

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



École Nationale Polytechnique



Département de Génie Industriel

Mémoire de projet de fin d'études

pour l'obtention du diplôme d'ingénieur d'état en Management Industriel

Reconfiguration de réseau de distribution et externalisation
logistique : Développement d'outils d'aide à la décision par la
modélisation mathématique et la méthode ANP.

- Application : Henkel Algérie -

Présenté par :

M. Ryadh KHALFI

M^{lle} Amira MAKHLOUF

Sous la direction de :

M^{me} Sabiha NAIT KACI (ENP)

M. Abdelmoumene MOKDAD (Henkel)

M. Salah ZAHRA (Henkel)

Présenté et soutenu publiquement le 20 juin 2016

Composition du Jury :

Président	Mme Nacéra ABOUN	MAA	ENP
Co-Promoteur	Mme Sabiha NAIT KACI	MAA	ENP
Co-Promoteur	M. Abdelmoumene MOKDAD	Head Supply Chain	Henkel
Co-Promoteur	M. Salah ZAHRA	DC Logistics Manager	Henkel
Examineur	M. Iskander ZOUAGHI	MCB	ENP

Dédicace

Je dédie ce travail à

Mes parents à qui je dois tout et qui ont tout sacrifié pour la réussite et le bonheur de leurs enfants

Mon frère qui, de par sa présence et sa bienveillance m'a servi de repère

Ma sœur qui, de par sa gentillesse et sa joie de vivre a su me remonter le moral

Mes amis Raouf, Selma, Lamis, Meriem qui m'ont toujours épaulé, soutenu et accompagné dans ce long voyage qu'est la vie

Aux membres de ma deuxième famille Bounce : Hanane, Mounaam, Mehdi, Anis et Lamine.

A Khero et Rym, mes compagnons de route, mes plus vieux amis, mes meilleurs amis...

Amira, mon binôme et mon amie avec qui j'ai partagé des moments qui resteront à jamais gravés

À toutes les personnes qui ont contribué de près ou de loin à l'aboutissement de ce projet

Ryadh

Dédicace

Aux deux êtres les plus chers à mes yeux, aux deux personnes qui m'ont toujours soutenue et sans qui je n'aurais pu arriver jusqu'ici ... mes tendres parents

A celle que j'ai connue avant même de respirer, à celle qui a toujours été à mes côtés et sans qui la vie ne serait pas la même ... ma jumelle et meilleure amie Sarah

A mes adorables grands frères Mehdi et Samir sur qui je peux toujours compter

A ma jolie petite princesse Lina qui ne cesse de remplir nos vies de bonheur

A Nazim pour sa sincérité et sa confiance depuis le jour où je l'ai battu sur Super Mario 4

A Ryadh pour sa patience durant tous nos stages et son humour très décalé

A mes amis qui ont toujours été présents et particulièrement Inaàm

Je dédie ce modeste travail !

Amira

Remerciements

En préambule à ce mémoire, nous souhaiterions adresser nos remerciements les plus sincères aux personnes qui nous ont apportés leur aide et qui ont contribué à l'élaboration de ce mémoire ainsi qu'à la réussite de cette formidable année universitaire.

Nos profonds remerciements s'adressent à notre promotrice Madame NAIT KACI Sabiha qui, de par son aide, sa patience, ses conseils avisés et son incontournable sens du relationnel, a fortement contribué à la réussite de notre travail. Nous la remercions du fond du cœur.

Nous adressons également nos vifs remerciements à notre promoteur et directeur Supply Chain de Henkel Algérie, M. Abdelmoumene MOKDAD pour nous avoir accueillis au sein de son département et pour avoir mis à notre disposition l'ensemble des informations nécessaires à la bonne réalisation de ce projet. Nous le remercions pour sa confiance, sa bonne humeur et ses conseils de vie.

De plus, nous souhaitons remercier toutes les personnes qui nous ont aidés au sein de l'entreprise et plus précisément M. Salah ZAHRA pour son écoute et son soutien, Mme Amina GHIT, Mme Dalila DERRAOUI et M. Amine MAHIOUT pour leurs conseils et leur chaleureux accueil.

Un grand merci à Mlle Douaa BOUKERZAZA pour son accueil, sa gentillesse et sa grande disponibilité.

Notre gratitude s'adresse également à M. Iskander ZOUAGHI pour sa grande disponibilité, son enthousiasme communicatif et ses précieuses orientations.

Par ailleurs, nous remercions l'ensemble des enseignants du département Génie Industriel pour la formation prodiguée et les valeurs qu'ils nous ont inculquées.

Enfin, nous souhaitons vivement remercier les membres du jury d'avoir pris le temps d'examiner notre travail. C'est un réel honneur.

Amira & Ryadh

ملخص

تعمل شركة هنكل حاليا على إجراء تغييرات كبيرة فيما يخص السلسلة اللوجستية ومن بينها: إعداد جديد لشبكة التوزيع واستكشاف مسار الاستعانة بمصادر خارجية للخدمات اللوجستية. لمعالجة المحور الأول قمنا بدراسة عدة سيناريوهات مع حساب التكاليف المرتبطة بها من أجل تحديد العدد اللائق للمستودعات، مستويات المخزون وأحسن المواقع الجغرافية لهم. الأساليب المستخدمة في حل المشكلة هي طريقة النقطة الوسطى والنمذجة الرياضية. فيما يتعلق بالمحور الثاني من المشروع، قمنا بحساب مختلف المعايير المتعلقة بالمخازن، لنقوم فيما بعد بتصنيف معايير تحديد أفضل مزود للخدمات اللوجستية 3PL بواسطة طريقة (ANP) Analytic Network Process .

الكلمات الرئيسية: شبكة التوزيع، تحديد موقع جغرافي، طريقة النقطة الوسطى، التكاليف، تحسين، مستويات المخزون، (ANP) Analytic Network Process

Abstract

Henkel Algeria is currently working on major changes in its downstream supply chain, namely the reconfiguration of its distribution network and the consideration of outsourcing its logistics operations. Our project falls within this context. To treat the first axis, several scenarios were studied with a calculation of associated costs to determine the appropriate number of warehouses to open, their capabilities and best locations. In order to perform this, we used the centroid method and mathematical modeling. Regarding the second axis, we calculated various parameters relating to stocks and made a ranking of selection criteria for the best 3PL logistics service provider through the analytic network process method (ANP).

Keywords : Distribution network, Location decision, Centroid, Costs, Optimization, Inventory levels, Analytic network process (ANP).

Résumé

Henkel Algérie travaille actuellement sur des changements majeurs au niveau de sa supply chain avale, à savoir : la reconfiguration de son réseau de distribution et la considération de la piste d'externalisation de ses opérations logistiques. C'est dans ce cadre-là que s'inscrit notre projet. Pour traiter le premier axe, plusieurs scénarios ont été étudiés avec un calcul des coûts associés afin de déterminer le nombre adéquat d'entrepôts à ouvrir, leurs capacités et leurs meilleures localisations. Pour ce faire, nous avons eu recours à la méthode du barycentre et à la modélisation mathématique. Concernant le deuxième axe, nous avons calculé différents paramètres relatifs aux stocks et effectué un classement des critères de sélection du meilleur prestataire logistique 3PL par le biais de la méthode Analytic Network Process (ANP).

Mot clés : Réseau de distribution, Décision de localisation, Barycentre, Coûts, Optimisation, Niveaux de stock, Analytic Network Process (ANP).

Table des matières :

Liste des tableaux

Liste des figures

Liste des abréviations

Introduction générale

I. Chapitre I : Étude de l'existant	18
I.1. Présentation de l'entreprise Henkel	18
I.1.1. Henkel Monde	18
I.1.2. Historique du groupe Henkel.....	19
I.2. Présentation de Henkel Algérie	19
I.2.1. Historique	19
I.2.2. Activités de Henkel Algérie	20
I.2.3. Le département Planning & Logistics de HA.....	22
I.3. Contexte du projet	28
I.4. Audit de la Supply Chain avale de Henkel Algérie : Référentiel ASLOG.....	28
I.4.1. Contexte et conditions de l'audit	29
I.4.2. Résultats de l'audit :	30
I.4.3. Synthèse de l'audit ASLOG	40
I.5. Discussion : Énoncé de la problématique.....	43
II. Chapitre II : État de l'art	47
II.1. Généralités sur le Supply Chain Management	47
II.1.1. Définitions de la Supply Chain.....	47
II.1.2. Définitions du Supply Chain Management	48
II.1.3. Objectifs et enjeux du Supply Chain Management	49
II.1.4. Les décisions relatives au management de la Supply Chain	49
II.2. L'entrepôt, maillon important de la Supply Chain	50
II.2.1. Principes généraux de structuration logistique et d'entreposage.....	51
II.2.2. Les problèmes de localisation-allocation des entrepôts	52
II.2.3. Gestion des stocks	60
II.3. Externalisation logistique : Enjeux, critères, risques et méthodes de sélection des prestataires.....	64
II.3.1. Définition et caractéristiques des prestataires logistiques	64
II.3.2. Avantages et inconvénients de l'externalisation logistique.....	66
II.3.3. Critères de sélection de prestataire 3PL	67
II.3.4. Méthodes de sélection du meilleur prestataire 3PL.....	69

II.3.5.	Avantages et inconvénients des méthodes d'évaluation du meilleur prestataire 3PL.....	70
II.3.6.	Choix de la méthode de sélection du meilleur prestataire 3PL	70
II.3.7.	Les problématiques de référence d'aide à la décision multicritère	71
II.3.8.	Les approches d'aide à la décision multicritère.....	72
II.3.9.	Les choix de de la méthode multicritère pour la sélection du meilleur prestataire 3PL.....	73
II.3.10.	La méthode Analytic Network Process (ANP).....	74
III.	Chapitre III : Solution 1 - Reconfiguration du réseau de distribution	83
III.1.	Scénarios proposés.....	83
III.1.1.	Scénario 1 : Relocalisation de l'entrepôt fermé de AT	83
III.1.2.	Scénario 2 : Centralisation des entrepôts fermés en un seul plus grand entrepôt qui desservira les distributeurs des régions Ouest et Centre.	83
III.1.3.	Scénario 3 : Relocalisation de p entrepôts et redécoupage éventuel des régions	84
III.2.	Critères qualitatifs et quantitatifs pris en compte.....	84
III.2.1.	Critères qualitatifs :	84
III.2.2.	Critères quantitatifs (Coûts) :	84
III.3.	Hypothèses :.....	87
III.4.	Présentation et interprétation des résultats.....	88
III.4.1.	Résultats du scénario 1	88
III.4.2.	Résultats du scénario 1 UI :	89
III.4.3.	Résultats du scénario 2 UI.....	93
III.4.4.	Scénario 3 : Relocalisation de p entrepôts et redécoupage éventuel des régions	95
III.5.	Discussion : Résultats intermédiaires	106
III.5.1.	Résultats du scénario 3A : p=1	108
III.5.2.	Résultats du scénario 3B : p=2	109
III.6.	Discussion finale et choix du meilleur scénario.....	110
IV.	Chapitre IV : Solution 2- Externalisation logistique.....	114
IV.1.	Calcul des différents paramètres liés aux stocks.....	114
IV.1.1.	Classification ABC des produits finis	114
IV.1.2.	Calcul du stock de sécurité	117
IV.1.3.	Calcul des niveaux de point de commande	118
IV.2.	Classification des critères de sélection du meilleur prestataire 3PL : la méthode Analytic Network Process	120
IV.2.1.	Construction du réseau de l'ANP :	121

IV.2.2.	Construction des matrices de comparaisons par paire des éléments du réseau de l'ANP	125
IV.2.3.	Construction de la supermatrice :	131
IV.2.4.	Pondération de la supermatrice :	134
IV.2.5.	Calcul de la supermatrice limite :	137
IV.2.6.	Interprétation des résultats	139
V.	Conclusion générale.....	142
VI.	Bibliographie.....	145
VII.	Annexes.....	149

Liste des tableaux

Tableau I.1. Principaux événements du groupe Henkel (Source : Henkel Algérie)	19
Tableau I.2. Références des produits fabriqués par Henkel Algérie	21
Tableau I.3. Caractéristiques des sites de production de HA	23
Tableau I.4. Les entrepôts exploités par HA	24
Tableau I.5. Résultats de l'audit ASLOG (Chapitre 5 : Logistique de transport)	31
Tableau I.6. Résultats de l'audit ASLOG (Chapitre 7 : Logistique de distribution).....	34
Tableau I.7. Résultats de l'audit ASLOG (Chapitre 6 : Stockage)	37
Tableau I.8. Résultat global de l'audit logistique ASLOG	41
Tableau I.9. Statistiques de l'audit logistique	41
Tableau I.10. Synthèse de l'audit ASLOG	42
Tableau II.1. Détermination des classes selon le ratio de discrimination (Javel, 2010)	63
Tableau II.2. Caractéristiques des niveaux d'externalisation.....	66
Tableau II.3. Revue de littérature des critères de sélection des prestataires 3PL	68
Tableau II.4. Avantages et inconvénients des méthodes de sélection des prestataires 3PL (Aguazzoul, 2007)	70
Tableau II.5. Approches opérationnelles et méthodes d'aide à la décision multicritère.....	72
Tableau II.6. Comparaison entre les méthodes d'aide à la décision multicritère (Saadi & Talaboulma, 2011)	73
Tableau II.7. Echelle de Thomas L. Saaty	76
Tableau II.8. Indice aléatoire.....	78
Tableau III.1. Coûts de transport pour chaque moyen de transport suivant la distance parcourue	85
Tableau III.2. Contribution des différents types de coûts au coût global d'exploitation annuellement	85
Tableau III.5. Coût annuels de location pour le scénario 1	91
Tableau III.6. Calcul des besoins matériels et humains et de leurs coûts annuels à l'horizon 2020 pour le scénario 1	92
Tableau III.7. Coûts annuels de location pour le scénario 2	94
Tableau III.8. Calcul des besoins matériels et humains et de leurs coûts annuels sur l'horizon 2020 pour le scénario 2	95
Tableau IV.1. Croisement ABC selon deux critères (Ghanes & Nafi, 2010)	115
Tableau IV.2. Croisement selon les critères de volume et de valeur des ventes (prévisions 2016).....	116
Tableau IV.3. Valeurs des taux de rupture selon les classes ABC.....	117
Tableau IV.4. Résultats des calculs du stock de sécurité (SS), du point de commande (PC) et des jours de couverture (JdC) pour chaque SKU à l'horizon 2020. Unité : Tonnes.....	119
Tableau IV.5. Jours de couverture par classe et type de produit d'ici 2020	120
Tableau IV.6. Comparaisons par paire des influences des critères du groupe Operational Performance sur ce dernier.....	126
Tableau IV.7. Calcul des priorités.....	126
Tableau IV.8. Comparaisons par paire de l'influence des critères du groupe Company Performance sur le critère Delivery Performance	127
Tableau IV.9. Comparaisons par paire de l'influence des critères du groupe Company Performance sur le critère IT Capability	128
Tableau IV.10. Comparaisons par paire de l'influence des critères du groupe Company Performance sur le critère Flexibility & Innovation	128

Tableau IV.11. Comparaisons par paire de l'influence des critères du groupe Company Performance sur le critère Management Quality.....	128
Tableau IV.12. Comparaisons par paire de l'influence des critères du groupe Relationship sur le critère IT Capability	129
Tableau IV.13. Comparaisons par paire de l'influence des critères du groupe Relationship sur le critère Management Quality	129
Tableau IV.14. Comparaisons par paire de l'influence des critères du groupe Relationship sur le critère Flexibility & Innovation.....	130
Tableau IV.15. Comparaisons par paire de l'influence des critères du groupe Relationship sur le critère Delivery Performance	130
Tableau IV.18. Supermatrice Initiale	133
Tableau IV.19. Matrice de pondération	134
Tableau IV.20. Supermatrice pondérée.....	136
Tableau IV.21. Supermatrice limite	138
Tableau IV.22. Résultats de la méthode ANP pour la classification des critères de sélection d'un 3PL.....	139

