1623	2594	4767
Génératrices	5367	6679	862	2972	3180	5056
Couvertures	4186	6884	2626	3186	4705	5808
Kit de cuisine	3368	4124	2948	6724	3635	5280
Réservoirs d'eau 5000L	3710	7396	3460	6930	3749	5337
Réservoirs d'eau 10 000L	3710	7397	3460	6932	3749	5337
Moustiquaires 160cm	6756	6068	3757	3641	5258	6081
Moustiquaires 190cm	6756	6068	3757	3641	5258	6081

Les conteneurs arrivés à Mombasa sont ensuite envoyés par train jusqu'à Kampala. Le bureau de pays du PAM à Kampala nous a fourni les coûts de transport pour assurer ce lien. À partir d'un tarif de base, nous avons adapté le coût total de transport par train à

chaque produit, en fonction de son poids. Le PAM nous a également fourni les frais de port et les coûts relatifs à la manipulation des conteneurs pendant les opérations de transbordement que nous avons ajoutés à ce segment de transport afin d'obtenir un coût total précis. Finalement, le bureau du PAM à Kampala nous a également transmis les données permettant de calculer les coûts de transport du matériel par camions aux différents points de distribution faisant l'objet de cette étude. Ici aussi, un calcul basé sur le poids d'un conteneur, pour chaque produit et chaque destination, a été fait.

Autres coûts liés à l'opération du site d'entreposage à Kampala

Il est important de rappeler que notre modélisation ne prend pas en compte les coûts d'entreposage des réseaux actuels et proposés. Ceci s'explique par le fait que ces frais sont négligeables, selon les informations récoltées auprès de l'UNHRD. En effet, la majeure partie des dépenses liées au maintien des dépôts de l'UNHRD est assumée par les gouvernements hôtes. En ce qui concerne le site de Kampala, l'espace d'entreposage mis à la disposition de l'UNHRD est sans frais, puisqu'il s'agit d'un espace extérieur inutilisé par le bureau de pays du PAM.

Toutefois, d'autres types de frais sont à considérer afin d'assurer l'exploitation du site de Kampala par l'UNHRD. Ces frais incluent le salaire de la main-d'œuvre nécessaire aux opérations sur le site et la location d'une grue pour assurer le déchargement des trains lorsque ceux-ci arrivent à Kampala puis le chargement des camions lorsque le matériel est distribué aux partenaires. Une liste exhaustive de ces coûts a été produite par le bureau du PAM à Kampala et ils ont été additionnés aux coûts totaux.

3.4.3 Les difficultés rencontrées lors de la collecte et le traitement des données

Dans les paragraphes qui suivent, nous nous attarderons aux trois principales difficultés que nous avons rencontrées. Nous verrons également la façon dont nous avons pallié à ces éléments afin de produire une analyse robuste.

L'une des limites les plus importantes a été la disponibilité des données. Comme nous l'avons mentionné dans ce travail, la création du nouveau réseau régional représente un défi puisque les données relatives à son approvisionnement étaient inexistantes. Par rapport au réseau actuel, nous avons rencontré un problème semblable, lié à la disponibilité de certaines données de transport aérien pour desservir l'Afrique de l'Est. Dans les deux cas, les données ont été estimées avec soin afin qu'elles soient le plus fidèlement représentatives de la réalité. Toutefois, pour pallier à l'incertitude de ces estimations, nous avons mené un certain nombre d'analyses de sensibilité.

Un problème de standardisation des unités de gestion des stocks (SKU) s'est révélé être également un enjeu de taille dans l'analyse des données, ralentissant considérablement notre travail d'analyse et de traitement des bases de données secondaires récoltées sur le terrain. En effet, les différences de codes entre les données enregistrées par le département des achats et celles utilisées par le département de la logistique empêchent la traçabilité des produits entre leurs arrivées dans un dépôt et le moment où ils en sortent. À cet égard, des recommandations ont été faites à l'UNHRD. Nous croyons qu'une standardisation des unités de gestion serait bénéfique, voire cruciale, pour améliorer l'efficacité des opérations de l'organisme. Il est effectivement difficile d'analyser les opérations à optimiser dans le contexte actuel. Notre analyse ABC en constitue un exemple patent. Pour mener cette analyse, nous nous sommes basés sur la valeur des inventaires sortants pour l'année 2013 puisqu'il s'agissait de la seule base pour laquelle nous pouvions retracer suffisamment d'information.

La dernière limite majeure que nous abordons concerne les points de distribution en Afrique de l'Est, qui sont restreints à huit. Ceci peut s'expliquer par le fait que nous avons dû composer avec les données disponibles. Dans ce cas-ci, nous avons rencontré certaines difficultés à trouver les données équivalentes pour l'un et l'autre des réseaux, et ce particulièrement pour les points de demande finaux. Dans la réalité, ce nombre de points de demande régionale est supérieur. Toutefois, les lieux sélectionnés ont été validés par l'UNHRD très tôt dans le processus, ce qui a permis de confirmer qu'il

s’agissait des principaux points de distribution utilisés par les partenaires pour la livraison en Afrique de l’Est.

3.5 Résolution et analyse des résultats

Une fois les paramètres des modèles analysés, il a été possible de procéder à la résolution du problème grâce à l’optimisation. L’utilisation de la modélisation mathématique avait deux principaux objectifs. Premièrement, il fallait établir si l’ajout du dépôt régional de Kampala représentait une économie potentielle intéressante en termes de coûts d’opération. Ensuite, le cas échéant, il fallait déterminer quels produits seraient entreposés à Kampala et en quelles quantités. Les phases de notre méthodologie de résolution sont présentées à la figure 3.14.

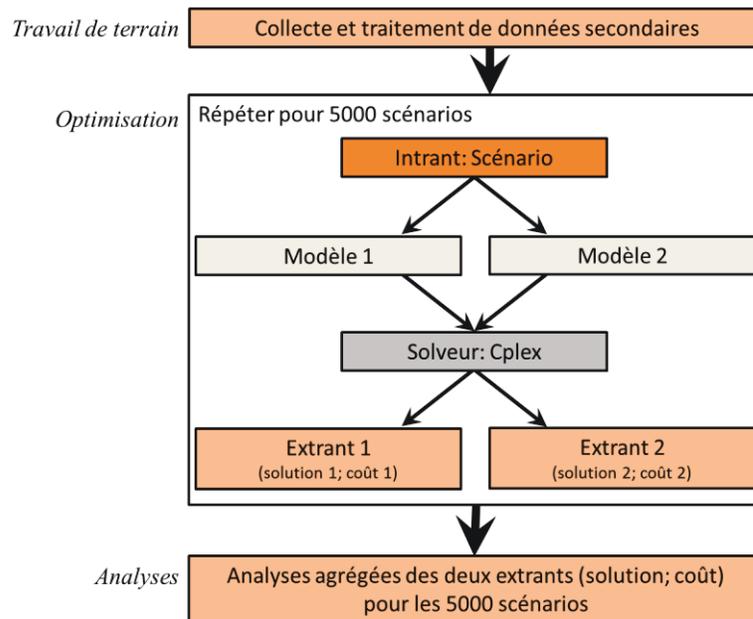


Figure 3.14 – Méthodologie de résolution du problème

Afin de créer les scénarios nécessaires à notre optimisation, les distributions de la demande devaient être générées par produit et par région. Basé sur ces données, 5 000 scénarios ont été simulés, chacun couvrant une période de six mois. Ensuite, CPLEX,

appelé dans un code programmé en C++, devait résoudre chacun des scénarios de demande semestrielle à travers nos deux modèles. Ainsi, pour chaque scénario, le logiciel produisait deux solutions optimales et deux coûts totaux minimisés, l'une pour le modèle 1 et l'autre pour le modèle 2. Chaque solution représente le flot optimal du matériel à travers le réseau et l'assignation la plus efficiente du matériel à travers les entrepôts. Le coût total minimum pour répondre à la demande, à travers le réseau actuel et le réseau proposé, représente les frais encourus pour une demande déterminée selon un flot optimal. En comparant les deux résultats exprimés pour l'ensemble des scénarios générés, il était ensuite possible de mener les analyses statistiques pertinentes.

Une fois ces résultats obtenus et agrégés, certaines analyses de sensibilité ont été menées sur les scénarios. Comme certains paramètres de coût sont sujets à des fluctuations dans le temps, l'analyse de sensibilité permet de mesurer l'impact de ces variations sur les résultats obtenus. Les coûts de transport aérien et routier ont fait l'objet de ces analyses. En effet, comme nous l'avons vu précédemment dans le paramétrage des modèles, les coûts aériens ne proviennent pas exclusivement de l'UNHRD. On peut donc penser que ces coûts sont supérieurs à ceux réels; l'UNHRD profitant sans doute de forfaits tarifaires plus avantageux que ceux obtenus auprès du transitaire logistique. Nous avons donc analysé l'impact sur les résultats, en dépréciant les coûts de transport aérien de 10, 20 et 30%. De plus, sachant que les coûts de transport routier entre Kampala et les points de distribution régionaux sont sujets à croître dans le futur, nous avons testé les résultats en augmentant ceux-ci de 5, 10 et 15%. Finalement, des analyses de sensibilité ont également été menées dans le but d'étudier l'effet d'une variation simultanée des coûts du transport aérien et des coûts de transport par camion. Au total, 16 analyses de sensibilité ont été opérées sur les résultats, nous permettant de mesurer l'impact sur les coûts totaux d'opération et les flots de produits à travers les deux réseaux, et ce pour les 5 000 scénarios.