Liste des figures

Figure I.1. Implantation du groupe Henkel	18
Figure I.2. Organigramme de Henkel Algérie.....	22
Figure I.3. Organigramme du département Planning & Logistics de HA.....	22
Figure I.4. Organigramme du département logistique d'une usine de HA	24
Figure I.5. Circulation moyenne des flux intersites par jour (en camions de 20T).....	25
Figure I.6. Supply Chain de Henkel Algérie (HA)	26
Figure I.7. Étapes du processus S&OP au sein de Henkel Algérie (HA)	27
Figure I.8. Tabulation de l'audit ASLOG sur EXCEL	30
Figure I.9. Graphique des résultats du chapitre 5 « Logistique de transport» (Audit ASLOG)	32
Figure I.10. Graphique des résultats du chapitre 7 « Logistique de distribution » (Audit ASLOG)	33
Figure I.11. Graphique des résultats du chapitre 6 « Stockage» (Audit ASLOG).....	36
Figure I.12. Évolution des niveaux de stocks de l'entrepôt de REG	38
Figure I.13. Évolution des niveaux de stocks à l'entrepôt de KEK.....	39
Figure I.14. Résultat global de l'audit logistique ASLOG.....	41
Figure I.15. Approche globale adoptée dans le projet.....	44
Figure II.1.Représentation schématique de la Supply Chain (Pimor & Fender, 2008, p. 06)..	48
Figure II.2. SCM: Intégration et management des processus à travers la Supply Chain (Lambert & al, 2008, p.03).....	49
Figure II.3. Matrice de planification de la Supply Chain (Pernot, 2013).....	50
Figure II.4. Les divers coûts logistiques en jeu (Baglin & al, 2005)	52
Figure II.5. Représentation d'un barycentre (Mattiuzzo, 2008)	53
Figure II.6. Etapes de résolution de la méthode de barycentre	54
Figure II.7. Limites des courbes de Pareto (Javel, 2010)	62
Figure II.8. Caractéristiques des différents niveaux d'externalisation logistique	65
Figure II.9. Comparaison entre les structures d'un modèle ANP et d'un modèle AHP (Ergül & Yildiz, 2015).....	75
Figure II.10. La supermatrice non pondérée du réseau ANP (Saaty & Vargas, 2013)	78
Figure II.11. Étapes de mise en œuvre de la méthode ANP.....	80
Figure III.1. Contribution des différents coûts logistiques au coût global d'exploitation annuellement	86
Figure III.2. Comparaison entre les coûts de transport totaux du scénario 1 UI et ceux du scénario 1 UNI (toutes années confondues).....	90
Figure III.3. Répartition des coûts logistiques du scénario 1 (toutes années confondues)	93
Figure III.4. Comparaison entre les coûts de transport totaux du SC2 UI et ceux du SC2 UNI	94
Figure III.5. Répartition des coûts logistiques du scénario 2 (toutes années confondues)	95
Figure III.6. Approche globale pour la modélisation du problème	98
Figure III.7. Répartition des coûts logistiques du scénario 3 (toutes années confondues) ...	105
Figure III.8. Comparaison entre les besoins humains et matériels des scénarios 1 et 2.....	106
Figure III.9. Comparaison entre les coûts de transport et ceux des besoins humains et matériels pour les scénario 1 et 2	107
Figure III.10. Comparaison entre les coûts de transport du scénario 2 et ceux du scénario 3A (p=1).....	108

Figure III.11. Répartition des coûts logistiques du scénario 3A (toutes années confondues)	109
Figure III.12. Comparaisons entre les coûts logistiques des scénarios 3A et 3B (toutes années confondues)	110
Figure III.13. Récapitulatif global de tous les coûts logistiques pour l'ensemble des scénarios	111
Figure IV.1. Le modèle ANP pour la classification des critères de sélection d'un prestataire 3PL	124
Figure IV.2. Le modèle ANP sous le logiciel Super Decisions	125
Figure IV.3. Supermatrice initiale	132
Figure IV.4. Bloc W_{24} de la supermatrice initiale	135
Figure IV.5. Bloc W'_{24} de la supermatrice pondérée	135
Figure IV.6. Structure la supermatrice après incorporation du groupe Alternatives	141

Liste des abréviations

1PL : First Party Logistiscs
2PL : Second Party Logistics
3PL : Third Party Logistics
4PL : Fourth Party Logistics
5PL : Fifth Party Logistics First
AFNOR : Association française de normalisation
AHP : Analytic Hierarchy Process
ANP : Analytic Network Process
ASLOG : Association Française de la Logistique
AT : Aïn Témouchent
CEL : Chelghoum Laïd
CLM : Council of Logistics Management
CPFR : Collaborative planning, forecasting, and replenishment
CSL : Customer Service Level
DC : Distribution Center.
Dist: Distributeur
DRM : Demand Review Meeting
ECR : Efficient Consumer Response
EDI : Échange de Données Informatisées
FCLP : Fixed charge facility location problems
FEFO: First Expired First Out
FIFO : First In First Out
HA : Henkel Algérie
HAM: Hammadi
HEA : Henkel-ENAD ALGERIE
IMPM : Intitiative Master Plan Meeting
IT: Information Technology
JdC: Jours de couverture
KPI: Key Performance Indicator
KEK : Khemis Khechna
LSCP : Location Set Covering Problem
MCLP : Maximal Covering Location Problem
MENA : Middle East and North Africa.
MM : Materials Management.
MP : Matière première
MT : Modern Trade
PC : Point de commande
PF : Produit fini
PIM : Product Information Management
R&D : Recherche et Développement
REG: Réghaïa
S&OP: Sales and Operations Planning.
SAP: Systems, Applications and Products for data processing
SC: Supply Chain
SCM: Supply Chain Management
SCMe : Supply Confirmation Meeting
SI : Système d'information
SKU: Stock-keeping unit
SS: Stock de sécurité
TMRM : Top Management Review Meeting
TT : Traditional Trade

UI: Usine incorporée

UNI: Usine non incorporée

VMI : Vendor Managed Inventory

WMS : Warehouse Management System

Introduction générale

François Michelin¹ a dit : « L'entreprise est élue tous les jours par ses clients », citation qui reflète parfaitement le monde dans lequel les entreprises évoluent : un environnement économique instable caractérisé par une concurrence accrue, par la saturation de certains marchés et l'émergence de nouveaux ainsi que par l'évolution du comportement des consommateurs. C'est dans ce contexte que les entreprises doivent poursuivre sans relâche leurs efforts d'adaptation et d'amélioration car, même si le triptyque coût-qualité-délai demeure une constante de l'entreprise industrielle, la façon d'atteindre ce consensus a été très fortement modifiée durant ces dernières décennies.

En effet, au fil des années, les entreprises ne se contentent plus d'optimiser leurs systèmes de production mais s'intéressent de plus en plus à l'optimisation de toute la chaîne logistique, tout en développant une relation privilégiée avec l'ensemble des partenaires. Cela a favorisé l'émergence de la discipline du Supply Chain Management auquel plusieurs secteurs d'activités se sont intéressés par la suite. Le secteur des biens de large consommation et les entreprises appartenant à ce dernier n'ont pas dérogé à la règle, notamment Henkel Algérie (HA) dans laquelle nous avons effectué notre stage de fin d'études.

Cette entreprise, dans sa quête de réductions des coûts, d'amélioration de la qualité de ses produits et de diversification de ses offres a adopté l'approche Supply Chain pour fidéliser des clients toujours plus exigeants. Ces derniers figurent parmi les partenaires clés que l'entreprise doit satisfaire en délivrant le bon produit dans les délais et avec les quantités espérées aux meilleurs prix. Pour ce faire, Henkel Algérie travaille actuellement sur des changements majeurs qu'elle effectue au niveau de sa supply chain avale, à savoir : la reconfiguration de son réseau de distribution et la considération de la piste d'externalisation de ses opérations logistiques. C'est dans ce cadre-là que s'inscrit notre projet.

En effet, le premier axe de changement, à savoir la reconfiguration du réseau de distribution, a principalement été considéré suite à la décision stratégique de fermer l'usine et l'entrepôt situés à Ain Témouchent et à des dysfonctionnements constatés au niveau des entrepôts de l'entreprise. Toutefois, et afin de mieux appréhender cette problématique et d'en cerner toutes les dimensions, nous avons décidé d'effectuer un audit logistique. Ce dernier nous a permis de comprendre le fonctionnement de la supply chain de Henkel Algérie, de déceler d'autres dysfonctionnements que ceux recensés par l'entreprise et de proposer d'éventuelles pistes d'amélioration. Partant des résultats de cet audit, le dysfonctionnement qui a principalement retenu notre attention fût le problème de manque d'espaces de stockage compte tenu du fort impact qu'il a sur la performance de l'entreprise. En prenant en considération cet élément et la décision de fermeture au niveau de la région Ouest, différentes questions concernant la structure du nouveau réseau de distribution se sont posées, notamment celles concernant la capacité, la localisation et le nombre d'entrepôts à ouvrir.

Concernant l'axe d'externalisation logistique, cela a été envisagé par l'entreprise car elle songe à faire appel à un prestataire logistique pour pouvoir profiter de l'expertise de ce dernier et se consacrer exclusivement à son cœur de métier. Cette étape passe par la rédaction d'un cahier

¹ François Michelin a été le Directeur du groupe Michelin, grand fabricant français de pneumatiques, de 1955 à 1999.

des charges contenant l'ensemble des besoins exigés par l'entreprise. La formulation de ces besoins sera déterminante dans l'issue de ce processus complexe. De plus, suite à l'appel d'offres, se posera alors la question difficile du choix du meilleur prestataire et des critères sur lesquels se baseront les décideurs pour prendre cette décision.

C'est pour répondre à toutes les préoccupations énoncées précédemment que le présent projet a été initié avec comme double objectif :

- La reconfiguration du réseau de distribution de Henkel Algérie à travers le calcul détaillé des différents coûts logistiques associés à chaque cas de figure.
- Le calcul de différents paramètres relatifs aux stocks qui seront communiqués aux prestataires et la proposition d'un outil d'aide à la décision multicritère pour retenir le meilleur prestataire selon les besoins et exigences de Henkel Algérie.

Pour ce faire, le travail effectué a été structuré de la façon suivante :

Le chapitre I décrit l'historique, les activités et la structure de l'entreprise avec une attention particulière portée au fonctionnement du département Planning & Logistics. De plus, il présente les résultats issus de l'audit logistique que nous avons effectué. Enfin, la problématique est formulée et le plan d'actions tracé.

Le chapitre II expose, quant à lui, l'ensemble des connaissances auxquelles nous avons dû faire appel pour traiter les différentes questions relatives à notre problématique. Dans un premier temps, nous y abordons des concepts généraux relatifs au Supply Chain Management. Ensuite, nous traitons de l'importance de l'entrepôt en tant que maillon de la Supply Chain en mettant en évidence, les différents paramètres liés à la gestion des stocks ainsi que les enjeux et les modèles mathématiques relatifs aux décisions de localisation-allocation. Enfin, nous dressons le contexte dans lequel l'externalisation logistique s'est développée, ses différents niveaux et les méthodes utilisées pour la prise de décision dans ce domaine.

Le chapitre III est dédié à apporter une solution à la question de reconfiguration du réseau de distribution. Il relate l'ensemble des scénarios que nous avons proposés, les calculs des coûts logistiques que nous avons effectués ainsi que les méthodes que nous avons utilisées pour aboutir au choix final de la configuration à retenir.

Le chapitre IV est divisé en deux sections. La première traite de la classification ABC des produits finis de Henkel Algérie et des calculs du stock de sécurité et du point de commande pour chacun d'eux. Ces paramètres sont importants à définir car cela va conditionner la manière avec laquelle le futur prestataire devra gérer les entrepôts de son client. Dans la deuxième section, nous développons un outil d'aide à la décision multicritère adapté au cas de Henkel Algérie en vue de classer les critères de sélection du meilleur prestataire logistique.

La conclusion reprendra les principales étapes de notre travail et mettra en évidence les perspectives pouvant être envisagées pour de futurs projets.

CHAPITRE I

ÉTUDE DE L'EXISTANT ET PROBLÉMATIQUE

“Il y a bien moins de difficultés à résoudre un problème qu'à le poser.”

Joseph de Maistre

Introduction

Pour qu'une entreprise puisse conserver sa place sur le marché ou même gagner d'autres marchés, elle doit être en mesure de se remettre en question de façon continue. Cela ne peut être possible sans une compréhension totale de sa structure interne et sa conscience de l'environnement externe. Ces deux ingrédients sont essentiels pour la détection et résolution de problématiques d'entreprise car ils permettront de déterminer précisément les besoins à satisfaire et par conséquent les actions spécifiques à entreprendre.

Ce chapitre sera consacré dans sa première partie à la présentation de Henkel Algérie et à la description du fonctionnement du département Planning & Logistics. De plus, nous allons présenter le cadre dans lequel notre travail s'est inscrit. La deuxième partie, quant à elle, abordera l'audit logistique effectué au sein du département Planning & Logistics et ce, dans le but de mieux comprendre le fonctionnement de la supply chain de l'entreprise, de déceler les dysfonctionnements et de proposer des axes d'amélioration en conséquence.

I.1. Présentation de l'entreprise Henkel

I.1.1. Henkel Monde

Secteur poids lourd des pièces de grande consommation, le secteur de la fabrication de détergents et produits d'entretien est confronté à des consommateurs de plus en plus exigeants en termes d'efficacité et de simplicité d'usage. Pour faire face à ces besoins, les entreprises, quelles que soient leurs tailles, doivent redoubler d'efforts afin d'assurer la disponibilité de produits de qualité. Parmi ces entreprises, nous pouvons citer : McBride et Unilever en Angleterre, Procter & Gamble aux Etats-Unis et Henkel en Allemagne. C'est à ce dernier, géant à la marque rouge, que nous allons nous intéresser.

Henkel est une multinationale allemande (siège social à Düsseldorf) présente dans 125 pays, avec plus de 164 sites de production et qui emploie près de 50 000 employés à travers le monde. En 2014, le groupe a réalisé un chiffre d'affaires de 16.4 milliards d'Euros et un résultat d'exploitation ajusté de 2.6 milliards d'Euros. Depuis plus de 135 ans, Henkel s'engage à faciliter, améliorer et embellir la vie de tous. Le groupe figure parmi les 500 sociétés du classement mondial réalisé par le magazine « Fortune ». Avec ses marques fortes et ses technologies, l'entreprise est présente sur trois secteurs d'activités :

- Les détergents et produits d'entretien ménagers (Home & Laundry Care)
- Les produits cosmétiques (Beauty Care)
- Les produits adhésifs (Adhesive Technologies)

La stratégie de Henkel se base sur quatre points :

- **Outperform** : Démultiplier le potentiel des marques
- **Globalize** : Se concentrer sur les régions à fort potentiel
- **Simplify** : Piloter l'excellence opérationnelle
- **Inspire** : Renforcer l'équipe Henkel mondialement



Cette stratégie est construite sur la base de valeurs stratégiques qui piloteront le développement de l'entreprise pour atteindre les objectifs émanant de la vision globale qui est celle d'être le leader mondial dans les marques et les technologies. La Figure I.1 donne un aperçu sur l'implantation mondiale de Henkel.

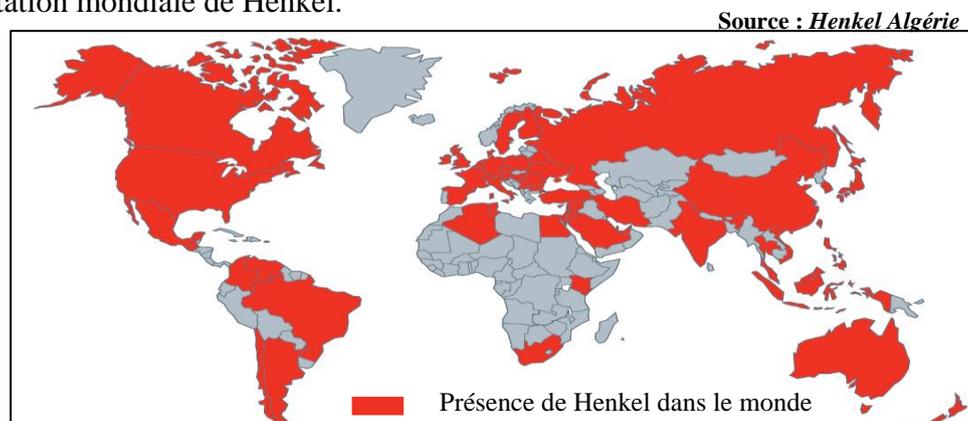


Figure I.1. Implantation du groupe Henkel

I.1.2. Historique du groupe Henkel

L'histoire de Henkel commence tout d'abord lorsque Fritz Henkel, âgé de 28 ans, fonde avec ses deux (02) associés la société Henkel & Cie à Aix-la-Chapelle (Allemagne) en 1876. Le premier produit de la société était une lessive en poudre à base de silicate de sodium. Au cours des années suivantes, la famille allemande et des milliers de salariés Henkel construisent une entreprise mondiale. Le tableau suivant retrace les événements les plus marquants de l'histoire de la firme :

Tableau I.1. Principaux événements du groupe Henkel (Source : Henkel Algérie)

Date	Événement
1876	Création de la société Henkel & Cie par Fritz Henkel à Aix-la-Chapelle, Allemagne.
1878	Henkel déménage pour Düsseldorf ; le premier produit de marque à succès de Henkel, la "soude à blanchir", apparaît sur le marché.
1907	Lancement de Persil, le premier produit lessiviel auto-actif au monde.
1913	Première filiale à l'étranger : Henkel & Cie AG, à Pratteln en Suisse.
1937	Henkel est leader Européen avec des usines de production dans 12 pays d'Europe.
1983	Premier détergent sans phosphate (Dixan).
1985	Henkel est coté en bourse.
1995	Acquisition de Schwarzkopf.
1997	Partenariat signé entre Henkel et Alki.
2002	Henkel se présente sous la marque ombrelle internationale : "Henkel A Brand like a Friend".
2008	Acquisition de National Starch.