Le prochain chapitre sera consacré à la présentation détaillée des résultats et à la discussion. De plus, nous présenterons les différentes analyses et les tests de sensibilité qui ont été effectués.

Chapitre 4 | Résultats et discussion

Ce chapitre sera consacré à la présentation des résultats de notre recherche. Nous y détaillerons les différentes analyses statistiques tirées de la simulation et de la résolution de 5 000 scénarios de demande semestrielle en Afrique de l'Est pour les 15 produits ciblés. Nous discuterons d'abord de ces résultats et des différents tests de sensibilité avant d'aborder la dissémination des résultats à l'UNHRD, au PAM et à travers la communauté scientifique. Veuillez noter que les données utilisées dans cette recherche sont confidentielles et c'est pourquoi les résultats ne sont présentés que sous forme agrégée.

4.1 Présentation des résultats de l'optimisation pour les coûts d'opération des réseaux

Le choix d'utiliser la simulation de scénarios, générés aléatoirement à partir des distributions de demandes tirées d'une analyse des données historiques, a permis de prendre en compte l'incertitude de la demande d'aide humanitaire. Chaque scénario généré par le simulateur représentait une demande semestrielle composée de requêtes de produits dans les huit différents points de distribution en Afrique de l'Est. Cette demande est exprimée en conteneurs pleins. Dans ces 5 000 scénarios, le nombre de conteneurs demandés variait entre neuf et 85, avec une moyenne de 43,46 conteneurs et un écart-type de 10,04. La figure 4.1 montre la distribution de la demande en conteneurs à travers l'ensemble des scénarios générés.

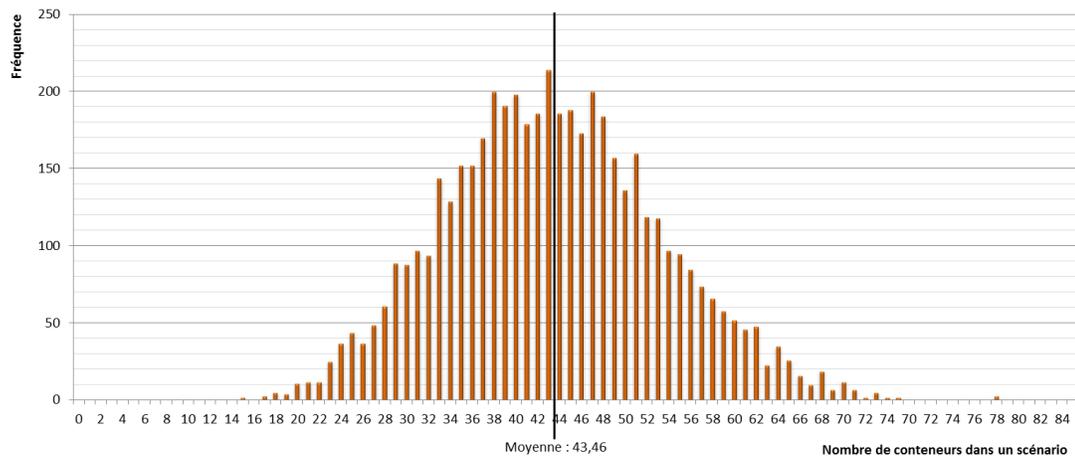


Figure 4.1 – Histogramme de fréquence du nombre de conteneurs par scénario

Une quantité importante de données a été obtenue suite à la résolution des scénarios avec le logiciel d’optimisation CPLEX. En effet, pour chacun des scénarios, deux coûts optimaux étaient produits: l’un pour le réseau actuel et l’autre pour le nouveau réseau proposé. À ces coûts étaient associés des flots de produits sur les arcs, permettant de satisfaire la demande depuis les différents entrepôts. Grâce aux différentes statistiques descriptives tirées de l’analyse de ces flots pour les 5 000 scénarios, il a été possible de proposer une solution robuste quant aux produits qui devraient être prépositionnés au dépôt régional de Kampala. Cette section décrit les principaux résultats obtenus et les analyses de sensibilité qui ont été faites afin de tester la robustesse des solutions présentées.

4.1.1 Évaluer la pertinence d’ajouter un dépôt régional à Kampala

Les résultats obtenus grâce à l’optimisation montrent que l’ajout de Kampala au réseau actuel constitue un avantage économique majeur. Les résultats agrégés sont présentés dans le tableau 4.1.

Tableau 4.1. Statistiques descriptives sur les coûts des solutions

	Réseau actuel (\$)	Réseau proposé (\$)	Amélioration (%)
Moyenne	1 100 043,57	741 611,99	33,97
Écart-type	289 201,45	252 622,60	6,85
Médiane	1 085 216	723 025	33,02
Min	239 557	95 505	15,59
Max	2 186 694	1 755 218	69,77

Dans le tableau 4.1, sont présentées des statistiques descriptives sur les coûts des solutions obtenues en résolvant le modèle 1 (réseau actuel) et le modèle 2 (réseau proposé), ainsi que le pourcentage d'amélioration. En se basant sur les solutions optimales pour l'un et l'autre des réseaux, on obtient une amélioration moyenne des coûts d'opération de 33,97% en ajoutant le dépôt de Kampala, avec un écart-type moyen de 6,85%. Il est d'autant plus intéressant d'étudier la variation de cette amélioration, s'étendant entre 15,59% et 69,77%. Cette grande variation est liée au nombre de conteneurs demandés dans un scénario. En effet, comme l'illustre le nuage de points de

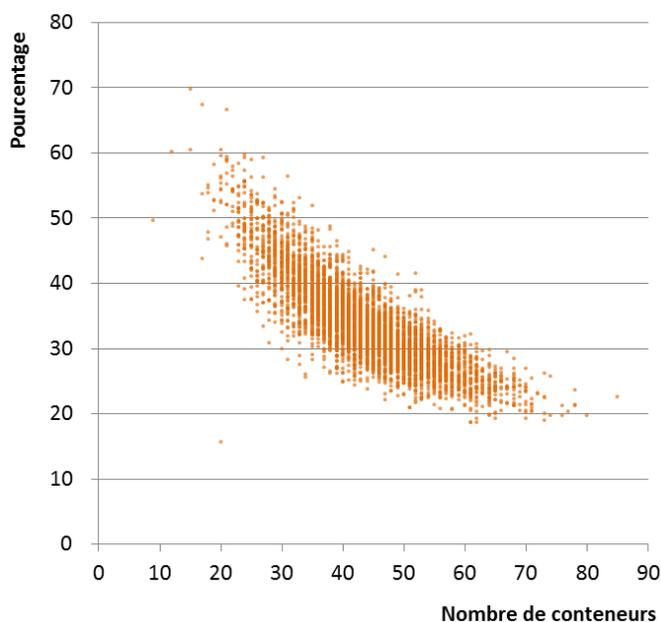


Figure 4.2 — Pourcentage d'économies réalisées par l'ajout du dépôt régional de Kampala en fonction du nombre de conteneurs par scénario

la figure 4.2, on peut observer qu'il existe une relation inverse entre le nombre de conteneurs dans un scénario et le pourcentage d'amélioration des coûts d'opération. Ceci peut être expliqué par le fait que le poids relatif de Kampala va diminuer à mesure que la demande régionale va croître, la capacité de Kampala étant limitée à dix conteneurs.

L'autre attribut permettant d'expliquer cette relation entre le pourcentage d'économies et la demande totale est le type de matériel envoyé à Kampala. L'analyse des résultats nous a permis d'observer que plus la part du dépôt de Kampala est importante dans la réponse pour les produits les plus lourds, comme les MSU et les unités préfabriquées, plus l'économie générée par le réseau proposé est intéressante. Ceci s'explique par le fait que le transport par avion de ces produits lourds est beaucoup plus dispendieux, les tarifs aériens étant basés à la fois sur le volume et le poids de la marchandise. Il est donc avantageux de prépositionner ces items particuliers au niveau régional.

Pour plusieurs raisons, le choix d'ajouter le dépôt de Kampala au réseau actuel pour répondre à la demande régionale semble être une stratégie prometteuse. Sur l'ensemble des 5 000 scénarios résolus, le réseau proposé s'est avéré être l'option la plus avantageuse pour répondre à la demande en Afrique de l'Est.

4.1.2 Les analyses de sensibilité afin de tester les variations des coûts d'opération

L'objectif de cette section est d'approfondir notre compréhension de l'impact de la variabilité de certains paramètres sur les résultats obtenus lors de la modélisation mathématique. Au total, 16 tests de sensibilité ont été effectués à l'aide de CPLEX, pour les 5 000 scénarios.

Les résultats agrégés de ces analyses sont présentés dans le tableau 4.2, où la ligne supérieure présente les bénéfices du réseau proposé comparé à ceux du réseau actuel en considérant les coûts originaux. Les lignes subséquentes présentent différentes variations des coûts de transport aériens et routiers. Dans un premier temps, nous avons testé une dépréciation des coûts du transport aérien. En effet, en ce qui concerne les tarifs utilisés dans l'analyse originale, ceux-ci proviennent d'une source externe et en ce sens, ils sont probablement surestimés. Une surestimation des coûts de transport aérien pourrait prodiguer un avantage inéquitable au prépositionnement régional, où le mode de transport n'est pas utilisé. Dans le but de contourner ce biais, nous avons résolu à nouveau les scénarios en réduisant les tarifs aériens de 10%, 20% et 30%. Les résultats de

ces analyses de sensibilité (les tests 2 à 4 du tableau 4.2) montrent que l'amélioration des coûts d'opération par l'utilisation du dépôt régional demeure importants (30,12%), même avec une diminution de 30% des tarifs. Une conclusion similaire a été tirée suite aux analyses de sensibilité impliquant une augmentation des tarifs de transport routier. En effet, selon les informations obtenues par le bureau de pays du PAM à Kampala, ces coûts sont appelés à augmenter dans le futur. Considérant cette variation dans le temps, des analyses de sensibilité ont été menées en augmentant les tarifs de 5%, 10% et 15% (les tests 5 à 7 du tableau 4.2). Comme le montrent les résultats, l'impact négatif de la variation de ces tarifs sur l'amélioration moyenne initiale est faible et ce, même avec une augmentation de 15% (la moyenne d'amélioration passe de 33,97% à 33,33%). Finalement, des analyses ont aussi été menées en prenant en compte une variation simultanée de ces deux paramètres (les tests 8 à 16 du tableau 4.2). Il est intéressant de noter que même dans le pire scénario – c'est-à-dire le scénario avec une décroissance des tarifs aériens de 30% et une augmentation des tarifs routiers de 15% – l'amélioration des coûts pour desservir l'Afrique de l'Est en ajoutant le dépôt de Kampala demeure considérable (29,27%).

Tableau 4.2 Amélioration des coûts logistiques résultant des analyses de sensibilité

Test	Variation des coûts de transport		Statistiques descriptives				
	Aérien (%)	Routier (%)	Moyenne (%)	Écart-type (%)	Médiane (%)	Min (%)	Max (%)
1	0	0	33,97	6,85	33,02	15,59	69,77
2	-10	0	33,94	6,63	32,02	14,03	68,08
3	-20	0	31,68	6,63	30,81	12,81	66,01
4	-30	0	30,12	6,04	29,3	11,35	63,48
5	0	5	33,76	6,81	32,83	15,27	69,5
6	0	10	33,54	6,76	32,61	14,94	69,22
7	0	15	33,33	6,72	32,4	14,62	68,95
8	-10	5	32,94	6,62	32,02	14,53	68,08
9	-20	5	31,67	6,36	30,81	12,92	66,01
10	-30	5	30,12	6,04	29,3	11,35	63,48
11	-10	10	38,42	6,53	31,58	13,62	67,48
12	-20	10	31,16	6,25	30,32	12,17	65,34
13	-30	10	29,56	5,93	28,75	10,72	62,72
14	-10	15	32,25	6,48	31,36	13,27	67,17
15	-20	15	30,91	6,2	30,07	11,89	65
16	-30	15	29,27	5,88	28,48	10,4	62,35

La figure 4.3 illustre d'ailleurs l'effet de la variation simultanée sur la distribution des moyennes d'économies réalisées pour les 5 000 scénarios résolus. Dans le graphique, nous avons illustré la fréquence des économies réalisées pour la solution initiale (ligne orange) et celle pour le pire scénario (ligne grise), soit une diminution de 30% des tarifs aériens et une augmentation de 15% des tarifs routiers.

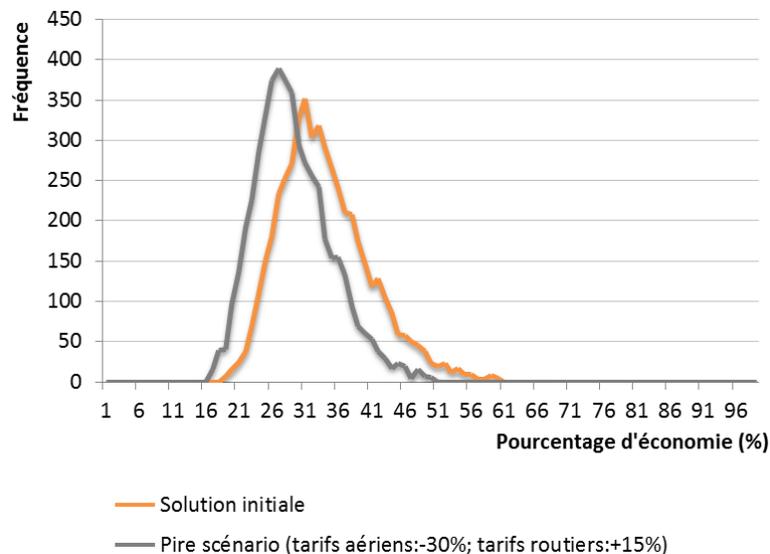


Figure 4.3 — Fréquence des pourcentages d'économies réalisées par l'ajout du dépôt régional, pour la solution initiale et le pire scénario

Finalement, basé sur l'ensemble de ces analyses, nous sommes donc confiants que la mise en place du réseau proposé avec un dépôt régional devrait enregistrer un rendement important en termes de coûts d'opération.

4.2 Sélection des produits à entreposer à Kampala

L'amélioration des coûts logistiques établie pour la mise en place du réseau proposé, il fallait déterminer quels produits entreposer à Kampala afin d'assurer une réponse efficace à une demande éventuelle. En effet, la composition du stock prépositionné est déterminante si l'UNHRD souhaite utiliser à son plein potentiel l'opportunité que représente ce nouveau réseau. Les différents produits envoyés à Kampala dans les

solutions optimales obtenues en résolvant le modèle 2 ont donc été analysés à travers l'ensemble des scénarios. Au terme de cette analyse, un certain nombre de conclusions ont pu être tirées. Le tableau 4.3 présente la distribution du nombre de conteneurs prépositionnés à Kampala pour l'ensemble des produits, à travers les 5 000 scénarios. Pour chaque produit, la moyenne, la médiane et l'écart-type pour le nombre de conteneurs envoyés à Kampala sont donnés. Rappelons que sur les 15 produits ciblés pour mener cette recherche, trois ne pouvaient pas être entreposés à Kampala en raison des conditions d'entreposage : les deux types de moustiquaires et les couvertures. En étudiant le tableau 4.3, on remarque également que certains produits sont rarement entreposés à Kampala. C'est le cas des génératrices, des kits de cuisine, des tentes familiales et des réservoirs d'eau. Ceci réduit donc à six le nombre de produits analysés pour déterminer une solution robuste concernant les items à entreposer dans le dépôt régional. Ces six produits sont surlignés dans le tableau 4.3.

Tableau 4.3 Distribution du nombre de conteneurs alloués à chaque produit à travers les 5 000 scénarios

Produits	Nombre de conteneurs											Statistiques descriptives		
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Mode	Moy.	Écart-type
1 Couverture	5000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0,0
2 Génératrice 16Kva	4970	16	7	4	2	0	1	0	0	0	0	0	0,01	0,2
3 Génératrice 45Kva	4992	5	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0,1
4 Kit de cuisine	4979	12	4	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0,01	0,1
5 Moustiquaire, 160 cm	5000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0,0
6 Moustiquaire, 190 cm	5000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0,0
7 MSU, 10x24 (fournisseur 1)	1491	880	722	727	542	326	183	70	44	11	4	1	2,08	2,0
8 MSU, 10x32	2903	843	639	390	176	36	11	1	0	1	0	1	0,85	1,2
9 MSU, 10x24 (fournisseur 2)	2388	826	775	409	289	174	99	30	6	4	0	1	1,30	1,7
10 Unité préfabriquée	2177	634	580	581	535	403	48	40	1	1	0	1	1,66	1,8
11 Bâche, 4x6 m	2159	809	651	624	327	298	100	19	13	0	0	1	1,52	1,8
12 Bâche, 4x60 m	1217	760	822	734	608	448	254	101	38	10	8	2	2,40	2,0
13 Tente familiale	4996	3	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0,1
14 Réservoir d'eau, 10 000 L	4810	89	51	30	15	4	0	0	1	0	0	0	0,07	0,4
15 Réservoir d'eau, 5 000 L	4705	156	94	38	4	2	1	0	0	0	0	0	0,10	0,4

Nous avons utilisé les statistiques descriptives sur la distribution des conteneurs pour ces six produits, ce qui nous a permis d'extraire 12 solutions potentielles d'entreposage représentant une stratégie de prépositionnement possible au dépôt de Kampala. Ces solutions, présentées dans le tableau 4.4, ont été obtenues en nous basant sur la valeur de la médiane et en arrondissant à l'unité inférieure ou supérieure des quantités afin

d'obtenir un nombre entier. Nous avons également considéré la capacité de Kampala, qui est de dix conteneurs.

Tableau 4.4 Solutions de prépositionnement retenues (nombre de conteneurs)

Produits	Solutions											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
MSU, 10x24 (fournisseur 1)	2	3	2	3	3	2	2	3	3	3	3	2
MSU, 10x32	1	1	0	0	0	0	1	1	0	1	0	1
MSU, 10x24 (fournisseur 2)	1	1	1	1	0	2	2	1	1	1	1	1
Unité préfabriquée	2	1	2	1	1	2	1	3	2	2	2	2
Bâche, 4x6 m	1	1	2	2	3	2	2	1	2	1	1	2
Bâche, 4x60 m	3	3	3	3	3	2	2	1	2	2	3	2

Nous avons ensuite analysé l'efficacité des 12 solutions de prépositionnement retenues. Ainsi, chaque solution a été utilisée comme une entrée du réseau proposé pour chaque scénario. L'exercice consistait à imposer une solution initiale de dix conteneurs entreposés à Kampala pour résoudre le problème, puis d'analyser comment le dépôt régional de Kampala répondait à la demande simulée dans le scénario. Les 5 000 scénarios ont ainsi été résolus pour chacune des 12 solutions retenues. Les résultats agrégés de cette nouvelle analyse sont présentés dans le tableau 4.5. La deuxième colonne de ce tableau expose l'amélioration moyenne des coûts logistiques enregistrés par les solutions à travers l'ensemble des scénarios. Les six autres colonnes du tableau rapportent différentes statistiques descriptives par rapport à l'utilisation des conteneurs entreposés à Kampala. Plus spécifiquement, la troisième colonne montre le nombre moyen de conteneurs à Kampala qui ont été utilisés à travers les 5 000 scénarios. Ensuite, les colonnes quatre à huit présentent le pourcentage de rendement moyen à travers les scénarios, c'est-à-dire le pourcentage de scénarios pour lesquels le dépôt de Kampala a été utilisé à au moins 90%, 80%, 70%, 60% et 50% de sa capacité.