I.2. Présentation de Henkel Algérie

La société Henkel Algérie est une société par actions (SPA), avec un chiffre d'affaires de 11 milliards (DA) en 2015. Ce dernier a doublé entre 2008 et 2013. Henkel Algérie dispose actuellement de (03) unités de production situées à Réghaia (Centre), Chelghoum Laïd (Est) et Ain Témouchent (Ouest). Composée de près de 800 employés, Henkel Algérie est le leader de détergents et produits d'entretien sur le territoire national, avec une croissance à double chiffres et des parts de marché dépassant les 40%. Son siège social se trouve à Dely Brahim (Alger).

I.2.1. Historique

C'est un accord de Joint-venture signé en mai 2000 entre ENAD (Entreprise Nationale Algérienne des détergents) et le groupe Henkel qui a conduit à la création de **Henkel-ENAD ALGERIE (HEA)** avec un capital de 1.760 milliard de dinars réparti en 60% pour Henkel et 40% pour l'ENAD. Le partenariat de l'ENAD avec l'un des plus grands producteurs mondiaux de détergents, a été un moyen de mise à niveau afin de répondre à une stratégie gouvernementale Algérienne qui encourageait les investissements étrangers, mais également afin d'éviter la perte des parts de marché de l'ENAD du fait de la concurrence qui a fait apparition suite à l'ouverture

de l'Economie Algérienne. En 2005, Henkel a montré son attachement à l'Algérie en devenant 100% détenteur du capital de HEA après avoir racheté les 40% des actions de l'ENAD. C'est au terme de cette opération qu'ENAD achève la privatisation totale de ses 3 installations industrielles.

Henkel Algérie détient différentes certifications qui ont été renouvelées durant l'année 2015. Parmi ces dernières, on peut citer :

- **ISO 9001** : "International Standard Organization" relative aux systèmes de gestion de la qualité.
- **ISO 14001** "International Standard Organization" relative au système de gestion environnementale.
- **ISO 50001** : « International standard Organization » relative à la gestion des énergies.
- **OHSAS 18001** : « Occupational health & Safety » relative à la santé et la sécurité au travail.

I.2.2. Activités de Henkel Algérie

Le groupe Henkel Algérie a pour mission principale la fabrication et la commercialisation des détergents liquides et d'eaux de Javel, en différentes variantes (parfums et formats) pour le marché Algérien. Il est à noter que la production de colles adhésives est présente dans l'usine de Réghaia même si cette dernière est minime comparativement à la production de détergents au niveau national. Depuis son implantation sur le territoire national, l'entreprise à l'emblème rouge mène une politique de diversification de ses produits en lançant en moyenne deux nouveaux produits chaque année. Henkel Algérie propose une gamme de produits très diversifiée : plus de 15 références.

a. Détergents et produits d'entretien ménagers

Ce portefeuille de produits comprend des détergents universels, lessives spéciales et produits d'entretien (adoucissants et détachants, produits pour lave-vaisselle, produits d'entretien, nettoyants bains et toilettes, nettoyants vitres, nettoyants cuisine et autres produits d'entretien spécialisés).

b. Produits adhésifs

Ce portefeuille de produits comprend les adhésifs industriels et d'ingénierie, produits d'étanchéité et de traitement des surfaces (produits pour reliure, étiquettes, bois, sanitaire et produits structuraux, adhésifs d'emballage) et produits de correction pour la maison et le bureau, ainsi que des colles pour le bâtiment (colles à tapisser, revêtement pour mur et plafond et adhésifs pour revêtement de sol, produits pour la décoration de la maison, produits d'étanchéité, mousses de polyuréthane, cyanoacrylates, colles de contact, colles à bois, colles d'assemblage).

Le tableau suivant présente les différents produits commercialisés, leurs catégories, et les références de chaque produit :

Tableau I.2. Références des produits fabriqués par Henkel Algérie

Marque	Catégorie	Références	Logo
ISIS	Détergent poudre	ISIS HS (High Suds)	
		ISIS LS (Low Suds)	
	Détergent liquide	ISIS HS (High Suds)	
		ISIS LS (Low Suds)	
Pril ISIS	Détergent liquide	Pril 710 ml Pril 3l Pril 1.25l	
LE CHAT	Détergent poudre	LE CHAT HS (High Suds)	
		LE CHAT LS (Low Suds)	
	Détergent liquide	LE CHAT HS (High Suds)	
		LE CHAT LS (Low Suds)	
Bref	Javel	Bref 13° 925 ml Bref 13° 1.8l	
Pattex	Colle	Pattex 125ml	
LOCTITE	Colle PVC	LOCTITE 500ml LOCTITE 250ml	
Tangit	Colle blanche	Tangit 50g Tangit 250g Tangit 500g Tangit 1kg	

Après avoir présenté de façon globale HA, son historique et ses activités, nous présentons ci-dessous l'organigramme de HA illustré dans la figure suivante :

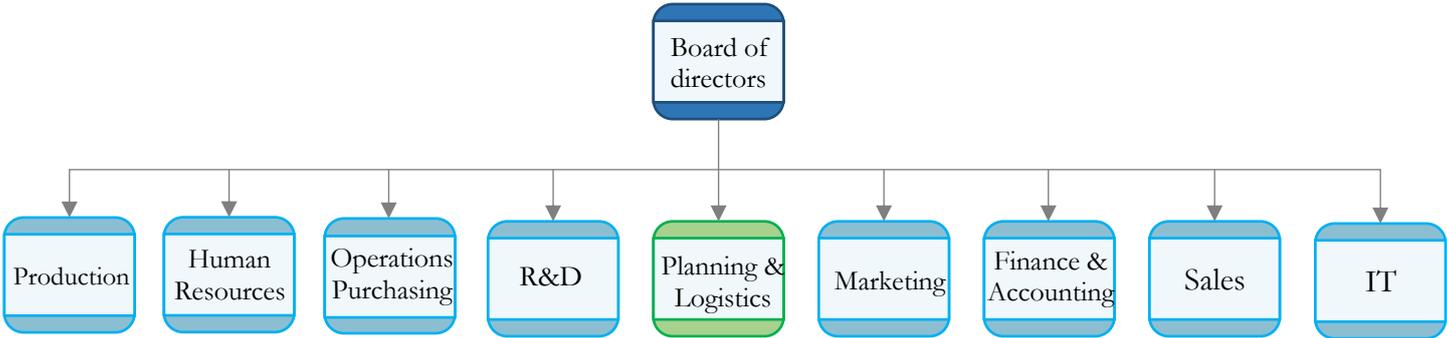
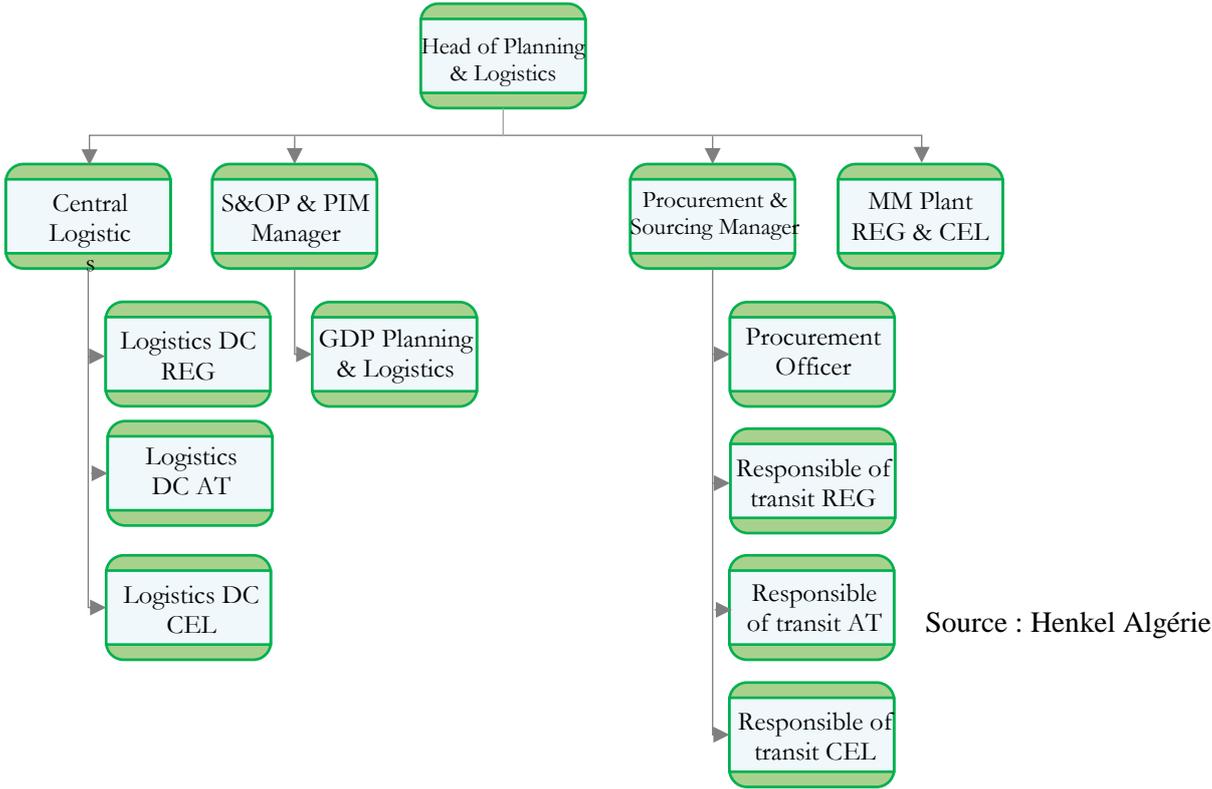


Figure I.2. Organigramme de Henkel Algérie

Nous nous sommes intéressés au fonctionnement du département Planning & Logistics car c'est dans ce dernier que nous avons mené notre projet.

I.2.3. Le département Planning & Logistics de HA

Ce département a pour mission d'assurer la gestion optimale des flux d'informations et de marchandises, tout au long de la chaîne logistique, depuis les achats / approvisionnements auprès des fournisseurs, la production et la distribution jusqu'au client final. Il se charge également de fournir les produits que le consommateur désire acheter au bon endroit, au bon moment, régulièrement et à moindre coût. L'objectif étant d'optimiser : le niveau de service, le niveau des stocks et les coûts logistiques en général tout en veillant à la qualité des produits. Pour ce faire, HA a organisé son département Planning & Logistics en quatre principaux services illustrés dans la Figure I.3 :



Source : Henkel Algérie

Figure I.3. Organigramme du département Planning & Logistics de HA

Materials Management (MM) : Ce service a pour mission d'assurer l'approvisionnement en matières premières dans chacun des sites de production de HA afin de garantir la fabrication et le conditionnement des produits.

Procurement & Import : Après plusieurs réunions de l'équipe exécutive, un plan de production mensuel est émis (S&OP). Le rôle du service Procurement & Import est de se baser sur ce plan de production et sur le bill of materials qui contient toutes les informations concernant les composants des produits (quantité, référence, etc.) pour déterminer les besoins en matières premières, emballages et conditionnement. Ces quantités seront ensuite commandées auprès des fournisseurs et acheminées vers les usines selon les besoins émis par le service Materials Management pour chaque usine.

S&OP (Sales & Operation Planning) et PIM (Project Implementation Management) : Ce service est chargé d'une part de superviser le bon déroulement du processus d'émission du plan de production (S&OP) et d'assurer une bonne collaboration entre les départements concernés. D'autre part, le PIM est responsable de tous les projets de HA, notamment ceux de lancement de nouveaux produits ou encore de relancement de produits avec une nouvelle formule ou un nouveau packaging. Ces projets sont supervisés en assurant la coordination des actions des équipes et le partage de données actualisées. Une fois cette tâche accomplie, le service Central Logistics prend la relève.

Central Logistics : Ce service est chargé de la livraison selon les modalités de passation de commande pour chaque client (distributeur et MT) et la disponibilité des produits et des moyens logistiques dans tous les entrepôts de HA.

- **L'organisation de la chaîne logistique avale de HA**

Dans l'étude de la chaîne logistique avale, nous considérons HA comme étant l'entreprise focale, c'est-à-dire celle qui génère la plus grande partie de la valeur.

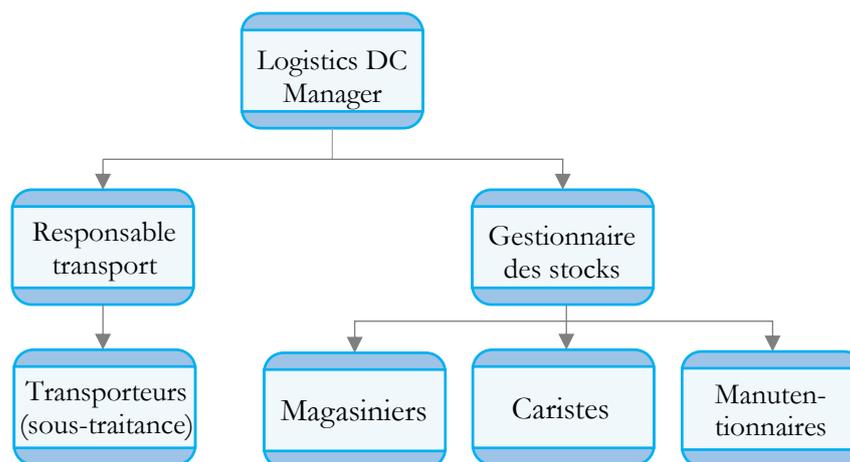
HA possède actuellement trois sites de production où chacun est spécialisé dans la fabrication de détergents liquides ou en poudre. Le Tableau I.3 récapitule les caractéristiques de chaque site :

Tableau I.3. Caractéristiques des sites de production de HA

Site de production	Type des détergents fabriqués	Capacité de production journalière en palettes
Réghaia (REG)	Liquide	##
Chelghoum Laïd (CEL)	Poudre	##
Aïn Témouchent (AT)	Poudre	##

Chaque site dispose d'un département logistique qui est chargé du pilotage de processus clés tels que le stockage ou encore le transport de marchandises. Il veille à ce que les opérations logistiques se déroulent dans un climat de collaboration et de coordination avec les départements commercial et production et ce, dans le but de satisfaire le client tout en

optimisant les coûts logistiques. La Figure I.4 illustre l'organisation de la logistique dans chaque site de HA :



Source : Henkel Algérie

Figure I.4. Organigramme du département logistique d'une usine de HA

HA possède plusieurs entrepôts rattachés à chacun des sites de production. Les caractéristiques des différents entrepôts sont illustrées dans le Tableau I.4:

Tableau I.4. Les entrepôts exploités par HA

Région	Entrepôt	Possession	Capacité en palettes
Centre	Réghaia (REG)	HA	##
	Khemis Khechna (KEK)	Location (Géré par HA)	##
	Hammadi (HAM)	Location (Géré par un sous-traitant)	##
Est	Chelghoum Laïd (CEL)	HA	##
Ouest	Aïn Témouchent (AT)	HA	## dont ## exploitables

Parmi les processus clés qui interviennent en logistique avale, nous pouvons en citer trois principaux :

- **Les transferts intersites (flux Inbound) :** Ce processus débute lorsque l'un des sites de HA demande à être livré et prend fin lorsque la marchandise lui parvient.
- **Les livraisons vers les distributeurs et les clients MT (flux Outbound) :** Ce processus débute lorsque le distributeur ou le client MT passe commande et prend fin lorsque ce dernier reçoit les produits commandés en bonne et due forme.

- **Transferts de la zone de production vers le magasin :** Ce processus débute lorsque le plan de transfert journalier relatif à la production est émis et prend fin lorsque les produits sont stockés dans le magasin et que le transfert a bien été enregistré sur SAP.

Pour assurer la disponibilité de tous les produits (liquide et en poudre) au niveau de chaque entrepôt, il est primordial d'effectuer des transferts intersites.