Au terme de cette analyse, nous pouvons remarquer que la solution 7 (surlignée dans les tableaux 4.4 et 4.5) enregistre des résultats nettement supérieurs par rapport à l'ensemble des solutions retenues. Cette solution est plus performante à la fois en

termes d'économies de coûts logistiques que d'utilisation de la capacité d'entreposage de Kampala à travers les 5 000 scénarios. En effet, nous notons que 26,6% de tous les scénarios utilisent au moins 90% de la capacité totale du dépôt régional. De plus 7,43 conteneurs sont utilisés à Kampala, en moyenne, pour répondre à la demande régionale. Notre analyse a révélé qu'au moins 70% de la capacité de Kampala est utilisée dans 72,55% des scénarios. Nous avons également analysé les coûts d'opération. Nous notons qu'une amélioration moyenne de 21,16% a été enregistrée avec la composition de produits de la solution 7 entreposés à Kampala. Basé sur ces différentes analyses, nous considérons que la solution 7 est la plus robuste et efficiente.

Tableau 4.5 Statistiques descriptives comparant l'efficacité des solutions de prépositionnement retenues

Solutions retenues	Amélioration moyenne des coûts logistiques (%)	Nombre moyen de conteneurs demandés au dépôt de Kampala	Pourcentage de scénarios ayant utilisé la capacité du dépôt régional dans une proportion supérieure à:				
			90%	80%	70%	60%	50%
Solution 1	18,28	6,96	19,72	40,81	61,19	78,62	90,82
Solution 2	17,16	6,88	19,7	34,71	56,89	76,44	88,78
Solution 3	19,95	6,72	17,16	37,43	55,05	74,59	87,34
Solution 4	16,83	6,55	17,34	31,25	52,8	70,95	84,76
Solution 5	15,63	6,13	14,12	26,33	44,79	63,43	76,6
Solution 6	20,27	6,98	18,76	41,83	60,09	81,08	91
Solution 7	21,16	7,43	26,61	51,07	72,55	87,52	96,2
Solution 8	19,82	6,22	13,62	24,08	44,63	63,73	79,1
Solution 9	18,5	6,4	13,6	28,67	48,61	66,43	85
Solution 10	18,83	6,63	15,58	31,29	53,39	72,21	88,81
Solution 11	16,27	6,34	14,08	28,11	48,09	65,85	82,48
Solution 12	20,52	7,01	18,76	41,79	61,11	81,9	92,14

4.3 Validation et dissémination des résultats

Ce projet a été l'objet d'un suivi relativement étroit de la part de l'UNHRD, qui a validé notre démarche et nos données tout au long du processus. C'est ce que nous appelons la validation pratique. Cette étroite collaboration a permis de produire des résultats qui reflètent avec justesse la réalité sur le terrain. En effet, malgré la simplicité des modèles utilisés, les données récoltées représentent fidèlement les coûts d'opération pour les deux réseaux, à l'exception de deux paramètres que nous avons traités avec attention et

auxquels nous avons appliqué une méthode d'estimation rigoureuse. Par ailleurs, la structure de notre recherche et nos conclusions ont été relativement bien diffusées à travers la communauté scientifique, nous permettant ainsi de valider notre démarche d'un point de vue technique. Cette partie présente brièvement ces deux dimensions de validation, pratique et technique, qui ont permis de soutenir et d'enrichir notre recherche.

L'apport de l'UNHRD et du PAM s'est avéré crucial dans la réussite de cette recherche, et non seulement dans la collecte de données, mais également dans la validation de notre démarche à toutes les étapes de la réalisation du projet. Plusieurs personnes ont ainsi été rencontrées lors des stages au sein de l'UNHRD afin de collecter des données secondaires. L'organisme a d'ailleurs déployé plusieurs ressources pour soutenir ce projet, en permettant notamment d'aller faire la collecte de données sur trois continents. À cela s'ajoute de nombreuses rencontres via téléconférence et une communication fréquente par courrier électronique.

Au terme de notre projet, un rapport détaillé a été produit et remis à l'UNHRD suite à notre présentation au siège social de Rome en juillet 2015. Lors de cette rencontre, la méthodologie et les résultats de la recherche ont été présentés devant des personnes de l'UNHRD et du PAM. Suite à cette rencontre, certains ajustements mineurs ont été apportés avant la remise d'une version finale du rapport. Ce rapport servira de point de départ pour mettre en place le dépôt régional de Kampala et la structure de gestion de ce nouveau réseau. Au mois de septembre 2015, quelques conteneurs ont déjà été envoyés au site de Kampala. L'UNHRD estime que le dépôt régional ougandais devrait être opéré à sa pleine capacité au cours de la prochaine année.

La recherche présentée dans ce mémoire a également bénéficié d'une certaine visibilité dans la communauté académique. Elle a été présentée dans un évènement du Carrefour logistique (HEC, Montréal) en janvier 2015, à la 26^e conférence annuelle de la Production and Operations Management Society (Washington) en mai 2015 et à la 50^e conférence annuelle du Groupe de recherche sur les transports au Canada (Montréal) en mai 2015.

Ces rencontres nous ont permis de faire un travail de réflexion par rapport à certains points qui étaient soulevés par les chercheurs présents à ces évènements. Cet exercice a ainsi contribué à bonifier notre travail et à valider notre démarche.

Chapitre 5 | Conclusions

Le projet de recherche présenté dans ce mémoire a pour but d'évaluer l'efficacité logistique de l'ajout d'un réseau régional d'entreposage au réseau actuel de l'UNHRD afin de mieux répondre aux crises humanitaires en Afrique de l'Est. Il s'inscrit dans le plan stratégique 2014-2017 de l'organisme. L'UNHRD est une division du PAM qui œuvre à titre de prestataire de services logistiques dans la gestion des produits non alimentaires. Sa mission consiste à gérer le matériel d'urgence des organisations humanitaires partenaires à travers un réseau mondial composé de six dépôts. Cette stratégie de prépositionnement est utile à bien des égards, puisqu'elle permet notamment de coordonner les envois de matériel d'urgence lors de crises et de supporter les acteurs humanitaires dans leur phase de préparation. De plus, l'UNHRD joue un rôle important dans le partage de l'information tout au long de la chaîne logistique. Outre ses activités d'entreposage et les conseils logistiques que l'UNHRD fournit à ses partenaires concernant la gestion de leurs inventaires, son offre de service comprend l'achat de matériel auprès des fournisseurs, la manipulation de stocks sensibles (vaccins, médicaments, etc.), le reconditionnement des marchandises et le suivi des niveaux de stocks des organismes.

En phase avec les principaux objectifs de son plan stratégique, l'UNHRD a exprimé son désir de rendre plus efficaces ses opérations et de diminuer les coûts de services à ses partenaires. À ce titre, l'organisme envisage de développer un réseau de dépôts régionaux dédiés au prépositionnement de matériel d'urgence. En entreposant les produits plus près des points de demande, ce projet a comme objectif d'offrir une alternative moins coûteuse pour la réponse régionale. Afin d'évaluer l'efficacité liée à l'implantation du réseau proposé, nous avons procédé à une étude de cas analysant

l'impact de l'ajout d'un dépôt régional à Kampala, en Ouganda sur les coûts d'opération. La question de recherche formulée dans ce mémoire est donc : est-ce que l'UNHRD devrait implanter un réseau de prépositionnement régional pour répondre plus efficacement aux crises humanitaires en Afrique de l'Est?

Pour répondre à la question de recherche, nous nous sommes d'abord consacrés à bien comprendre les opérations de l'UNHRD et à définir le problème. Pour ce faire, nous avons fait des études de terrain en Italie, aux Émirats arabes unis et en Ouganda. Une cartographie de processus et à une analyse ABC ont été réalisées afin d'étayer notre compréhension des processus logistiques. Une fois les bases de notre recherche établies, nous avons développé une méthodologie ancrée dans les principes de la recherche opérationnelle. La résolution de ce problème de flots à travers un réseau a été réalisée grâce à la modélisation mathématique. Deux modèles ont été conçus afin de comparer les coûts d'opération entre le réseau actuel et le réseau proposé concernant la réponse en Afrique de l'Est. Le réseau actuel se compose des trois dépôts de l'UNHRD qui desservent cette région, tandis que le réseau proposé est constitué du réseau actuel auquel s'ajoute l'entrepôt régional de Kampala. Notons qu'une contrainte de capacité de dix conteneurs a été imposée au dépôt de Kampala. L'objectif des deux modèles est de minimiser le coût total pour répondre à une demande. Or, comme cette demande est incertaine, nous avons choisi d'utiliser la simulation de scénarios. Au total, 5 000 scénarios semestriels ont été générés puis résolus par les deux modèles.

5.1 Résultats de la modélisation

Suite à l'analyse de nos résultats, un certain nombre de conclusions ont pu être tirées. Tout d'abord, en termes de coûts d'opération, il apparaît que l'ajout d'un dépôt à Kampala représente une stratégie efficiente pour couvrir la demande en Afrique de l'Est. En effet, les résultats issus de la modélisation mathématique montrent une économie potentielle significative de l'ordre de 21,16% en moyenne pour les 15 produits étudiés dans ce mémoire. À travers les 5 000 scénarios résolus, l'économie produite par l'ajout

d'un dépôt régional variait entre 15,6% et 69,7%. Une analyse des résultats de l'optimisation a également permis d'identifier les produits à entreposer au site de Kampala.

Différentes analyses de sensibilité ont été menées sur deux paramètres des modèles afin de tester la robustesse de nos conclusions. Ces analyses ont été produites afin de prendre en compte la marge d'erreur potentielle pouvant provenir de l'estimation de certains coûts de transport aérien entre les dépôts et les points de distribution en Afrique de l'Est. Suite à notre collecte de données sur le terrain, certains tarifs aériens étaient manquants et ils ont donc été estimés de manière rigoureuse. Toutefois, considérant que ces estimations sont possiblement supérieures aux tarifs réels dont bénéficie l'UNHRD, nous avons testé une dépréciation de 10%, 20% et 30% de ce paramètre. En effet, des coûts de transport aérien surévalués pourraient mener à des conclusions erronées, puisque cela avantagerait systématiquement l'utilisation du site de Kampala. De plus, comme une hausse des tarifs routiers entre Kampala et les points de distribution finaux est attendue dans les prochains mois, nous avons également testé l'impact de la variabilité de ces coûts sur les résultats. Des augmentations de 5%, 10% et 15% ont été analysées. Finalement, nous avons testé une variation simultanée de ces deux paramètres. Pour l'ensemble des analyses de sensibilité réalisées, l'ajout d'un dépôt régional s'est avéré être une solution avantageuse en termes de coûts d'opération.

La solution proposée concernant les produits à entreposer à Kampala a été testée à travers les 5 000 scénarios générés. Il s'est avéré que la capacité de Kampala a été utilisée à plus de 70% dans 61,1% des cas, ce qui est très intéressant compte tenu de la forte variabilité de la demande régionale. L'analyse des coûts d'opération avec cette composition de produits est venue appuyer la solution proposée. À travers les 5 000 scénarios résolus avec la solution de produits prédéterminée à Kampala, une économie moyenne de 21,16% des coûts d'opération a été enregistrée. Au terme de ces analyses, la solution concernant les produits à prépositionner à Kampala peut donc être considérée comme robuste. Toutefois, les scénarios générés étant basés sur une analyse des demandes historiques en Afrique de l'Est, il conviendra de procéder à des mises à jour

périodiques des produits à prépositionner à Kampala. En effet, notre solution extrapole la demande de la période 2010 – 2014. Or, nous savons que le contexte régional est sujet à d'importants changements dans le temps pouvant affecter les flots d'aide humanitaire. Par exemple, durant la période étudiée, la crise au Soudan du Sud a entraîné des déplacements massifs de populations à l'intérieur du pays et vers les pays limitrophes (UNHCR, 2015). Ces mouvements ont forcé les organisations d'aide humanitaire à ériger des camps, ce qui a entraîné une hausse de la demande pour certains produits comme les MSU, les bâches et les unités préfabriquées. Cet exemple illustre bien en quoi une réévaluation périodique s'avère essentielle afin d'arrimer les produits entreposés aux besoins régionaux. En cela, pour l'UNHRD, la prise en compte de l'aspect évolutif de la demande rendra possible le maintien de l'avantage économique du dépôt de Kampala. En somme, en se basant sur les résultats obtenus et les différentes informations récoltées dans le cadre de cette recherche, il apparaît que l'implantation d'un réseau régional de prépositionnement à Kampala pour desservir l'Afrique de l'Est représente une stratégie efficiente pour l'UNHRD.

Par ailleurs, nous avons démontré que les risques financiers liés au déploiement régional demeurent très limités. En effet, les investissements initiaux pour mettre en place le projet de prépositionnement sont minimes. D'une part, en utilisant les infrastructures et les transporteurs contractuels du PAM à Kampala, l'UNHRD bénéficie d'un service à moindre coût. D'autre part, l'UNHRD compte sur l'utilisation des stocks en consignation inclus dans les LTA pour approvisionner le dépôt régional. Ceci représente un avantage notable pour l'organisme puisque ces stocks demeurent la propriété des fournisseurs jusqu'à ce qu'ils soient achetés et acheminés à un partenaire. Il n'y a donc pas de coûts d'acquisition pour l'UNHRD.

L'utilisation du réseau déjà établi par le bureau de pays du PAM en Ouganda constitue un autre avantage pour l'UNHRD qui souhaite une implantation rapide. En effet, l'UNHRD a comme objectif d'opérer le dépôt régional à pleine capacité d'ici l'été 2016. Dans ce contexte, certains éléments exigent d'être traités immédiatement pour permettre une rapidité de réalisation optimale. L'UNHRD doit notamment établir une entente avec le

PAM afin de déterminer les différents paramètres d'opération et les responsabilités de chacune des parties prenantes dans la gestion des activités. Cet accord devra respecter certains standards guidant les opérations du bureau de pays en Ouganda, comme le *Transport Standard Operating Procedures* et certaines clauses du *Warehouse Standard Operating Procedures*.

Pour les partenaires de l'UNHRD déployés en Afrique de l'Est, cette stratégie de prépositionnement régionale est avantageuse en ce qui concerne les coûts de transport. Néanmoins, ils doivent prendre en considération deux éléments déterminants dans leur choix d'utiliser le stock à Kampala: les temps de livraison qui sont plus longs de quelques jours à quelques semaines selon la destination, et les lots de commande qui sont limités à des conteneurs pleins. Concernant les temps de transit, ils ont été compilés dans le cadre de notre recherche sur le terrain et ont été transmis à l'UNHRD. À ces temps de transport moyens peuvent s'ajouter des délais additionnels qui sont dus, par exemple, à des problèmes administratifs aux frontières ou aux conditions saisonnières qui affectent les infrastructures de transport. Toujours en raison de la confidentialité des données, ces informations ne sont pas présentées dans notre mémoire. L'essentiel pour l'UNHRD est de pouvoir transmettre toute l'information nécessaire à ses partenaires afin qu'ils puissent prendre une décision éclairée concernant leur réapprovisionnement sur le terrain. Le deuxième élément que les partenaires doivent prendre en considération lors d'un réapprovisionnement depuis le dépôt de Kampala est l'unité de commande. En effet, comme nous l'avons souligné dans ce travail, l'achat par le partenaire doit se faire en conteneurs pleins, pour chaque produit. Cette contrainte vient du désir de l'UNHRD de limiter au maximum les frais liés à la gestion du site de prépositionnement régional. L'une des solutions choisies pour y arriver consiste à minimiser la manipulation des produits sur le site et implicitement, le nombre de salariés nécessaires. Toutefois, cette contrainte sur les lots de commande peut représenter une barrière pour les organisations de petites et moyennes tailles. Celles-ci n'ont pas nécessairement le capital, la capacité d'entreposage et les besoins suffisants pour acheter une grande quantité du même produit, comme un conteneur entier de bâches 4x6 mètres par

exemple, qui représente pas moins de 2 400 unités. On peut donc observer que l'économie potentielle que permet l'implantation de Kampala est plus accessible aux plus grandes organisations humanitaires.

5.2 Contributions de la recherche

Ce projet de recherche apporte un certain nombre de contributions qu'il est pertinent de rappeler ici. Dans un premier temps, notre étude de cas porte sur l'analyse du réseau d'un prestataire de services logistiques humanitaires, l'UNHRD. Ces acteurs, qui prennent en charge une partie des activités logistiques des organismes humanitaires, sont encore peu étudiés dans la littérature scientifique en recherche opérationnelle. En ce sens, notre mémoire permet de jeter les bases en ce qui concerne la gestion des stocks et la conception de réseau pour ces acteurs.

L'applicabilité de notre méthode à un cas réel constitue une autre contribution de notre étude puisque l'accessibilité à des données réelles est une difficulté de taille en recherche opérationnelle. Dans notre cas, les données injectées dans les modèles d'optimisation sont issues de sources directes et permettent donc de produire des résultats qui reflètent la réalité.

Une autre contribution de notre mémoire est son impact réel sur les activités logistiques d'un organisme humanitaire international. En effet, au terme de cette recherche, les recommandations émises à l'UNHRD ont permis l'implantation progressive du dépôt régional à Kampala. L'UNHRD estime que le dépôt sera en opération complète à l'été 2016. Notre projet permettra donc d'améliorer l'efficacité des opérations en Afrique de l'Est, tout en offrant une alternative moins coûteuse pour les partenaires qui auront recours au réapprovisionnement sur le terrain depuis Kampala.

Le dernier point discuté ici concerne l'outil général qui a été produit par cette recherche. Il s'agit là d'une contribution majeure de notre mémoire. La répliquabilité de la méthode par l'UNHRD implique que l'outil d'aide à la décision soit facile d'utilisation. À ce titre,

nous estimons que notre recherche fût un succès. Le modèle mathématique classique utilisé pour analyser la pertinence d'ajouter un niveau d'entreposage régional à la structure actuelle permet un transfert des connaissances relativement aisé. Rappelons en terminant que l'implantation d'un dépôt à Kampala constitue le premier jalon dans la constitution d'un réseau plus vaste de sites de prépositionnement régionaux. En effet, le cadre d'analyse fourni dans ce mémoire permettra à l'UNHRD d'évaluer le potentiel d'économies d'autres sites à travers le monde. Déjà, l'Afrique de l'Ouest, l'Asie Centrale et l'Asie du Sud-Est ont été évoquées.