Ces transferts se font quotidiennement grâce à des camions 20 tonnes et dont le retour à charge est toujours assuré. La fréquence des transferts quotidiens est représentée dans la figure suivante :

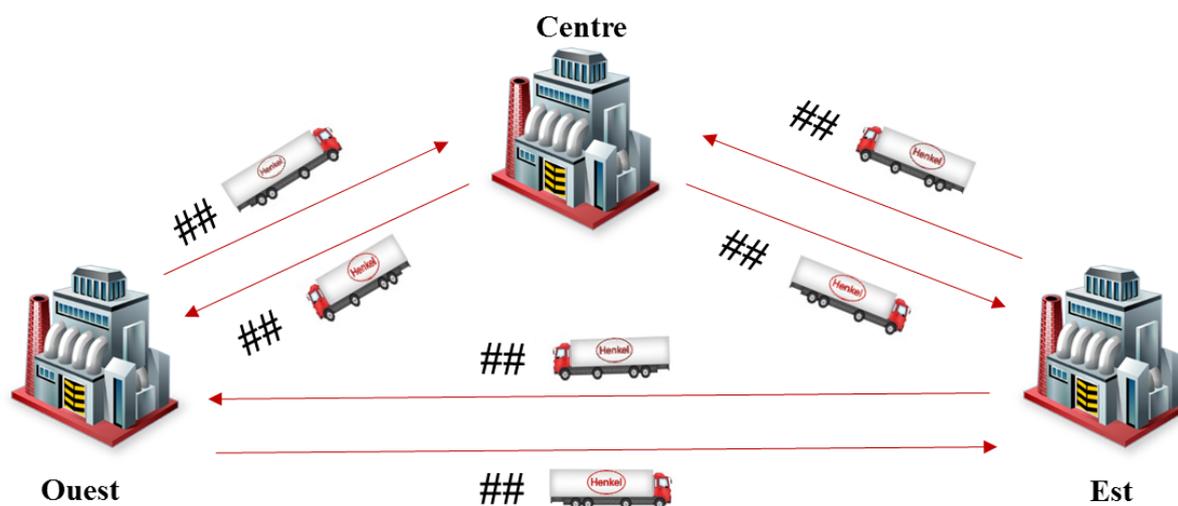


Figure I.5. Circulation moyenne des flux intersites par jour (en camions de 20T)

Afin d'acheminer les bons produits aux bons clients à la bonne quantité et au bon moment, HA a recours à deux canaux de distribution différents, à savoir :

- **Le Traditional Trade (TT) :** Dans la partie aval de cette SC, HA possède plusieurs échelons notamment les distributeurs, super-grossistes, semi-grossistes et détaillants. HA a pour clients les distributeurs qui, à leurs tours, assurent la distribution aux différents échelons pour arriver enfin chez le consommateur. Les moyens de transport utilisés sont les camions à 10 T et 20 T.
- **Le Modern Trade (MT) :** Ce canal de distribution concerne les grandes surfaces qui ont vu le jour ces dernières années en Algérie. Dans cette SC, HA n'a pas recours aux échelons avals traditionnels (distributeurs, grossistes, semi-grossistes, etc.) pour approvisionner les grandes surfaces mais traite directement avec elles. Actuellement, le MT représente seulement 2% du chiffre d'affaires de HA mais on prévoit une augmentation de cette proportion jusqu'à 10% d'ici 2020. Le moyen de transport utilisé est le fourgon d'une capacité de 2.5 T.

En prenant en compte les éléments cités précédemment, nous avons pu schématiser la Supply Chain de HA à travers la figure suivante :

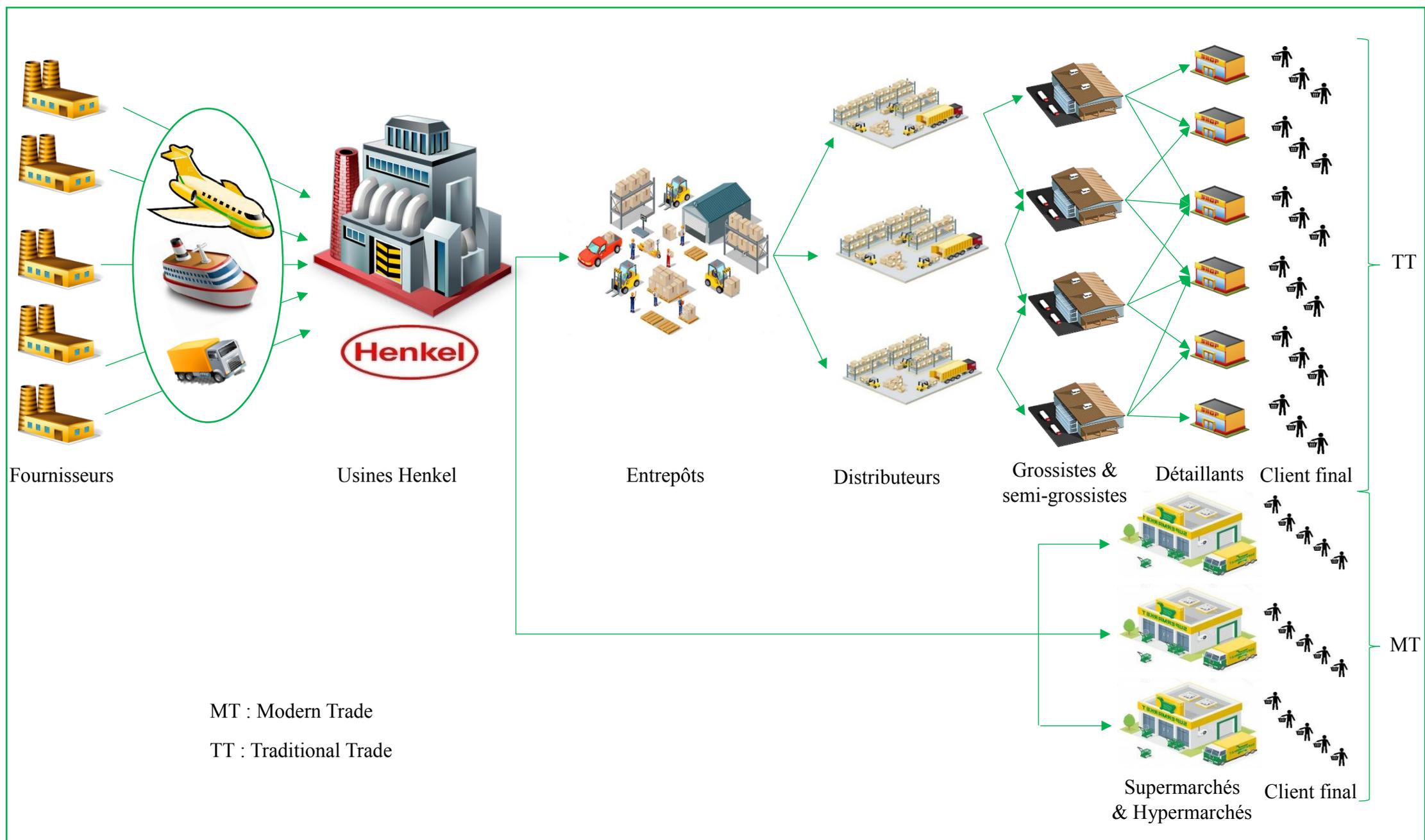
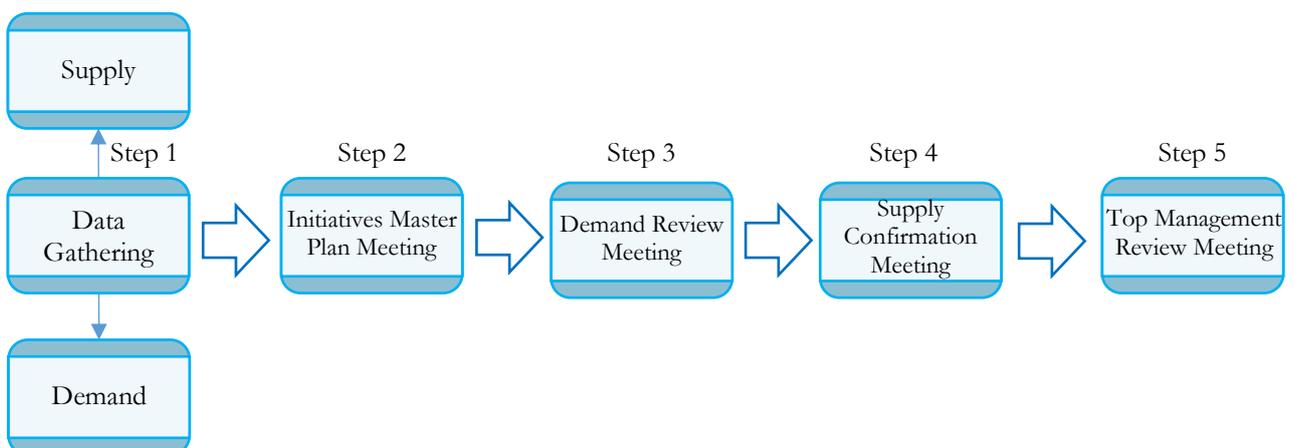


Figure I.6. Supply Chain de Henkel Algérie (HA)

Dans le but d'assurer une intégration et une collaboration efficaces entre les différents départements Marketing, Commercial, Production, Finances et Planning & Logistics, HA a mis en place le processus Sales & Operations Planning. Ce dernier est un processus mensuel collaboratif et décisionnel par lequel une entreprise établit au travers de rencontres exécutives un équilibre entre les objectifs du plan des ventes et marketing, les objectifs financiers et les capacités internes de l'entreprise (capacité de production, inventaires, main-d'œuvre, etc.) afin de créer un plan unique et réalisable. Les étapes du S&OP au sein de HA sont :

1. **Initiative Master Plan Meeting (IMPM)** : On y aborde, entre autres, toutes les initiatives qui concernent le Marketing (promotions, opérations de communications, etc.) ainsi que le plan de la demande globale sur un horizon de 18 mois.
2. **Demand Review Meeting (DRM)** : Sur la base des initiatives établies lors de l'IMPM, les équipes Commerciale, Finances et Marketing ajustent le plan de la demande en y incorporant différentes contraintes, notamment celles du plan de financement et du budget disponible. Cet ajustement est ensuite effectué pour chaque marque Henkel. A l'issue de cette réunion, les prévisions ajustées de la demande sur les 18 prochains mois sont communiquées.
3. **Supply Confirmation Meeting (SCMe)** : Lors de cette réunion, on vérifie si l'entreprise dispose des capacités internes nécessaires pour satisfaire les prévisions de la demande établies lors du DRM et on réajuste si besoin.
4. **Top Management Review Meeting (TMRM)** : Toute l'équipe exécutive se réunit et revoit tout ce qui a été établi lors des précédents meetings. Des réajustements supplémentaires sont effectués à la suite desquels le S&OP ainsi que ses indicateurs sont émis.

Le but du processus S&OP est ultimement d'aider à atteindre un consensus afin d'allouer les ressources critiques permettant de réaliser les objectifs d'affaires. On peut illustrer ce processus par la figure suivante :



Source : Henkel Algérie

Figure I.7. Étapes du processus S&OP au sein de Henkel Algérie (HA)

Après avoir présenté l'organisation du département Planning & Logistics et décrit le fonctionnement de la chaîne logistique de HA, nous allons exposer le contexte dans lequel notre projet s'est inscrit.

I.3. Contexte du projet

Installée depuis l'an 2000, HA a su, au fil des années, se faire une place dans le marché algérien et ce, grâce à sa quête continue de la performance et de la satisfaction du client. L'entreprise HA déploie, de ce fait, beaucoup d'efforts afin d'accroître sa rentabilité et rester compétitive. Ces efforts s'appuient principalement sur une supply chain efficace et une aptitude à faire face aux changements.

En effet, HA travaille actuellement sur des changements majeurs qu'elle souhaite apporter à sa supply chain aval, à savoir : la reconfiguration de son réseau de distribution et la considération de l'externalisation de ses opérations logistiques. C'est dans ce cadre-là que s'inscrit notre projet.

Le premier axe de changement, à savoir la reconfiguration du réseau de distribution, a principalement été considéré suite à la décision stratégique de fermer l'usine et l'entrepôt de AT. Toutefois et afin de mieux appréhender cette problématique et d'en cerner toutes les dimensions, nous avons décidé d'effectuer un audit logistique. Ce dernier permettra également de déceler d'autres dysfonctionnements et de proposer d'éventuelles pistes d'amélioration. Partant des résultats de cet audit, nous allons tracer notre plan de travail qui permettra de répondre à cette problématique.

Le second axe, concernant l'exploration d'une éventuelle externalisation logistique, a été envisagé par HA afin de lui permettre de se concentrer sur son cœur de métier, de maîtriser les coûts grâce à un contrat clair avec le prestataire et de bénéficier de l'expertise de ce dernier. Pour cela, l'entreprise compte lancer un appel d'offres qui lui permettra de recueillir les soumissions de différents prestataires. Ce dernier nécessitera la rédaction d'un cahier des charges abordant l'ensemble des exigences et besoins de HA. Quant au choix du meilleur prestataire, il devra être fait selon une démarche structurée qui prendra en compte un ensemble de paramètres et de critères décisifs pour HA. Cet axe-là sera traité en seconde partie de notre projet.

Dans la partie suivante, nous allons présenter les résultats de l'évaluation de la Supply Chain aval de l'entreprise à travers le référentiel ASLOG afin d'en tirer les dysfonctionnements et déceler d'éventuels axes d'amélioration.

I.4. Audit de la Supply Chain aval de Henkel Algérie : Référentiel ASLOG

Afin d'analyser le fonctionnement et la performance de la Supply Chain de HA, de déceler ses dysfonctionnements et de dégager les axes d'amélioration possibles, nous avons effectué un audit selon le référentiel ASLOG. Ce dernier nous a permis de structurer notre analyse et d'avoir une évaluation fondée de la chaîne logistique.

A la base, un audit peut être défini comme une démarche de contrôle et d'évaluation objective visant à vérifier l'existence et la mise en œuvre de procédures et de règles formalisées au niveau du système audité en se basant sur un référentiel donné. Ce dernier incarne une représentation

simplifiée issue d'une accumulation inférentielle d'informations sur des systèmes réels, comprenant un ensemble d'éléments et de faits théoriquement et pratiquement admis, qui permettent de comprendre et d'évaluer d'autres systèmes similaires (Zouaghi, 2013).

Les référentiels développés et utilisés dans l'audit logistique sont nombreux et ont des orientations et des objectifs plus ou moins distincts. Parmi ces derniers, on peut citer : les modèles SCOR, ASLOG, EVALOG et les normes FD X50-605 d'AFNOR.

Notre choix s'est porté sur le référentiel ASLOG pour la possibilité de quantifier la performance de la chaîne logistique dans un court délai, la simplicité de sa mise en application (système de notation clair) et l'indépendance entre ses différents chapitres (possibilité d'auditer quelques parties de la chaîne logistique).

I.4.1. Contexte et conditions de l'audit

Nous nous sommes focalisés, dans notre audit, sur la partie avale de la Supply Chain. Ce choix a été fait pour différentes raisons. La première étant de répondre aux besoins exprimés par l'entreprise en termes de réduction des coûts logistiques (location des entrepôts, stockage, transport, manutention, etc.), d'augmentation de la disponibilité des produits et de satisfaction des clients (respect des délais, qualité des produits, flexibilité, etc.) sur le territoire national. La seconde et principale raison tient au fait que notre travail s'inscrit dans le cadre d'un grand projet de restructuration du réseau de distribution que HA a lancé et qui permettra de répondre aux objectifs que la multinationale allemande s'est fixée. Par conséquent et compte tenu des besoins de HA, les chapitres du référentiel ASLOG que nous avons retenus sont :

- Le chapitre 5 : « Logistique de transport »
- Le chapitre 6 : « Stockage »
- Le chapitre 7 : « Logistique de distribution »

L'audit ASLOG s'est déroulé sous forme d'entretiens individuels dans des conditions de transparence et d'objectivité. Nous avons pu disposer de toutes les informations dont nous avons besoin et ce, dans le but de :

- Faire un constat objectif de la partie avale du système logistique de l'entreprise
- Analyser les processus logistiques clés
- Mesurer la performance logistique avec une notation précise
- Intégrer la dimension transversale de la logistique : la Supply Chain
- Construire un plan d'actions pour aller vers l'excellence.

L'audit logistique a été principalement effectué au niveau de la Direction Générale (Siège social à Dely Brahim) et de l'usine de REG. Des informations complémentaires sur les autres sites nous ont été communiquées par le Head of Planning & Logistics. Les personnes interrogées, occupant des postes de niveaux opérationnel, tactique et stratégique ont toutes été coopératives, professionnelles et disponibles. Les directions sollicitées pour cet audit sont :

- La direction Planning & Logistics
- La direction Marketing
- La direction Commerciale

Dans le but de faciliter le report des notes et des réponses obtenues, nous avons reporté le référentiel ASLOG sur tabulation EXCEL. Cette tabulation comprend :

- Une organisation des questions par chapitre et sous-chapitre
- Les critères de notation ainsi que des orientations
- Des cases permettant le report des notes et commentaires

La figure suivante illustre la façon dont les réponses aux questions du référentiel ASLOG ont été reportées :

		Henkel Algérie Audit logistique ASLOG		Projet: Contribution à l'optimisation du réseau de distribution de Henkel Algérie.		Responsables : Ryadh KHALFI et Amira MAKHLOUF
Sous chapitre	Question	Niveau	Critères	Statut	Note	Commentaires
Implantation des plateformes, entrepôts et magasins	Quelle implantation a été étudiée pour assurer les opérations de magasinage ?	1	*Implantation rationnelle, éviter les déplacements longs et maintenances compliquées; *Flux circulant conçus pour éviter ralentissements et accidents * Emplacements des produits selon des critères précis. * FIFO et FEFO assurés	Réponse confirmée	0	Les procédures existent. En effet, il y a une affectation d'espace de stockage selon le type de produit et le type de format. Toutefois, le manque d'espace considérable et la production importante du site mène à une saturation de l'entrepôt, rendant impossible le respect de ces normes et procédures. L'espace de stockage empêche l'affectation des produits à leurs lots respectifs et même le respect des règles FIFO entre autres.
		2	Les emplacements sont gérés. Le système d'information propose une adresse disponible dans les zones appropriées. Lors de l'introduction de nouvelles références, une méthode documentée permet de définir rapidement les caractéristiques et donc la zone idéale de stockage.			
		3	Une revue régulière du magasin et des implantations est effectuée (re-localisation, évacuation des stocks morts,...). Toute anomalie est étudiée avec les manutentionnaires et entraîne au besoin la modification de la procédure d'implantation. L'informatique embarquée permet aux manutentionnaires une gestion en temps réel.			
Chapitre Stock Transport Logistique (+)						

Figure I.8. Tabulation de l'audit ASLOG sur EXCEL

La performance de chaque pratique a été quantifiée par des notes allant de zéro à trois. La somme de ces notes constitue la note globale de l'audit ASLOG. La notation des réponses aux questions de l'audit repose sur le principe suivant :

- Niveau 3 : Excellence, correspond à 3 points. Pour avoir 3, il faut déjà avoir eu 2.
- Niveau 2 : Bonnes pratiques, correspond à 2 points. Pour avoir 2, il faut avoir eu 1.
- Niveau 1 : Fondamentaux, correspond à 0 point. Pour avoir 1, il ne faut pas avoir eu 0.

NB : Le statut « Réponse confirmée » signifie que l'information recueillie a été communiquée par au moins deux personnes différentes et qu'elle a été vérifiée grâce aux documents.

I.4.2. Résultats de l'audit :

Nous avons pu, grâce au référentiel ASLOG et à des entretiens complémentaires, auditer l'état actuel de la partie avale du système logistique. Dans ce qui suit, nous allons présenter les

résultats relatifs à chaque chapitre, puis nous procéderons à un récapitulatif de ces derniers et ce, dans le but de dégager les différents axes et pistes d'amélioration possibles et de proposer un plan d'actions en conséquence.

a. Chapitre 5 : « Logistique de transport »

Le chapitre 5 présente des résultats quasi-excellents avec un score de **18/21**, soit une note globale de **85,7%** et une moyenne par question de **2,57/3**. Les résultats de ce chapitre sont illustrés dans la figure et le tableau suivants :

Tableau I.5. Résultats de l'audit ASLOG (Chapitre 5 : Logistique de transport)

Question	Note	Justification de démerite
5.1 Choix des transporteurs		
5.1.1. Comment les transporteurs assurant les approvisionnements sont-ils choisis ?	3	/
5.1.2. Comment les transporteurs assurant les livraisons vers les clients ou prestataires intermédiaires sont-ils choisis ?	3	/
5.2 Maîtrise du flux aval		
5.2.1. Comment les besoins de transport sont-ils évalués ?	3	/
5.3 Partenariat avec les transporteurs		
5.3.1. Quelle maîtrise est exercée sur les opérations de transport ?	3	/
5.3.2. Quelle maîtrise est exercée sur les opérations de transmission des informations (incidents de transport) ?	2	Absence d'analyse permettant la réduction des retards car leurs clients principaux ne sont pas très exigeants, contrairement au circuit Modern Trade qui représente 2% du CA annuel seulement.
5.4. Maîtrise opérationnelle		
5.4.1. Quelle maîtrise est exercée sur la sécurité des produits pendant les opérations de transport ?	3	/
5.4.2. Quelle maîtrise est exercée sur la qualité de transport et de livraison ?	1	Absence d'un état analytique qui permet de suivre les dommages et les erreurs de livraison
Total chapitre « Transport »		18/21
		85,7 %

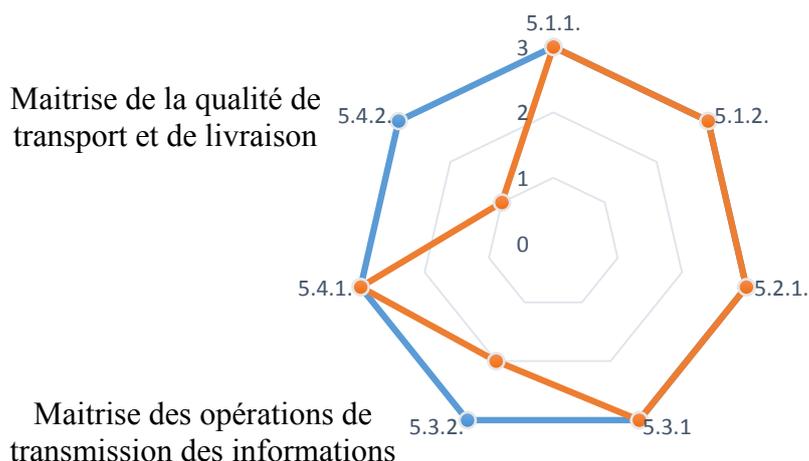


Figure I.9. Graphique des résultats du chapitre 5 « Logistique de transport » (Audit ASLOG)

- **Justification des résultats : « Logistique de transport »**

Les résultats obtenus s'expliquent par l'attention que HA accorde à la satisfaction de ses clients, en particulier les clients MT (Modern Trade), en termes de respect des délais, de réactivité, de flexibilité et de disponibilité des produits. À titre d'exemple, le département logistique a souvent affaire à des clients MT qui exigent d'être livrés uniquement le lundi alors que d'autres ne peuvent accueillir que des camions de 10 Tonnes dans leurs quais. Des contraintes qui sont totalement intégrées dans le processus de transport et ce, grâce à l'étroite collaboration entre le chargé de transport de HA et le sous-traitant. Cette dernière permet de trouver des compromis en toute circonstance.

De plus, le choix des transporteurs se fait selon un processus formalisé et consiste à émettre un appel d'offres avec des critères de sélection bien définis et actualisés régulièrement pour faire face aux exigences changeantes du client et éviter les retours dans la mesure du possible. Les transporteurs choisis sont évalués et audités deux fois par an dans le but de s'assurer de la performance de ces derniers.

Tout cela s'inscrit dans une optique d'optimisation et de réduction continues des coûts logistiques, notamment les coûts de transport. À titre d'exemple, HA met un point d'honneur à envoyer tous ses camions pleins, exception faite pour les clients exigeants du MT qui ne représentent toutefois que 2% du marché. L'entreprise veille également à limiter les ruptures de charge et à faire en sorte que les camions envoyés vers les autres sites de l'entreprise reviennent pleins. Pour illustrer la limitation des ruptures de charge, nous pouvons évoquer l'exemple suivant : lorsqu'un client de Mostaganem passe commande pour des produits de HA, la commande est généralement satisfaite à partir de l'entrepôt le plus proche, à savoir celui de AT (Région Ouest). Toutefois, dans le cas où ces produits ne sont pas disponibles à AT mais à REG (Région Centre), ils sont directement envoyés vers Mostaganem afin de diminuer les coûts de transport ainsi que le nombre de ruptures de charge.

- **Pistes d'amélioration : « Logistique de transport »**

L'excellente performance constatée pour ce processus n'exclut pas l'exploration de nouvelles pistes d'amélioration. L'une d'elles étant de faire un listing et une analyse détaillés des causes de dysfonctionnements au niveau du processus de livraison client. Autrement dit, reporter toutes les causes d'avaries, de retours clients, de retards, d'erreurs de chargement, les lister, les prioriser, calculer leurs occurrences et mettre en place des mesures pour minimiser ces causes afin d'améliorer la satisfaction des distributeurs et des clients MT. Cette analyse viendrait accompagner les enquêtes déjà effectuées auprès des clients, renforcerait la collaboration entre HA et son prestataire et permettrait une amélioration non négligeable de la performance.

b. Chapitre 7 : « Logistique de distribution »

Le chapitre 7 présente de très bons résultats avec un score de **48/54**, soit une note globale de **88,89%**. Cependant, cette note sera automatiquement ramenée à **80%**, ce qui équivaut à une note moyenne de **2,4/3** par question. On justifie cela par le fait qu'il y ait une question où la note est de « **0** », autrement dit, une pratique importante n'est pas effectuée. Il s'agit du non-respect des règles FEFO lors de la préparation de commande. Les résultats de ce chapitre sont illustrés dans la figure et le tableau suivants :

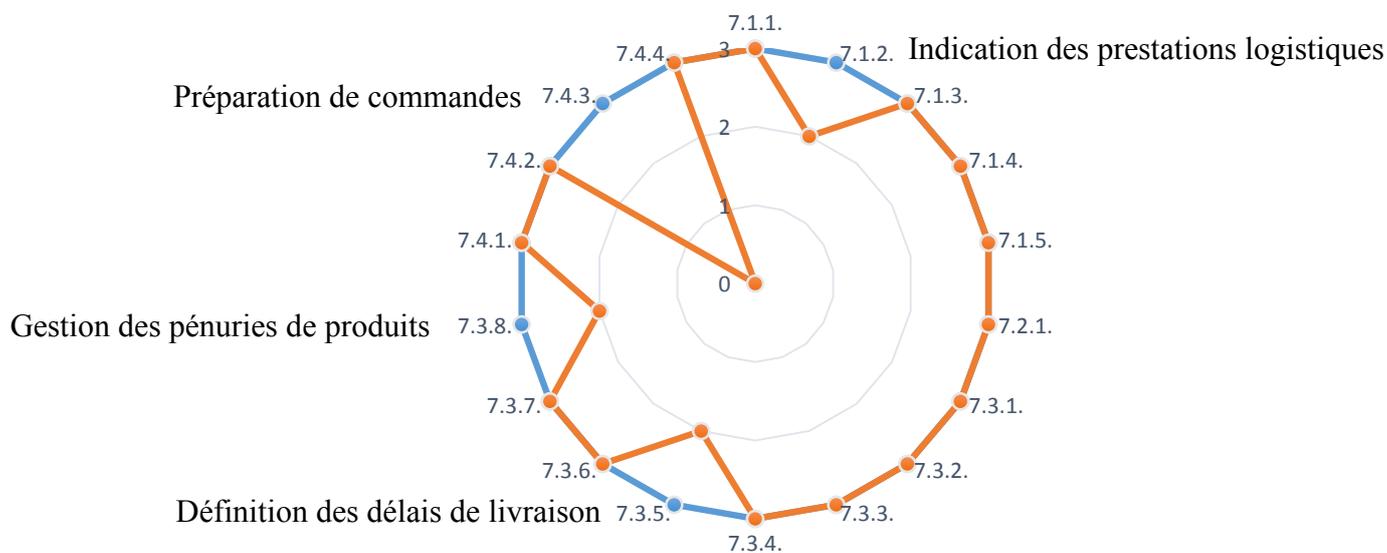


Figure I.10. Graphique des résultats du chapitre 7 « Logistique de distribution » (Audit ASLOG)

Tableau I.6. Résultats de l'audit ASLOG (Chapitre 7 : Logistique de distribution)

Question	Note	Justification de démerite
7.1. Définition de l'offre logistique		
7.1.1. Adaptation de la logistique aux catégories de produits, services et clients	3	/
7.1.2. Indication des prestations logistiques	2	Il peut subsister certains désaccords dans les domaines logistiques
7.1.3. Spécialisation des prestations logistiques	3	/
7.1.4. Flux d'informations échangées avec le client	3	/
7.1.5. Emballages et supports de manutention	3	/
7.2. Prévision de vente		
7.2.1. Suivi et élaboration des prévisions de vente	3	/
7.3. Administration des ventes		
7.3.1. Utilisation des informations clients pour les opérations de distribution	3	/
7.3.2. Informations relatives à la commande	3	/
7.3.3. Crédit clients	3	/
7.3.4. Gestion des recouvrements clients	3	/
7.3.5. Définition des délais de livraison (1)	2	Une analyse catégorielle des causes du non-respect des délais n'est pas effectuée de manière détaillée et régulière.
7.3.6. Confirmation de la commande client	3	/
7.3.7. Définition des délais de livraison (2)	3	/
7.3.8. Gestion des pénuries de produits	2	Il peut y avoir un écart entre les données des stocks sur SAP et le stock physique qui conduit au non-respect des délais.
7.4. Activités et suivi opérationnel		
7.4.1. Prise en compte des aspects logistique pour une promotion ou lancement d'un nouveau produit	3	/
7.4.2. Programmation des opérations	3	/
7.4.3. Préparation de commandes	0	Des règles telles que FIFO et FEFO ne sont pas respectées.
7.4.4. Traçabilité des flux de produits	3	/
		Total Chapitre « Logistique de distribution »
		45/54
		80%

- **Justifications des résultats : « Logistique de distribution »**

Différentes raisons peuvent justifier ces résultats. Tout d'abord, concernant les prévisions, elles sont établies par le départements Sales et Marketing suivant différents paramètres, notamment : l'historique des ventes, la demande du marché, les périodes de promotion, la concurrence, la fréquence de consommation des produits, etc. Ces prévisions sont ensuite partagées, discutées et ajustées régulièrement avec le département production et logistique par le biais des différents meetings (IRM, DRM et SRM) pour voir si la demande peut être satisfaite en termes de quantité, de qualité et de respect des délais.

De plus, la relation de HA avec ses clients est assez développée et dure depuis plus d'une dizaine d'années pour la majorité d'entre eux. À titre d'exemple, lors de la passation d'une commande qui dépasse de peu le tonnage d'un camion, ces derniers sont d'accord pour se faire livrer le reste ultérieurement et permettent ainsi à l'entreprise d'assurer un taux de remplissage important de ses camions. L'offre logistique est contractualisée avec chaque client et les enquêtes de satisfaction auprès de ce dernier sont régulièrement menées pour une éventuelle amélioration de l'offre. Cette relation de collaboration peut se traduire en termes de crédit clients dont le suivi est assez performant et permet de réduire tout risque de non paiement.

- **Pistes d'amélioration : « Logistique de distribution »**

Il y a néanmoins certaines pistes qui peuvent être explorées afin de tendre vers l'excellence opérationnelle. La première étant de travailler sur la mise en place de KPI's plus pertinents et plus représentatifs de la réalité. Par exemple, la satisfaction du client est quantifiée grâce à l'indicateur CSL (Customer Service Level). Ce taux représente le pourcentage de la satisfaction des commandes. Il arrive que certains clients peu exigeants (certains distributeurs notamment) acceptent de réceptionner le parfum « Mesk Ellil » du produit ISIS alors qu'ils ont commandé le parfum « Citron » du même produit. Le CSL considère alors que la commande est satisfaite alors qu'une erreur de chargement a été commise (faute d'une mauvaise lecture du bon de préparation de commande ou d'une erreur de saisie sur SAP).

Il serait également intéressant d'adopter un mode de livraison « j+1 » qui permettrait d'améliorer le planning de distribution, de lisser la charge de travail sur le personnel et de faciliter l'instauration d'un processus de préparation de commande, inexistant jusqu'à présent. Autrement dit, il serait plus intéressant en termes d'organisation de satisfaire les commandes un jour après leur réception, d'autant plus qu'il y a une bonne relation avec les distributeurs.

Par ailleurs, durant les entretiens que nous avons eus avec le personnel de HA, nous avons pu en apprendre davantage sur le contexte dans lequel évoluait la demande et les impacts qu'elle a eus sur les opérations et coûts logistiques, notamment ceux constatés depuis le deuxième semestre de 2015. En effet, il y a deux principaux éléments que nous avons pu dégager :

- Le premier étant la baisse du pouvoir d'achat engendrée, entre autres, par la chute des prix du pétrole et la politique d'austérité instaurée par l'état (baisse de certaines subventions, réduction d'effectifs, etc.) qui ont conduit à la baisse de la consommation et par conséquent à celle des ventes.