5.3 Futures recherches

Au terme de ce mémoire, nous voyons différentes options de recherche qui pourraient s'avérer être des avenues intéressantes à explorer. Tout d'abord, en raison des économies potentielles qui se dégagent de notre étude sur dix conteneurs prépositionnés à Kampala, il semble hautement pertinent d'effectuer des analyses de sensibilité sur l'expansion de la capacité d'entreposage régional. Cette recommandation ayant été présentée à l'UNHRD, un site plus grand est déjà considéré pour une future évaluation en Ouganda. Toutefois, nous croyons que l'évaluation d'autres sites de prépositionnement à travers le monde devrait prendre en considération le potentiel d'économies en fonction d'une capacité plus ou moins grande. Nous suggérons donc d'ajouter à notre cadre d'analyse l'étude de la quantité optimale de produits à prépositionner à chaque point étudié.

Ensuite, il semble pertinent de proposer une évaluation des coûts d'opération du réseau proposé dans une perspective où les envois consolidés de différents produits seraient permis. Pour ce faire, certains coûts devraient être ajoutés au modèle 2, comme la location d'équipements permettant ces opérations et les salaires de la main-d'œuvre nécessaire à ces tâches. En effet, des opérations de consolidation des envois impliquent une manipulation des produits prépositionnés à Kampala en ouvrant les conteneurs et en expédiant de plus petites quantités de chaque produit. Cette flexibilité, si elle entraîne

davantage d'investissements et de gestion sur le site, peut s'avérer plus en phase avec les besoins réels sur le terrain. De plus, elle permettrait aux petites et moyennes organisations d'avoir accès aux économies potentielles qu'offre un approvisionnement depuis Kampala.

D'autre part, nous croyons que le problème présenté dans ce mémoire devrait faire l'objet d'une étude tablant sur un modèle dynamique de résolution. Cette option permettrait d'enregistrer les sorties de matériel en temps réels et d'ajuster les commandes aux fournisseurs en fonction de ces informations. En évaluant le problème sous une perspective dynamique, cela permettrait d'intégrer les temps de réponse et de réapprovisionnement. Ainsi, on pourrait minimiser les risques de pénuries et maximiser le niveau de satisfaction.

Finalement, dans le contexte de notre recherche, la méthodologie proposée s'arrime parfaitement avec les besoins exprimés par l'UNHRD, où l'analyse d'une demande déterministe sur une base semestrielle était suffisante. En se basant sur le cadre d'analyse développé dans ce mémoire, une évaluation d'autres sites de prépositionnement régionaux est envisageable et potentiellement bénéfique, si on se fie aux conclusions tirées de notre mémoire. Toutefois, pour l'application à d'autres régions, il serait intéressant d'un point de vue méthodologique d'ajouter une analyse de la localisation du site qui serait le plus intéressant à travers un territoire, selon différents paramètres.

Bibliographie

- Abidi, H., S. de Leeuw et M. Klumpp (2015). « The value of fourth-party logistics services in the humanitarian supply chain », *Journal of Humanitarian Logistics and Supply Chain Management*, vol. 5, no 1, p. 35-60.
- Aguezzoul, A. (2014). « Third-party logistics selection problem: A literature review on criteria and methods », *Omega*, vol. 49, p. 69-78.
- Akgün, İ., F. Gümüşbuğa et B. Tansel (2014). « Risk based facility location by using fault tree analysis in disaster management », *Omega*, vol. 52, p. 168-179.
- Altay, N. et W.G. Green III (2006). « OR/MS research in disaster operations management », *European Journal of Operational Research*, vol. 175, no 1, p. 475-493.
- Anaya-Arenas, A.M., J. Renaud et A. Ruiz (2014). « Relief distribution networks: a systematic review », *Annals of Operations Research*, vol. 223, no 1, p. 53-79.
- Balcik, B. et B.M. Beamon (2008). « Facility location in humanitarian relief », *International Journal of Logistics-Research and Applications*, vol. 11, no 2, p. 101-121.
- Beamon, B.M. et S.A. Kotleba (2006). « Inventory management support systems for emergency humanitarian relief operations in South Sudan », *The International Journal of Logistics Management*, vol. 17, no 2, p. 187-212.
- Bhattacharya, S., S. Hasija et L.N. Van Wassenhove (2014). « Designing Efficient Infrastructural Investment and Asset Transfer Mechanisms in Humanitarian Supply Chains », *Production and Operations Management*, vol. 23, no 9, p. 1511-1521.
- Campbell, A.M. et P.C. Jones (2011). « Prepositioning supplies in preparation for disasters », *European Journal of Operational Research*, vol. 209, no 2, p. 156-165.
- Çelik, M., Ö. Ergun, B. Johnson, P. Keskinocak, Á. Lorca, P. Pekingün, et al. (2014). « Humanitarian Logistics », dans P. Mirchandani (dir.), *New Directions in Informatics, Optimization, Logistics, and Production, TutORials in Operations REsearch*, INFORMS, Hanover, p. 18-49.
- Chang, M.-S., Y-L. Tseng et J.-W. Chen (2007). « A scenario planning approach for the flood emergency logistics preparation problem under uncertainty », *Transportation Research Part E*, vol. 43, no 6, p. 737-754.
- Cozzolino, A., S. Rossi et A. Conforti (2012). « Agile and lean principles in the humanitarian supply chain: The case of the United Nations World Food Programme », *Journal of Humanitarian Logistics and Supply Chain Management*, vol. 2, no 1, p. 16-33.
- D'Haene, C., S. Verlinde et C. Macharis (2015). « Measuring while moving (humanitarian supply chain performance measurement – status of research and current practice) », *Journal of Humanitarian Logistics and Supply Chain Management*, vol. 5, no 2, p. 146-161.
- Das, R. et S. Hanaoka (2014). « Relief inventory modelling with stochastic lead-time and demand », *European Journal of Operational Research*, vol. 235, no 3, p. 616-623.

- Davis, L.B., F. Samanlioglu, X. Qu et S. Root (2013). « Inventory planning and coordination in disaster relief efforts », *International Journal of Production Economics*, vol. 141, no 2, p. 561-573.
- Döyen, A., N. Aras et G. Barbarosoğlu (2012). « A two-echelon stochastic facility location model for humanitarian relief logistics », *Optimization Letters*, vol. 6, no 6, p. 1123-1145.
- Duran, S., Ö. Ergun, P. Keskinocak et J. Swann (2013). « Humanitarian Logistics: Advanced Purchasing and Pre-Positioning of Relief Items », dans James H. Bookbinder (dir.), *Handbook of Global Logistics*, vol 181, Springer New York, coll. International Series in Operations Research & Management Science, p. 447-462.
- Duran, S., M.A. Gutierrez et P. Keskinocak (2011). « Pre-Positioning of Emergency Items for CARE International », *Interfaces*, vol. 41, no 3, p. 223-237.
- Farahani, R.Z., S. Rezapour, T. Drezner et S. Fallah (2014). « Competitive supply chain network design: an overview of classifications, models, solution techniques and applications », *Omega*, vol. 45, p. 92-118.
- Ferdous, I. (2014). « Photography as activism: the role of visual media in humanitarian crises », *Harvard International Review*, vol. 36, no 1, p. 22-25.
- Ferris, E. (2011). « Megatrends and the future of humanitarian action », *International Review of the Red Cross*, vol. 93, no 884, p. 915-938.
- Galindo, G. et R. Batta (2013). « Review of recent developments in OR/MS research in disaster operations management », *European Journal of Operational Research*, vol. 230, no 2, p. 201-211.
- Gatignon, A., L.N. Van Wassenhove et A. Charles (2010). « The Yogyakarta earthquake: Humanitarian relief through IFRC's decentralized supply chain », *International Journal of Production Economics*, vol. 126, no 1, p. 102-110.
- Haddow, G.D. et J.A. Bullock (2004). « Introduction to Emergency Management », *Disaster Prevention and Management*, vol. 13, no 1, p. 59-65.
- Heaslip, G. (2013). « Services operations management and humanitarian logistics », *Journal of Humanitarian Logistics and Supply Chain Management*, vol. 3, no 1, p. 37-51.
- Heaslip, G. (2015). « Guest editorial: humanitarian logistics - an opportunity for service research », *Journal of Humanitarian Logistics and Supply Chain Management*, vol. 5, no 1, p. 2-11.
- Heckmann, I., T. Comes et S. Nickel (2015). « A critical review on supply chain risk – Definition, measure and modeling », *Omega*, vol. 52, p. 119-132.
- Holguín-Veras, J., M. Jaller, L.N. Van Wassenhove, N. Pérez et T. Wachtendorf (2012). « On the unique features of post-disaster humanitarian logistics », *Journal of Operations Management*, vol. 30, no 7-8, p. 494-506.
- Horner, M.W. et J.A. Downs (2010). « Optimizing hurricane disaster relief goods distribution: model development and application with respect to planning strategies », *Disasters*, vol. 34, no 3, p. 821.
- Intercargo (2015). *Instant Quote*, Intercargo. Récupéré le 16 février 2015
<http://www.intercargo.com/default.aspx>
- Jahre, M. et L.-M. Jensen (2010). « Coordination in humanitarian logistics through clusters », *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, vol. 40, no 8/9, p. 657-674.