- Le second élément est propre à la demande. En effet, plus de 70% des ventes mensuelles sont réalisées durant les 10 derniers jours du mois. Cette discordance entre la production qui est assez régulière et la demande conduit à des fluctuations de stocks qui ne sont pas toujours évidentes à gérer.

Par rapport au problème de la demande énoncé précédemment, différentes voies peuvent être explorées pour mieux réguler les tendances de cette dernière et réduire ainsi les impacts de ses fluctuations.

Une première piste consisterait à renforcer la collaboration entre tous les maillons de la Supply Chain en optant pour l'adoption et la mise en place d'approches collaboratives : CPFR, VMI, ECR. Ces approches permettraient de rationaliser les achats, réduire les délais et les stocks, assurer une meilleure coordination et disponibilité des produits ainsi qu'une meilleure maîtrise des coûts.

Une autre piste que HA explore en ce moment consiste en la mise en place d'un modèle de distribution directe qui serait complémentaire à la distribution indirecte utilisée actuellement. Concrètement, les commerciaux se déplaceraient chez les détaillants et ils saisiraient leurs commandes. Suite à cela et suivant la disponibilité des produits chez le distributeur le plus proche ou l'usine la plus proche, le détaillant serait livré en bonne et due forme. Le modèle de distribution directe peut être intéressant, entre autres, car s'il est combiné au VMI par exemple, on pourra gérer et organiser les stocks des distributeurs en ayant les commandes des détaillants. Cela permettrait de gérer une grande partie des flux avals de la chaîne logistique ce qui conduirait à une réduction des coûts, une meilleure visibilité sur la demande et une amélioration de la performance et de la satisfaction clients.

c. Chapitre 6 : « Stockage »

Le chapitre 6 présente de nombreux dysfonctionnements et des résultats passables avec un score de **23/45**, soit une note globale de **51,1%** et une moyenne par question de **1,53/3**. C'est la moins bonne note obtenue parmi les trois chapitres. Elle reflète une démarche logistique basique. Les résultats de ce chapitre sont illustrés dans la figure et le tableau suivants :

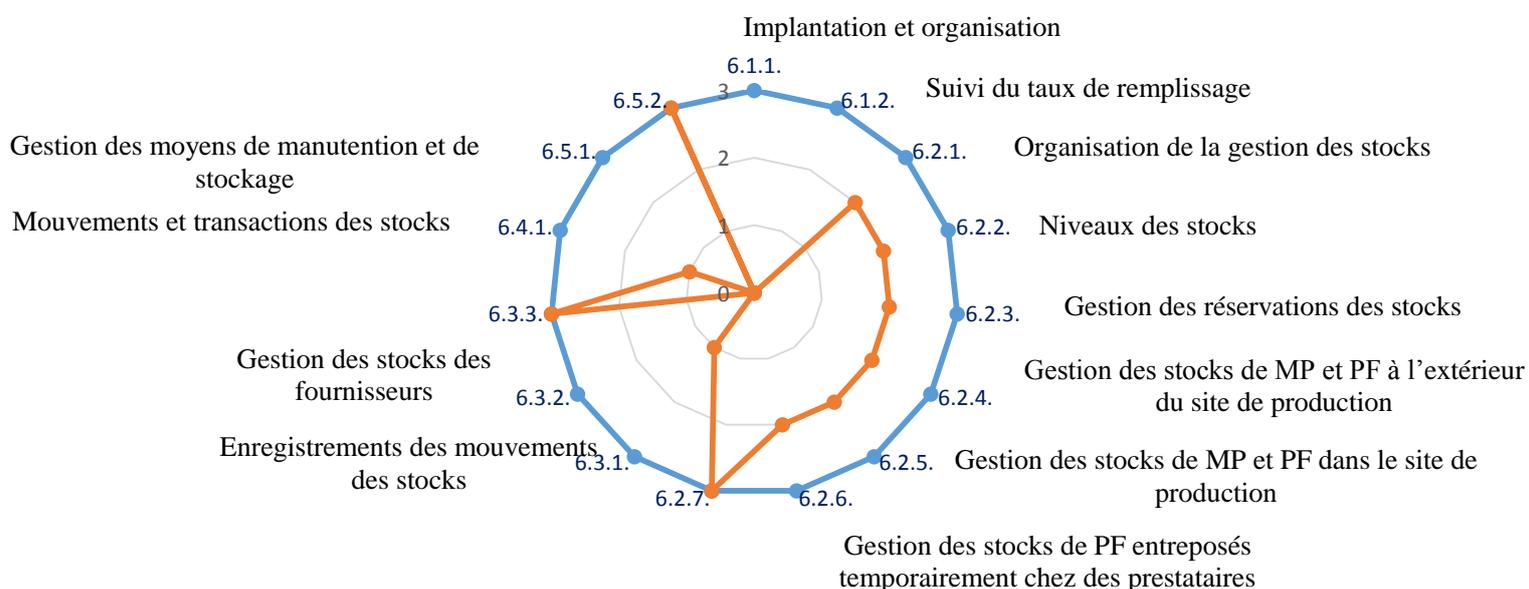


Figure I.11. Graphique des résultats du chapitre 6 « Stockage » (Audit ASLOG)

Tableau I.7. Résultats de l'audit ASLOG (Chapitre 6 : Stockage)

Question	Note	Justification de démerite
6.1. Implantation des plateformes, entrepôts et magasins		
6.1.1. Implantation et organisation	0	Les emplacements sont aléatoires et ne suivent pas de règles précises : FEFO, FIFO, etc.
6.1.2. Suivi du taux de remplissage	0	Les espaces de stockage sont plus que saturés et ce, de façon régulière. On se retrouve à stocker dans des endroits qui ne sont pas prévus à cet effet.
6.2. Gestion des stocks		
6.2.1. Organisation de la gestion des stocks	2	Absence d'une démarche continue volontaire afin d'optimiser la gestion des stocks
6.2.2. Niveaux de stocks	2	Les inventaires effectués permettent de déceler des écarts plus ou moins significatifs entre le stock physique et l'information correspondante sur SAP. L'inventaire annuel est conservé.
6.2.3. Gestion des réservations de stocks	2	Les réservations des stocks et la circulation des flux ne sont pas toujours conditionnées par le système d'information. (Décalage entre le stock réel et les données du SI, coupure de courant, absence de connexion, etc.)
6.2.4. Gestion des stocks de MP et PF à l'extérieur du site de production	2	Des audits réguliers garantissant que la méthode utilisée est la plus adaptée ne sont pas effectués.
6.2.5. Gestion des stocks de PF dans le site de production	2	Le stock zéro ne fait pas partie des objectifs ciblés au départ.
6.2.6. Gestion des stocks de PF entreposés temporairement chez des prestataires	2	Les critères de choix sont revus, mais cela ne permet pas d'assurer une gestion sans cesse améliorée.
6.2.7. Gestion des stocks de PF en consignment chez les clients	3	/
6.3. Activités et aléas		
6.3.1. Enregistrements des mouvements de stocks	1	Absence d'utilisation de moyens automatiques (EDI, code à barres, etc.) et d'une analyse des écarts faite de façon structurée.
6.3.2. Gestion des stocks des fournisseurs	0	Les stocks de matières premières ne permettent pas toujours de faire face aux aléas quels qu'ils soient.
6.3.3 Maintenance des moyens de manutention et de stockage	3	/
6.3.4. Obsolescence des produits et stocks	NA	/
6.4. Personnels		
6.4.1. Mouvements et transactions de stocks	1	Décalage entre les sorties des marchandises et la saisie des informations relatives à ces dernières sur le SI.
6.5. Moyens		
6.5.1. Gestion des moyens de manutention et de stockage	0	Les règles de sécurité ne sont pas respectées (stockage dans les couloirs, absence d'accès aux sorties de secours et extincteurs, etc.)
6.5.2. Emballages et conditionnements	3	/
	Total chapitre	
	23/45	
	« Stockage »	
	51,1%	

- **Justification des résultats : « Stockage »**

Les résultats obtenus s'expliquent principalement par des espaces de stockage surchargés notamment au site de REG qui dispose de la plus petite capacité de stockage (## palettes) et dont l'usine a la plus grande capacité de production, sans parler bien entendu des flux échangés quotidiennement avec les autres sites (en moyenne ## camions envoyés vers les autres sites et ## camions provenant de ces derniers). Ce manque d'espaces de stockage dans la région Centre, accompagné d'une augmentation de la capacité globale de production depuis ces dernières années et d'une baisse significative des ventes durant le dernier trimestre de 2015 ont poussé HA à louer en urgence deux autres entrepôts situés respectivement à HAM (loué en juillet 2015, d'une capacité de ## palettes) et KEK (loué en janvier 2016, d'une capacité de ## palettes). Une brève analyse de l'évolution des stocks des entrepôts de REG et de KEK à partir des données dont nous disposons ont démontré que les quantités stockées étaient quasi-constamment supérieures à la capacité de l'entrepôt (voir figures 12 et 13) et ce, malgré la récente acquisition de deux nouveaux entrepôts dans la région Centre. L'évolution des stocks pour les entrepôts de KEK et REG est illustrée ci-dessous :

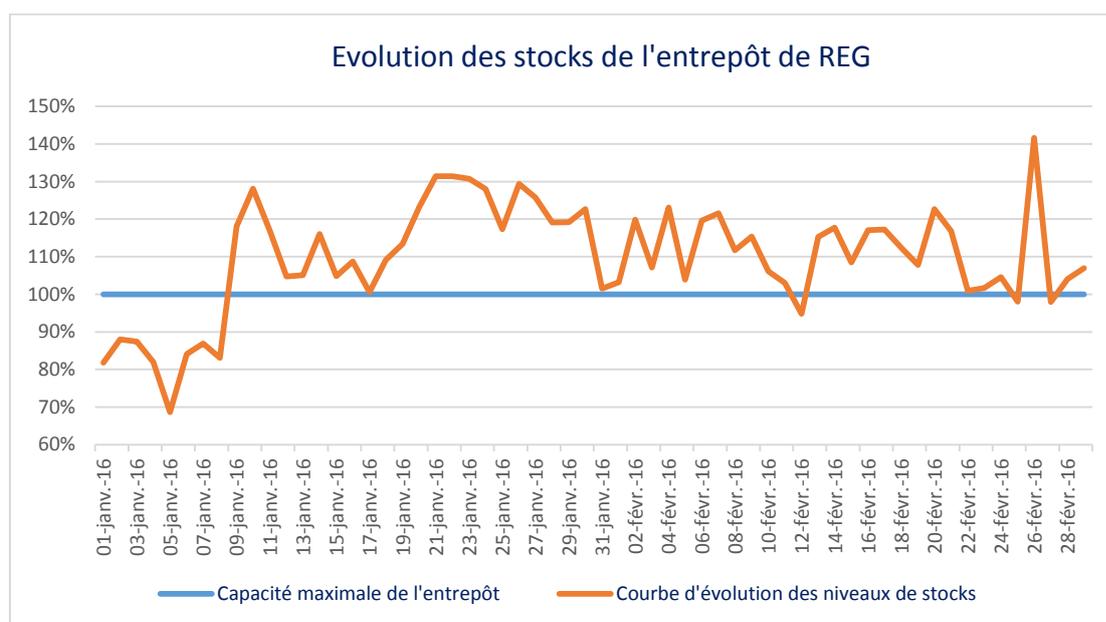


Figure I.12. Évolution des niveaux de stocks de l'entrepôt de REG

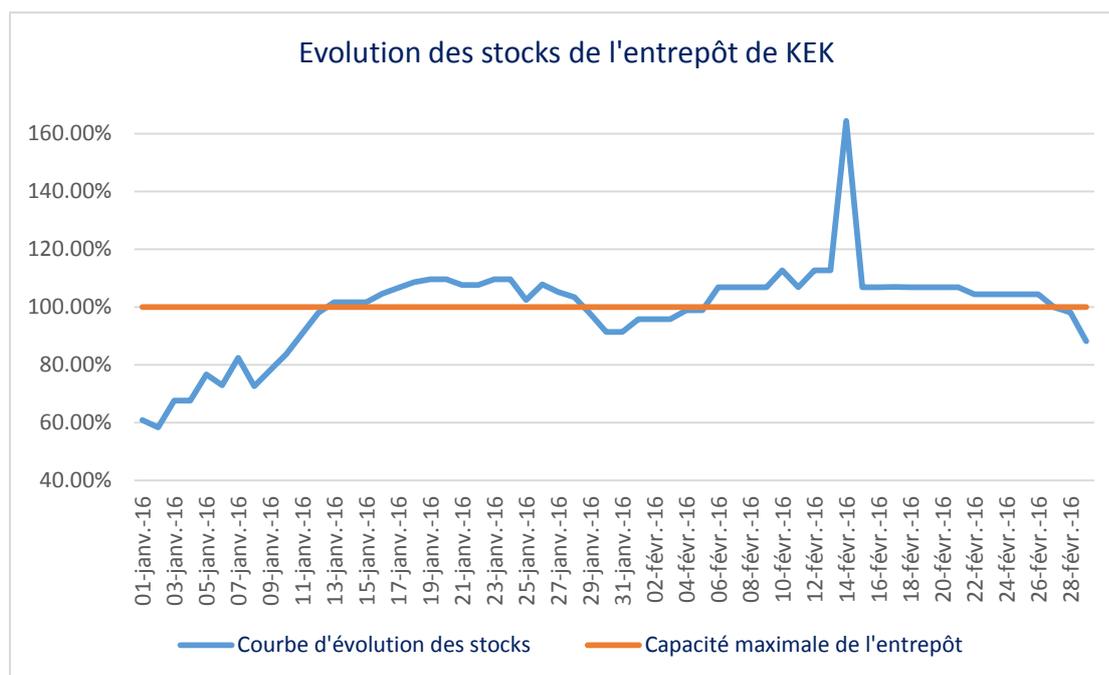


Figure I.13. Évolution des niveaux de stocks à l'entrepôt de KEK

Cette saturation de l'espace de stockage, la complexité des flux et le fait de devoir satisfaire des commandes passées le jour même a des conséquences néfastes sur l'ensemble des processus liés au stockage.

En effet, les règles de sécurité sont bafouées (stockage dans les couloirs, absence d'accès aux sorties de secours et aux extincteurs, risques de collision des chariots élévateurs lors du chargement/déchargement de la marchandise). De plus, les règles d'allocation des espaces de stockage aux différents produits ainsi que les règles FEFO (First Expired First Out) ne sont pas respectées.

Par ailleurs, la charge de travail est concentrée durant l'après-midi, du fait des commandes passées et devant être satisfaites le jour même. Cela met le personnel sous pression et conduit à différentes erreurs. On peut citer les erreurs dues à une mauvaise lecture du bon de préparation de commande, des erreurs lors de la saisie sur SAP, un contrôle de la marchandise qui n'est pas toujours très fiable, des palettes malmenées par moment, etc. Cette charge de travail est d'autant plus importante que le site de REG ne dispose que d'un nombre minime de quais (## quais utilisables sur ## seulement) sachant qu'il doit charger/décharger en moyenne ## camions/jour et qu'un chargement/déchargement dure environ **30min** pour les camions **20T**, **20min** pour les camions **10T** et **5 à 10 min** pour les fourgons de **2.5T**. Certains camions se retrouvent ainsi immobilisés car ils n'ont pas été chargés/déchargés à temps ce qui engendre des pénalités et par conséquent des coûts que HA subit.

Enfin, les transactions concernant les transferts intersites sont tardivement reportées sur le système ou sont même parfois effectuées hors SAP. Cela est principalement dû à un manque de temps et au fait de devoir libérer de l'espace en urgence et de devoir envoyer la marchandise aux autres sites. D'autres causes peuvent être évoquées telles que l'absence de connexion ou encore les coupures d'électricité. Il est également à noter que la saisie des informations

concernant les quantités produites n'est effectuée qu'une fois par jour sur SAP, ce qui ne permet pas une traçabilité et un suivi en temps réel. Tout cela conduit à des écarts significatifs entre le stock physique et les données sur système et ce, malgré les inventaires effectués tous les 3 mois et le reporting journalier sur l'état des stocks.

- **Pistes d'amélioration : « Stockage »**

De nombreuses pistes peuvent être explorées afin de pallier à ces problèmes. La première étant de réévaluer les besoins en termes de capacité de stockage, les besoins matériels et humains en se basant sur différents paramètres tels que les prévisions de ventes, la capacité de production (par produit et par usine), la disponibilité et la rotation des produits sur les autres sites, la demande, les fréquences de chargement/déchargement, etc.