- Jensen, L.-M. (2012). « Humanitarian cluster leads: lessons from 4PLs », *Journal of Humanitarian Logistics and Supply Chain Management*, vol. 2, no 2, p. 148-160.
- Kang, J.-H. et Y.-D. Kim (2010). « Inventory control in a two-level supply chain with risk pooling effect », *International Journal of Production Economics*, vol. 135, no 1, p. 116.
- Kovács, G. et K.M. Spens (2007). « Humanitarian logistics in disaster relief operations », *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, vol. 37, no 2, p. 99-114.
- Kovács, G. et K.M. Spens (2011). « Trends and developments in humanitarian logistics – a gap analysis », *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, vol. 41, no 1, p. 32-45.
- Kunz, N., G. Reiner et S. Gold (2014). « Investing in disaster management capabilities versus pre-positioning inventory: A new approach to disaster preparedness », *International Journal of Production Economics*, vol. 157, p. 261-272.
- Larson, P. (2014). « An improvement process for process improvement: quality and accountability in humanitarian logistics », dans Peter Tatham et Martin Christopher (dir.), *Humanitarian logistics: meeting the challenge of preparing for and responding to disasters*, 2^e éd, London, U.K. ; Philadelphia, PA, Kogan Page, p. 19-39.
- Metz, H.O. et Z.B. Zabinsky (2010). « Stochastic optimization of medical supply location and distribution in disaster management », *International Journal of Production Economics*, vol. 126, no 1, p. 76-84.
- Nagurney, A., M. Yu et Q. Qiang (2011). « Supply chain network design for critical needs with outsourcing », *Papers in Regional Science*, vol. 90, no 1, p. 123-142.
- Pateman, H., K. Hughes et S. Cahoon (2013). « Humanizing Humanitarian Supply Chains: A Synthesis of Key Challenges », *The Asian Journal of Shipping and Logistics*, vol. 29, no 1, p. 81-102.
- Rancourt, M.-È., F. Bellavance et J. Goentzel (2014). « Market analysis and transportation procurement for food aid in Ethiopia », *Socio-Economic Planning Sciences*, vol. 48, no 3, p. 198-219.
- Rancourt, M.-È., J.-F. Cordeau, G. Laporte et B. Watkins (2015). « Tactical network planning for food aid distribution in Kenya », *Computers & Operations Research*, vol. 56, no 4, p. 68-83.
- Rawls, C.G. et M.A. Turnquist (2010). « Pre-positioning of emergency supplies for disaster response », *Transportation Research Part B: Methodological*, vol. 44, no 4, p. 521-534.
- Rawls, C.G. et M.A. Turnquist (2011). « Pre-positioning planning for emergency response with service quality constraints », *OR Spectrum*, vol. 33, no 3, p. 481-498.
- Roni, M.S., M. Jin et S.D. Eksioglu (2015). « A hybrid inventory management system responding to regular demand and surge demand », *Omega*, vol. 52, p. 190-200.
- Rottkemper, B., K. Fischer et A. Blecken (2012). « A transshipment model for distribution and inventory relocation under uncertainty in humanitarian operations », *Socio-Economic Planning Sciences*, vol. 46, no 1, p. 98-109.
- Salmerón, J. et A. Apte (2010). « Stochastic Optimization for Natural Disaster Asset Prepositioning », *Production & Operations Management*, vol. 19, no 5, p. 561-574.
- Saputra, T.Y., O. Pots, K.S. de Smidt-Destombes et S. de Leeuw (2015). « The impact of Mean Time Between Disasters on inventory pre-positioning strategy », *Disaster Prevention and Management*, vol. 24, no 1, p. 115-131.

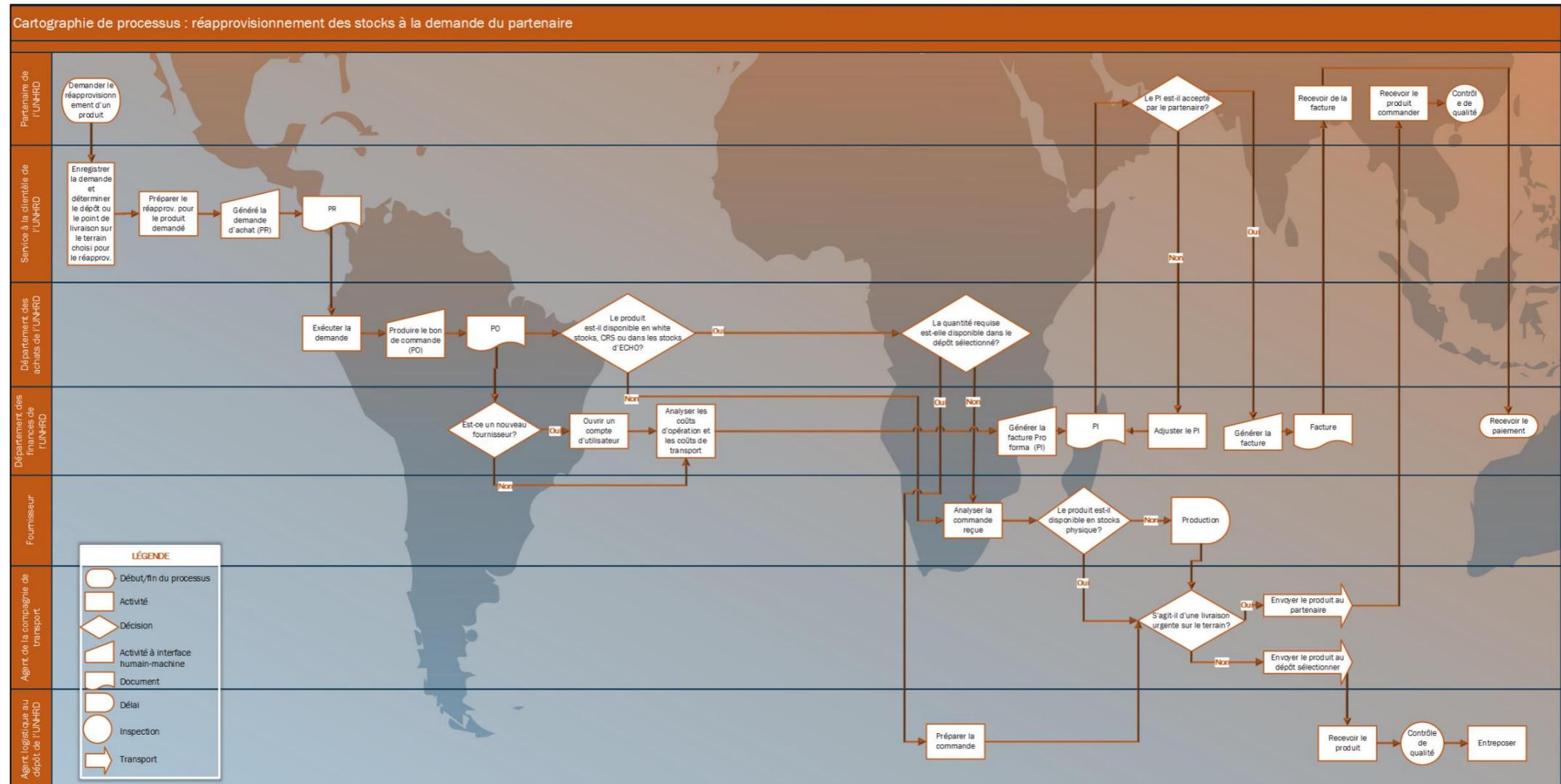
- Scaparra, M.P. et R. Church (2012). « Protecting Supply Systems to Mitigate Potential Disaster: A Model to Fortify Capacitated Facilities », *International Regional Science Review*, vol. 35, no 2, p. 188-210.
- Scaparra, M.P. et R. Church (2015). « Location Problems under Disaster Events », dans G. Laporte, S. Nickel et F. Saldanha-da-Gama (dir.), *Location Science*, Springer, p. 623-642.
- Schulz, S.F. et A. Blecken (2010). « Horizontal cooperation in disaster relief logistics: benefits and impediments », *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, vol. 40, no 8/9, p. 636-656.
- Sheu, J.-B. (2007). « An emergency logistics distribution approach for quick response to urgent relief demand in disasters », *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, vol. 43, no 6, p. 687-709.
- Tambo, E. (2014). « Non-conventional humanitarian interventions on Ebola outbreak crisis in West Africa: health, ethics and legal implications », *Infectious diseases of poverty*, vol. 3, no 1, p. 42-42.
- Tatham, P.H. et K. Hughes (2011). « Humanitarian logistics metrics: where we are, and how we might improve », dans Peter Tatham et Martin Christopher (dir.), *Humanitarian logistics: meeting the challenge of preparing for and responding to disaster*, 1re^e éd, London, U.K. ; Philadelphia, Pa., p. 65-84.
- Tatham, P.H. et K.M. Spens (2014). « Cracking the humanitarian logistic coordination challenge: some pointers from the International Search and Rescue Advisory Group and the Foreign Medical Teams », dans Peter Tatham et Martin Christopher (dir.), *Humanitarian logistics: meeting the challenge of preparing for and responding to disasters*, 2e^e éd, London, U.K; Philadelphia, PA, Kogan Page, p. 77-96.
- Taylor, D.H. (2012). « The Application of Value Chain Analysis for the Evaluation of Alternative Supply Chain Strategies for the Provision of Humanitarian Aid to Africa », dans Gyongyi Kovacs et Karen M. Spens (dir.), *Relief Supply Chain Management for Disasters : Humanitarian Aid and Emergency Logistics*, Premier Reference Source^e éd, Hershey, PA, Business Science Reference, p. 68-89.
- Thomas, A. et L. Kopczak (2005). *From logistics to supply chain management. The path forward in humanitarian sector.*, Fritz Institute. Récupéré le 23 septembre 2015 <http://www.fritzinstitute.org/pdfs/whitepaper/fromlogisticsto.pdf>
- Thomas, A. et M. Mizushima (2005). « Logistics training: necessity or luxury? », *Forced Migration Review*, no 22, p. 60-61.
- Transparency International (2015). *Corruption by Country / Territory*. Récupéré le 29 août 2015 <https://www.transparency.org/>
- Ülkü, M.A., K.M. Bell et S.G. Wilson (2015). « Modeling the impact of donor behavior on humanitarian aid operations », *Annals of Operations Research*, vol. 230, no 1, p. 153-168.
- UN, United Nations (2012). *Number of people needing humanitarian help globally rises to 62 millions.*, UN News Centre. Récupéré le 16 mars 2015 <http://www.un.org/apps/news/story.asp?NewsID=42517#>
- UN, United Nations (2015). *Soudan du Sud : l'ONU appelle les parties à se montrer à la hauteur des espoirs suscités par l'indépendance du pays*, UN News Centre. Récupéré le 29 octobre 2015 <http://www.un.org/apps/newsFr/storyF.asp?NewsID=35134#.VjLf6bcvfIU>