Le deuxième point consistera en la mise en place d'une politique de gestion des stocks appropriée avec une allocation des espaces de stockage, révisée périodiquement. Cette dernière serait accompagnée d'une analyse approfondie des dysfonctionnements détectés (surstocks, ruptures de stocks, etc.) pour détecter les « Root Causes ».

La troisième piste d'amélioration consisterait à rénover et rouvrir les quais de chargement/déchargement pour désengorger le flux et permettre une circulation plus efficace de ce dernier.

La dernière piste d'amélioration vise à réduire au mieux les écarts constatés entre SAP et la réalité. Elle consiste à former et à sensibiliser davantage le personnel aux différents gestes à adopter pour veiller au respect des normes de sécurité et éviter les erreurs. On pourrait également opter pour l'acquisition d'un module WMS (Warehouse Management System) dont les bienfaits seraient considérables : exactitude des données garantie, traitement de plusieurs commandes en même temps, limitation des déplacements inutiles dans l'entrepôt, gestion des documents relatifs à chaque procédure, etc. Enfin, il serait fortement conseillé d'augmenter la fréquence de mise à jour des données relatives aux quantités produites sur SAP qui ne se fait actuellement qu'une seule fois par jour et ce, dans le but d'avoir un suivi en temps réel des flux circulant entre la production et le magasin de stockage (effectuer cette tâche au moins à chaque rotation des équipes).

I.4.3. Synthèse de l'audit ASLOG

Les résultats de notre évaluation suivant les 3 chapitres sur lesquels a porté notre étude sont présentés dans la figure et tableaux suivants :

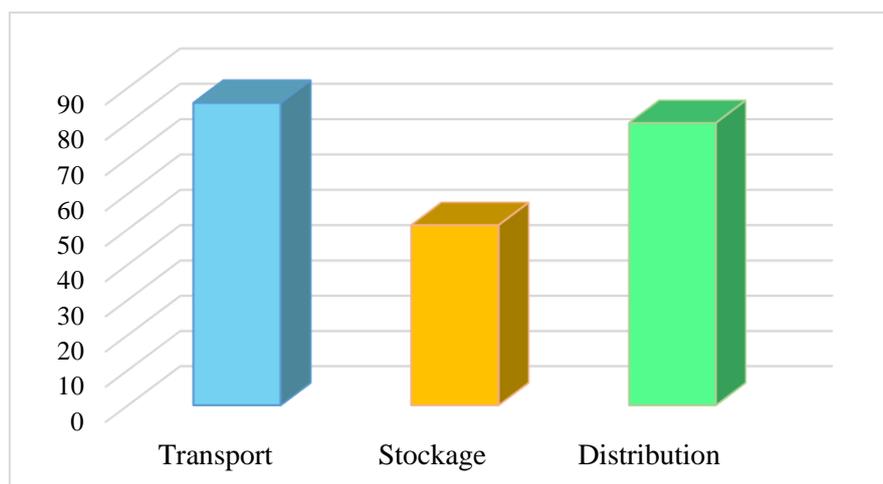


Figure I.14. Résultat global de l'audit logistique ASLOG

Tableau I.8. Résultat global de l'audit logistique ASLOG

Chapitre	Résultats	Evaluation de la performance	Démarche logistique
Transport	85,7 %	Excellente	Démarche d'amélioration continue ou d'excellence
Stockage	51,1 %	Passable	Démarche basique, fondamentale
Logistique de distribution	80 %	Bonne	Démarche de progrès
Note totale			72,27 %

Tableau I.9. Statistiques de l'audit logistique

Notes	Chapitre 5	Chapitre 6	Chapitre 7	Total
0	0%	26.67%	5.56%	10.74%
1	14.29%	13.33%	0%	9.21%
2	14.29%	40%	16.67%	23.65%
3	71.43%	20%	77.78%	56.40%

L'audit ASLOG effectué au sein du département Planning & Logistics nous a permis de déceler un certain nombre de dysfonctionnements pour lesquels nous avons proposé de potentielles solutions. Le tableau suivant récapitule cela :

Tableau I.10. Synthèse de l'audit ASLOG

Problèmes	Éventuelles solutions
Le manque d'espaces de stockage qui cause des dépassements sur certaines normes de sécurité de l'entrepôt et le non-respect de règles de gestion de stocks (le stockage par produit, FEFO... ne peuvent être respectés)	<ul style="list-style-type: none"> • Réévaluer les besoins en espaces de stockage après avoir effectué une étude qui prenne en compte, entre autres, les prévisions de ventes, la production par produit et la disponibilité dans les autres sites. • Mettre en place une politique de gestion des stocks appropriée avec une allocation des espaces de stockage, révisée périodiquement
Écarts entre les données du système et le réel concernant les transferts intersites et les transferts en interne (production-entrepôt)	<ul style="list-style-type: none"> • Acquérir un WMS (Warehouse Management System) pour une meilleure traçabilité des flux de produits et une minimisation des erreurs grâce au système de code à barres par exemple. • Augmenter la fréquence de mise à jour sur SAP des quantités produites et ce, dans le but de réduire le transfert hors système (Si un produit est présent physiquement mais pas encore sur SAP, la logistique se voit parfois dans l'obligation de le transférer vers les autres sites pour dégager le surstock et cela se fait hors système forcément). • Améliorer les réseaux internet et électrique de l'entreprise.
Erreurs de chargement	<ul style="list-style-type: none"> • Former et sensibiliser le personnel (magasinier, manutentionnaire, transporteur, etc.) aux gestes à adopter pour éviter les erreurs de chargement (erreurs dans la lecture du bon de préparation, erreurs dans la saisie sur SAP, etc.) • Effectuer une analyse des dysfonctionnements de façon régulière pour détecter les « root causes »
Manque de pertinence de certains KPI	<ul style="list-style-type: none"> • Revoir la façon dont le CSL est calculé afin de faire apparaître les erreurs de livraison et d'avoir des résultats plus fidèles à la réalité.
Absence d'application du processus de préparation de commande	<ul style="list-style-type: none"> • Allouer un espace dédié à la préparation de commande. • Travailler en mode j+1 pour avoir suffisamment de temps pour planifier toutes les commandes de la journée en termes de ressources. • Réévaluer les besoins en termes de ressources humaines et matérielles régulièrement (chariots élévateurs, magasiniers, etc.)
Existence de goulots au niveau des quais de chargement/déchargement	<ul style="list-style-type: none"> • Rénover les quais de chargements pour une meilleure utilisation. Exemple : cas de mauvaise météo. • Rouvrir les autres quais de chargement/déchargement et s'assurer de la disponibilité des ressources humaines et matérielles dédiées à cette fonction.
Surcharge de travail vers l'après-midi	<ul style="list-style-type: none"> • Travailler en mode j+1 : c'est-à-dire livrer les commandes un jour après leurs réceptions dans le but d'étaler et de lisser la charge de travail sur les deux shifts (de 6h à 14h et de 14h à 22h). Pour cela, une collaboration avec la direction commerciale est primordiale.
Instabilité de la demande et manque de collaboration entre les différents acteurs de la supply chain	<ul style="list-style-type: none"> • Opter pour les approches collaboratives : CPFR, VMI, ECR, etc. Ces approches permettront de rationaliser les achats, réduire les délais et les stocks, assurer une meilleure coordination et disponibilité des produits ainsi qu'une meilleure maîtrise des coûts.

I.5. Discussion : Énoncé de la problématique

L'audit et nos différents entretiens nous ont permis de déceler de potentiels axes d'amélioration. Le dysfonctionnement qui a le plus retenu notre attention étant le manque d'espace de stockage et ce, pour différentes raisons. La première est que d'importants processus, procédures et autres mesures, faisant pourtant partie des « best practices » de HA ne sont pas appliqués à cause de cela. De plus, l'instabilité croissante de la demande et l'importante baisse des ventes qu'a connues HA depuis fin 2015 l'a poussée à louer à la hâte deux entrepôts supplémentaires. Cette location, supposée provisoire ne fait que se prolonger dans le temps d'autant plus que l'impact sur les coûts logistiques se fait ressentir et le problème de stockage persiste.

En prenant en compte la décision de HA de fermer l'usine et l'entrepôt de AT, comme indiqué dans le contexte du projet, nous avons jugé intéressant de proposer une nouvelle configuration du réseau de distribution tout en essayant de pallier au problème d'espaces de stockage. En effet ce problème est à l'origine de nombreux dysfonctionnements qui pourraient être réglés par une réévaluation des besoins en termes de capacités de stockage tout en essayant d'optimiser l'ensemble des coûts logistiques.

Ceci nous a menés à nous poser les questions suivantes :

- Compte tenu de la situation actuelle, quelle serait la stratégie à adopter concernant le nombre, la capacité et la localisation des entrepôts dans les régions Centre et Ouest ?
- Quelle incidence la centralisation ou la décentralisation aurait-elle sur les coûts logistiques ?
- Y a-t-il un compromis à trouver entre ces deux stratégies qui répondrait aux besoins et exigences de HA ?

Par ailleurs, une fois que ces questions seront traitées, se posera alors celle de « faire » ou de « faire faire ». En effet, HA a jugé intéressant d'étudier la possibilité d'externaliser tout ou une partie de ses opérations logistiques (voir : Contexte du projet page 28) pour pouvoir se consacrer exclusivement au cœur de son métier.

Par conséquent, l'apport de notre travail consistera à traiter tous ces éléments en prenant en compte les besoins de HA. Ce travail sera composé de deux parties principales :

- Dans la première partie, nous traiterons des questions de centralisation/décentralisation, de capacité et de localisation d'entrepôts. Pour ce faire, nous traiterons différents cas avec un calcul détaillé des coûts logistiques associés. Suite à cela, nous nous concerterons avec le Head of Planning & Logistics pour retenir la meilleure solution.
- Une fois la première partie achevée, nous travaillerons sur la piste d'externalisation que HA souhaite explorer en procédant au calcul de différents paramètres relatifs au stock qui devront être pris en compte dans la rédaction du cahier des charges. Par la suite, nous développerons un outil d'aide à la décision multicritère pour la classification des critères de sélection du meilleur prestataire 3PL et ce, par le biais de la méthode Analytic Network Process (ANP).

Le schéma suivant présente l'approche avec laquelle nous avons traité la problématique relative à HA. Cette dernière sera développée dans les chapitres III et IV :

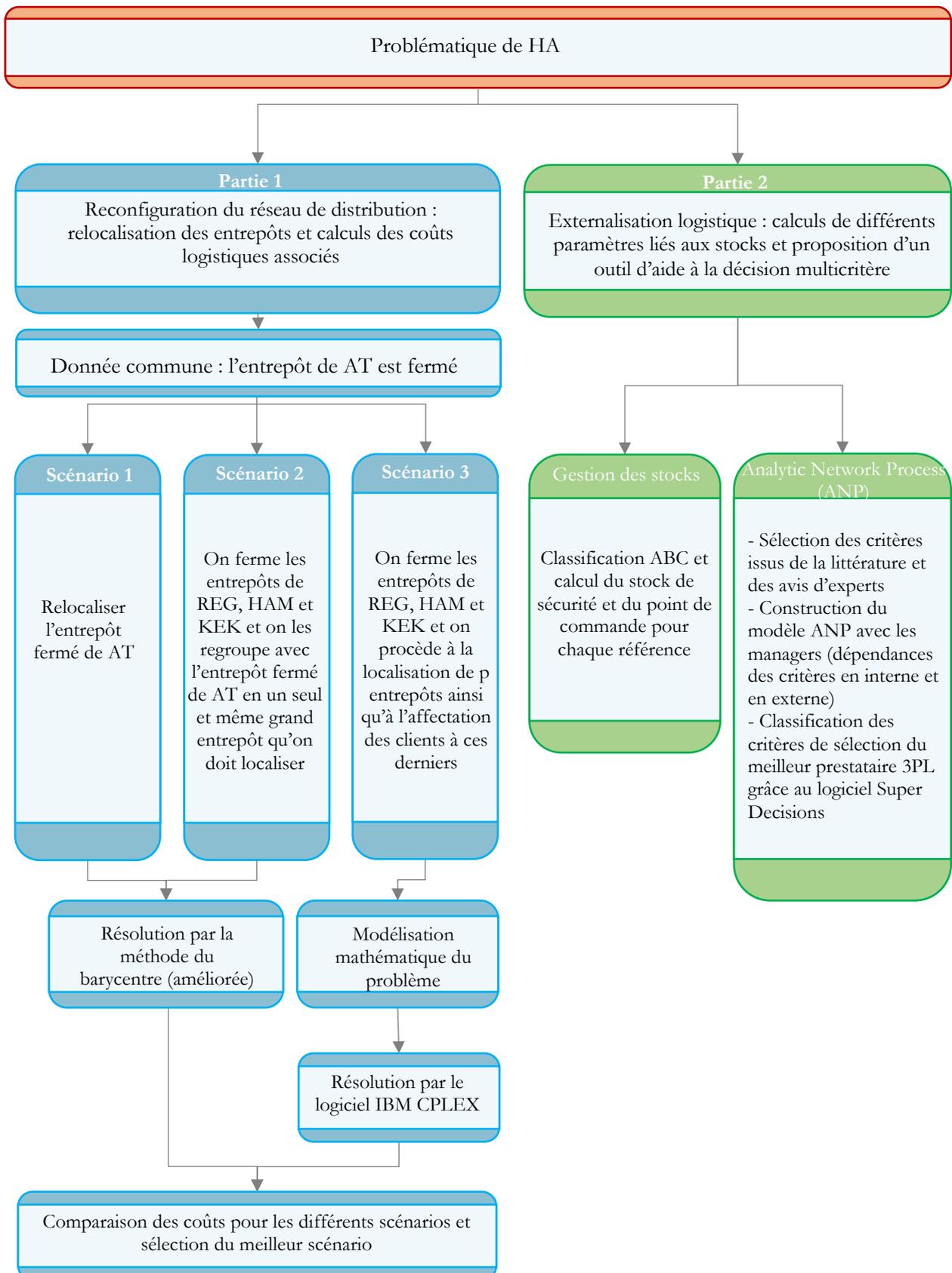


Figure I.15. Approche globale adoptée dans le projet

Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons présenté les activités de Henkel Algérie et l'organisation du département Planning & Logistics. Par la suite, nous avons effectué un audit logistique ASLOG afin d'évaluer l'état des lieux de la supply chain avale de Henkel Algérie. De là, nous avons proposé des axes d'amélioration et nous avons pu poser la problématique qui sera traitée tout au long de ce projet.

Afin de résoudre notre problématique, une revue de littérature sur les travaux traitant de la même problématique est primordiale. C'est l'objet du prochain chapitre.

CHAPITRE II : ETAT DE L'ART

« La science consiste à passer d'un étonnement à un autre »

Aristote

Introduction

La conception d'un réseau de distribution est une décision stratégique pour toute entreprise se voulant être compétitive. Cette problématique, étant complexe, a suscité l'intérêt de plusieurs scientifiques et professionnels. Par conséquent, ce présent chapitre va faire l'objet de fournir des notions élémentaires et des concepts théoriques tirés de notre revue de littérature.

La première section comprendra des généralités sur le Supply Chain Management, son importance et ses enjeux.

Dans la deuxième section nous préciserons les principes généraux liés à la conception d'un réseau de distribution puis nous exposerons quelques méthodes et modèles de localisation-allocation qui existent actuellement. De plus, nous présenterons brièvement des notions concernant la gestion de stock dans un entrepôt.

Dans la dernière section, nous aborderons des notions relatives à l'externalisation logistique, notamment les critères de sélection du meilleur prestataire 3PL. Nous y définirons également la méthode d'aide à la décision multicritères que nous allons appliquer, à savoir l'Analytic Network Process (ANP).

II.1. Généralités sur le Supply Chain Management

Dans un contexte économique volatil, la globalisation des échanges, l'instabilité des marchés et les profondes transformations que connaissent actuellement les habitudes de consommation sont autant de facteurs de mutation de la Supply Chain, dont la maîtrise représente aujourd'hui plus que jamais un enjeu essentiel pour les entreprises.

Longtemps, la réduction des coûts a primé dans les décisions d'organisation logistique. Mais la chaîne logistique se complexifie et de nouveaux impératifs émergent désormais. Les entreprises expriment des besoins décuplés pour davantage de visibilité et de collaboration le long de leur Supply Chain. Dans ce qui suit, nous allons présenter des notions, définitions et concepts relatifs au Supply Chain Management.

II.1.1. Définitions de la Supply Chain

Concept relativement récent, la Supply Chain est souvent définie comme « la suite des étapes de production et distribution d'un produit depuis les fournisseurs des fournisseurs du producteur jusqu'aux clients de ses clients » [Site 1].