- UNHCR (2015). *2015 UNHCR country operations profile - South Sudan*. Récupéré le 27 novembre 2015 <http://www.unhcr.org/pages/4e43cb466.html>
- UNHRD (2014). *Technical Agreement (TA)*, World Food Programme. Récupéré le 6 juin 2014 www.unhrd.org/docs/Technical_Agreement.docx
- UNHRD (2015a). *UNHRD : Our depots*. Récupéré le 16 octobre 2015 <http://www.unhrd.org/page/our-depots>
- UNHRD (2015b). *WFP - UNHRD Humanitarian Response Depot*. Récupéré le 15 octobre 2015 <http://www.unhrd.org/>
- Van Wassenhove, L.N. (2006). « Blackett memorial lecture humanitarian aid logistics: supply chain management in high gear », *Journal of the Operational Research Society*, vol. 57, no 5, p. 475-489.
- Van Wassenhove, L.N. et A.J. Pedraza Martinez (2012). « Using OR to adapt supply chain management best practices to humanitarian logistics », *International Transactions in Operational Research*, vol. 19, no 1-2, p. 307-322.
- Van Wyk, E. et V.S.S. Yadavalli (2011). « Strategic inventory management for disaster relief », *Management Dynamics*, vol. 20, no 1, p. 32-41.
- Vega, D. et C. Roussat (2015). « Humanitarian logistics: the role of logistics service providers », *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, vol. 45, no 4, p. 352-375.
- WFP (2014). *République de Guinée - Impact de la maladie à virus Ebola sur l'agriculture et la sécurité alimentaire*, Publication officielle, 46 p. Récupéré de <http://www.wfp.org/content/republique-guinee-impact-maladie-virus-ebola-agriculture-securite-alimentaire-decembre-2014>
- WFP (2015a). *Humanitarian Response Depots*. Récupéré le 16 mars 2015 <http://www.wfp.org/logistics/humanitarian-response-depot>
- WFP (2015b). *Les réalisations du programme alimentaire mondial en 2014: Faits et chiffres.*, 31 p. Récupéré de <http://www.wfp.org/content/wfp-2014>
- World Bank (2015a). *Economy Ranking: Ease of Doing Business Ranking* Récupéré le 14 août 2015 <http://www.doingbusiness.org/rankings>
- World Bank (2015b). *Worldwide Governance Indicators*. Récupéré le 29 août 2015 <http://info.worldbank.org/governance/wgi/index.aspx#home>
- Yu, D., M.G. Yalcin, K. Ozpolat et D.N. Hales (2015). « Research in Humanitarian Supply Chain Management and a New Framework », *Eurasian Journal of Business and Economics*, vol. 8, no 15, p. 39-60.

Annexes

- Annexe 1** Cartographie du processus de réponse de l'UNHRD concernant le réapprovisionnement d'un item pour un partenaire
- Annexe 2** Photographies des types de produits étudiés
- Annexe 3** Résultats partiels de l'analyse ABC (2013)

Annexe 1 Cartographie du processus de réponse de l'UNHRD concernant le réapprovisionnement d'un item pour un partenaire



Annexe 2 Photographies des types de produits étudiés

Unités d'entreposage mobiles (MSU)



Source: www.obwiik.com

Unités préfabriquées



Source: <http://www.edilsider.com/>

Réservoirs d'eau



Source: <http://www.pronal.com/>

Génératrices



Source: www.fgwilson.com

Tentes familiales



Source: <http://www.weiku.com/>

Moustiquaires



Source: dir.indiamart.com

Couvertures



Source: <http://www.chiefsupply.com/>

Kits de cuisine



Source: <http://www.wrg.nl/>

Bâches 4x60m



Source: procurement.ifrc.org

Bâches 4x6m



Source: www.argos.co.uk

Annexe 3 Résultats partiels de l'analyse ABC (2013)

	Dépôt de Dubaï	Dépôt de Brindisi	Dépôt d'Accra
Catégorie A	MSU 10x32 ALU, O	Vehicle,Toyota,LC,Armour.,LHD	Kitchen set
	Interag Emerg Health Kit BASIC	MSU 10x32 ALU, O	MSU 10x32 ALU, O
	MSU 10x24 ALU, O	Interag Emerg Health Kit BASIC	Blanket, fleece, 1.5x2mt
	Prefab.Unit Living accom.	Tent, 25 sq.m.	Tarpaulin, 4x6mt
	BP-5 Compact Emergency Food	Vehicle,Toyota,LC,Armour.,RHD	Interag Emerg Health Kit BASIC
	Mosquito Net, 190x180x150cm	Blanket 50% wool	MSU 10x24 ALU, O
	Tent, 25 sq.m.	Kitchen set	Mattress
	Tarpaulin, 4x6mt	Water Purification unit, 4cu.m/hrs	Mosquito Net, 190x180x150cm
	Tent, Cold climate, 22 sq.m.	Interag Emerg Health Kit BASIC for MAL.	Interag Emerg Health Kit BASIC for MAL.
	Kitchen set	Ballistic Vest	Prefab.Unit Office
	Blanket 50% wool	Generator, diesel, 10 Kva, with lamp.	MSU 10x24 ALU, G
	Mattress	Prefab.Unit Office	Mosquito Net, 160x180x150cm
	Tarpaulin, 4x60mt	Generator, diesel, 16 Kva, with lamp.	
	Prefab.Unit Office	Water tank, collap.10000lt	
	Vehicle,Toyota,LC,200 GX V8, Armour.,LHD	MSU 10x24 ALU, O	
	Vehicle,Toyota,LC,Armour.,LHD	Prefab.Unit Living accom.	
	Generator, diesel, 14 Kva, wheel-mount.		
Prefab.Unit Ablution			
Interag Emerg Health Kit SUPPLEMENTARY			
Catégorie B	Water Purification unit, 4cu.m/hrs	Pallet, plastic, 1.2x1mt	Tent, 25 sq.m.
	Dell OptiPlex 7010 MT	Jerry can,collapsible (10lt)	Family kit
	Jerry can,collapsible (10lt)	Water tank, collap.5000lt	Buckets
	Multicell lined wire mesh bastion Mil4	Interag Emerg Health Kit SUPPLEMENTARY	Blanket 50% wool
	Ballistic Vest	Generator, diesel, 45 Kva w/spare parts	Blanket woven dry raised (type A1 / LTR)
	Portable Water Purifier System	Squatting plate, latrines	Generator, diesel, 45 Kva w/spare parts
	Multicell lined wire mesh bastion Mil7	Generator, diesel, 5 Kva, with lamp.	Jerry can,collapsible (10lt)
	Stretcher, fixed handles w/straps	Roll, plastic, 4x60mt	Tarpaulin, 4x60mt
	Interag Emerg Health Kit BASIC for MAL.	Multicell lined wire mesh bastion Mil10	Emer. kit, diahorrea diseas., It., Basic
	Generator, diesel, 5 Kva, with lamp.	Prefab.Unit Ablution	Emer. kit, diahorrea diseas., It., Supp.
	Individual kit, "Rapid Response Team"	Emer. kit, trauma profile, Italian	Emer. kit, diahorrea diseas., It., Inf.
	Generator, diesel, 45 Kva w/spare parts	Generator, diesel, 27 Kva w/spare parts	Emer. kit, diahorrea diseas., It., ORS
	Emer. kit, trauma profile, Italian	Flour	Jerry can,semi-collaps.(10lt)
	Emer. kit, supp. to trauma, Italian	Ballistic Helmets	Generator, diesel, 16 Kva, wheel-mount.
	Disposal bag for Bio-hazardous west 30c5	Multicell lined wire mesh bastion Mil11	Roll, plastic, 4x50mt
	Water tank, collap.10000lt	Multicell lined wire mesh bastion Mil13	
	PVC ground bladder tank, 10M3	Individual kit, "Rapid Response Team"	
	Family kit		
	Pallet, plastic, 1.2x1mt		
	Gas tarps for fumigation 18x18m		
	Emer. kit, diahorrea diseas., It., Basic		
	Cooking set		
	Blanket, fleece, 1.5x2mt		
Generator, diesel, 16 Kva, wheel-mount.			
Pillowtank, 2x5000L, 4120-5000			
Ballistic Helmets			
Emer. kit, diahorrea diseas., It., ORS			
Catégorie C	Plusieurs dizaines de produits de moindre importance		