Plusieurs définitions sont également attribuées à la Supply Chain, notamment :

- Ensemble de trois entités (ou plus) directement impliquées par des flux, amonts et avals, de produits, de services, financiers, et/ou d'informations depuis la source jusqu'au consommateur » (Mentzer & al, 2001, p.03)
- Ensemble des parties impliquées, directement ou indirectement, dans la satisfaction de la demande d'un client (Chopra & Meindl, 2007, p. 03)
- Réseau d'organisations impliquées, à travers des liens amonts et avals, dans différents processus et activités qui génèrent de la valeur dans la forme de produits et de services délivrés au consommateur final (Christopher, 2011, p. 04)
- Réseau dynamique et séquentiel d'entreprises autonomes allant du premier fournisseur jusqu'au client final. Celles-ci sont reliées par des flux en amont et en aval (physiques, informationnels, financiers, de connaissances et relationnel) dans le but de satisfaire le client par une meilleure coordination et intégration, mais aussi par une plus grande flexibilité et réactivité (Zouaghi, 2013, p.59)

Mais en dépit du grand nombre de définitions concernant la Supply Chain, la majorité des définitions s'accordent sur la notion de liaison des entreprises pour former un réseau interagissant par les différents types de flux générant de la valeur, du premier fournisseur jusqu'à l'utilisateur final, comme l'illustre la figure suivante :

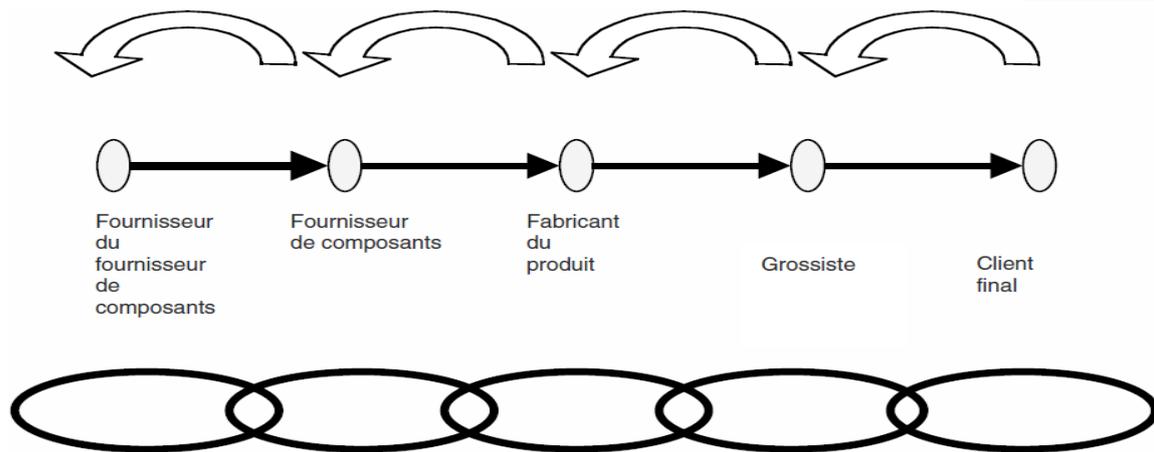


Figure II.1. Représentation schématique de la Supply Chain (Pimor & Fender, 2008, p. 06)

II.1.2. Définitions du Supply Chain Management

Il n'y a pas encore très longtemps, les consultants et les académiciens ne voyaient pas vraiment en quoi diffère le Supply Chain Management du management de la logistique contemporain défini par le Council of Logistics Management (CLM) en 1986. Cette confusion est due au fait que la logistique est généralement une fonction en entreprise alors que le Supply Chain Management est un concept bien plus grand que la simple gestion du matériel. Cette confusion est similaire au concept marketing et la fonction (département) marketing en entreprise. En 1998, le CLM a annoncé que le management de la logistique n'est qu'une partie intégrante du Supply Chain Management (Lambert & Cooper, 2000).

Nous pouvons citer plusieurs définitions du Supply Chain Management :

- « Le SCM est la coordination systémique et stratégique des fonctions traditionnelles de gestion au sein d'une entreprise en particulier et à travers les entreprises au sein de la SC, afin d'améliorer la performance à long terme des entreprises individuelles et la SC dans son ensemble » (Mentzer, 2004, p. 03)
- Enfin, il peut être défini comme étant « l'intégration des processus opérationnels clés depuis l'utilisateur final jusqu'aux fournisseurs originaux de produits, de services et d'informations qui apportent une valeur ajoutée aux clients et aux autres parties prenantes » (Lambert & al, 2008, p.05)
- « Le Supply Chain Management est une réflexion globale de l'organisation pour augmenter sa flexibilité, réactivité et proactivité. Le consensus se fait clairement sur les leviers que sont les prévisions/planification et gestion des stocks (elle-même asservie aux prévisions) afin de rendre l'entreprise plus efficace, lean et efficiente. » (Lecoeuvre, 2011, p. 02).

Le SCM comprend également la coordination et la collaboration avec les partenaires du canal, qui peuvent être les fournisseurs, les intermédiaires, les tiers fournisseurs de services et les clients (Council of Supply Chain Management Professionals - CSCMP, 2010). Il intègre également la gestion multi-échelons de la demande et des prévisions, de celle des stocks et des approvisionnements, du transport et de la distribution, des flux de production, la gestion des

implantations, la synchronisation des flux ascendants et descendants, la gestion de l'information, etc. Ceci en tenant compte des contraintes de développement durable et de responsabilité sociale dans l'environnement concerné (Zouaghi, 2013).

À partir des définitions citées ci-dessus, nous pouvons dire que le SCM est une fonction d'intégration avec comme responsabilité principale de relier des fonctions et des processus d'affaires importants au sein et entre les entreprises dans un modèle d'affaires cohérent et hautement performant, comme le montre le schéma suivant :

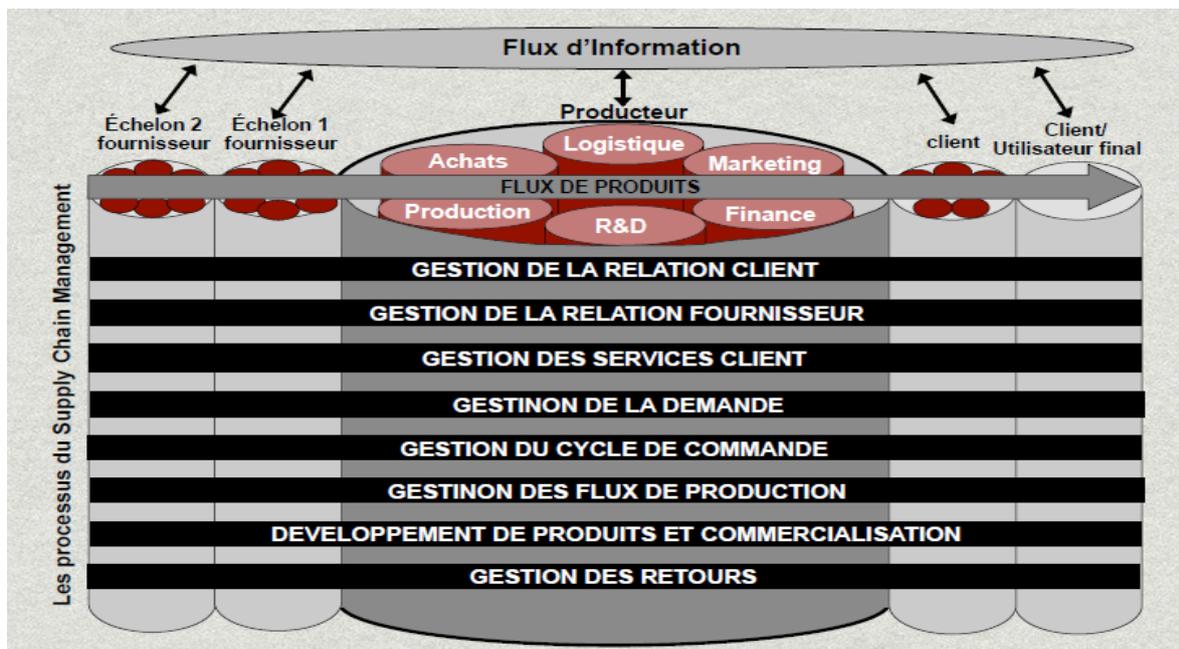


Figure II.2. SCM: Intégration et management des processus à travers la Supply Chain (Lambert & al, 2008, p.03)

II.1.3. Objectifs et enjeux du Supply Chain Management

Le but du SCM est de :

- Satisfaire le client et les autres parties prenantes
- Créer de la valeur
- Construire une infrastructure compétitive
- Synchroniser l'offre et la demande

II.1.4. Les décisions relatives au management de la Supply Chain

II.1.4.1. Les niveaux de décision :

Les niveaux de décisions relatives au SCM sont catégorisées selon l'horizon, à savoir le :

- Niveau stratégique : Il englobe les décisions qui concernent l'ensemble de l'entreprise et l'engagent à long terme. Ce type de décisions est pris par le Top Management.
- Niveau tactique : il concerne une entité de l'entreprise (un atelier de production) et englobe les décisions à moyen terme qui sont prises par les encadrements supérieurs.
- Niveau opérationnel : Il englobe les décisions relatives au fonctionnement de la chaîne au quotidien et qui sont confiées aux exécutants.

II.1.4.2. Les macro-processus du Supply Chain Management

Les décisions de l'entreprise sont principalement associées à l'un des 4 macro-processus du Supply Chain Management, à savoir le processus d'achats et d'approvisionnement, processus de production, processus de distribution et enfin le processus de ventes.

À chaque niveau de planification, un ensemble de décisions doit être pris à chaque composant de la chaîne logistique (approvisionnement, production, distribution, vente) pour satisfaire le client. La figure suivante montre les décisions prises aux différents niveaux hiérarchiques pour chacun des macros processus du Supply Chain Management.

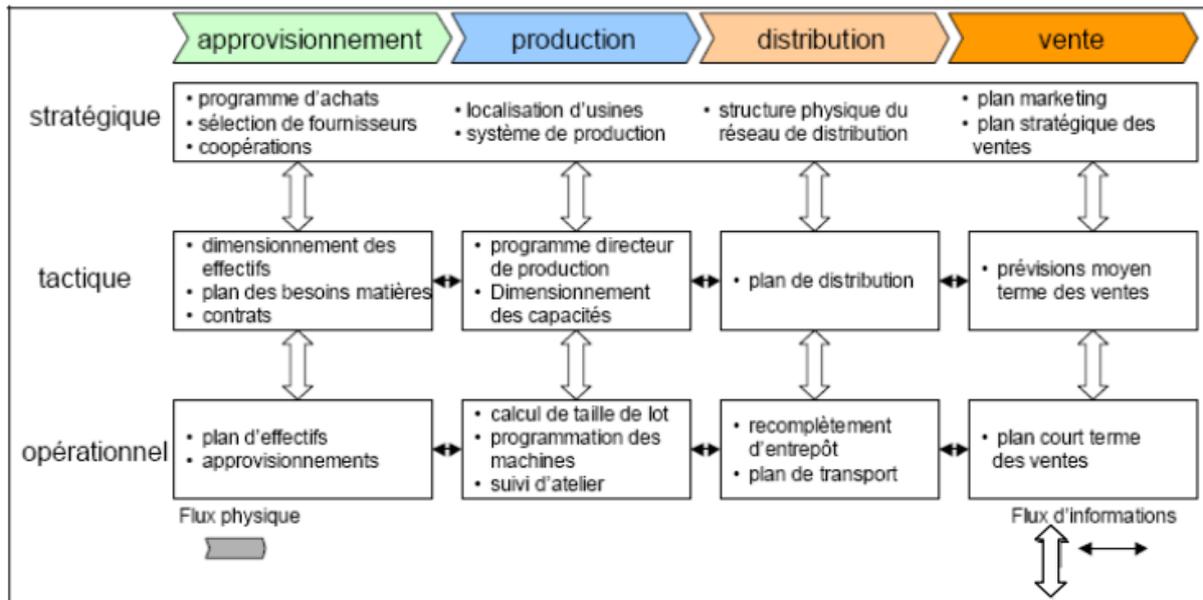


Figure II.3. Matrice de planification de la Supply Chain (Pernot, 2013)

II.2. L'entrepôt, maillon important de la Supply Chain

Structurer les réseaux de distribution est un processus décisionnel très complexe. Les données d'entrées d'un tel processus consistent en un ensemble de clients à desservir, un ensemble de produits à fabriquer et à distribuer, des prévisions de la demande à prendre en compte, des flux informationnels à maîtriser, des coûts (production, transport, stockage, etc.) et des ressources (capacité, personnel, matières premières, etc.) à intégrer. En considérant ces données d'entrée, les firmes décident de la localisation de leurs installations (usines, entrepôts, distributeurs, etc.), de la façon dont l'approvisionnement et la production s'effectueront et la manière avec laquelle le transport de ces produits vers les clients aura lieu et ce, dans le but de satisfaire leurs demandes (Melo & al, 2008). Ce sont des décisions d'autant plus complexes qu'interdépendantes et qui doivent faire l'objet d'une attention particulière et d'une approche globale. Dans le cadre de notre travail, les décisions auxquelles nous nous sommes intéressées sont le choix de la localisation et du nombre d'entrepôts, leurs capacités de stockage et leurs affectations aux différents clients et ce, en prenant en considération les avantages et les inconvénients de chaque configuration potentielle.

II.2.1. Principes généraux de structuration logistique et d'entreposage

L'entrepôt est un lieu de stockage qui accueille tous types de produits, tout en répondant à des règles strictes. Il permet de tenir à disposition les différentes ressources dont a besoin une entité à tout moment (avant, pendant et après la production). Les avantages peuvent être non seulement économiques (optimisation des coûts logistiques) mais aussi concurrentiels (positionnement par rapport à un marché, forte réactivité ou respect des délais) (Roux, 2008). Le choix du nombre d'entrepôts et leurs localisations sont des décisions stratégiques qui ont un impact sur les opérations et coûts logistiques et ce, sur le long terme. C'est pourquoi un certain nombre de facteurs qualitatifs et quantitatifs doivent être pris en compte.

Gonda Tozay (2011) a rapporté en référence aux travaux de Rodrigue (1998) que ces critères sont divisés en 3 catégories :

- **Le site** : il regroupe un ensemble de caractéristiques micro-géographiques telles que la disponibilité du terrain, la qualité de vie, le niveau et la nature de la connexion aux réseaux de transport (routiers, ferroviaires, etc.). Ces caractéristiques influencent principalement les coûts associés à la location.
- **L'accessibilité** : cela inclut un ensemble de facteurs d'opportunité liés à une localisation tels que la main d'œuvre (salaires, disponibilité et niveau de qualification), les matériaux (matières premières par exemple), le marché (local, régional et international), l'accessibilité et la proximité par rapport aux fournisseurs et aux clients.
- **L'environnement socio-économique** : il regroupe un ensemble de caractéristiques macro-géographiques telles que la fiscalité, les risques d'investissements, les subventions diverses, les réglementations en vigueur et la technologie. Le rôle et l'importance de chacun de ces facteurs dépendent de la nature de l'activité de l'entreprise.

La prise de décision et la résolution du problème passe par la formalisation de toutes les fonctions de coûts concernées et par la connaissance de leur évolution en fonction du nombre d'entrepôts. Nous distinguons différents coûts (Baglin & al., 2005) :

- Coût de transport entrepôts-clients : si l'on augmente le nombre d'entrepôts, chaque client devient de plus en plus proche d'un entrepôt et la distance de livraison diminue ainsi que le coût de transport.
- Coût de transport usines-entrepôts : le coût d'approvisionnement des entrepôts à partir des usines reste à peu près stable avec l'augmentation de leur nombre, jusqu'au moment où ce nombre ne permet plus de bénéficier des conditions tarifaires de transport en wagons ou camions complets. À partir de cet instant, les coûts unitaires augmentent rapidement au fur et à mesure que le flux à livrer diminue.
- Frais financiers : ils évoluent proportionnellement à la valeur en stock. Pour une qualité de service client donnée, lorsque le nombre d'entrepôts augmente, la quantité stockée au total augmente également. D'une part, parce que la présence de coûts fixes (de

production ou de transport) impose aux logisticiens d'approvisionner les entrepôts avec des quantités qui peuvent être supérieures à leurs besoins immédiats. D'autre part, car on conçoit aisément que plus les marchés sont larges et plus les fluctuations aléatoires se compensent les unes les autres, permettant des stocks limités. Et donc, à contrario plus les entrepôts desservent des régions limitées, plus leur nombre augmente et plus les stocks de sécurité vont devenir importants. La figure suivante montre l'évolution de divers coûts logistiques en fonction du nombre d'entrepôts :

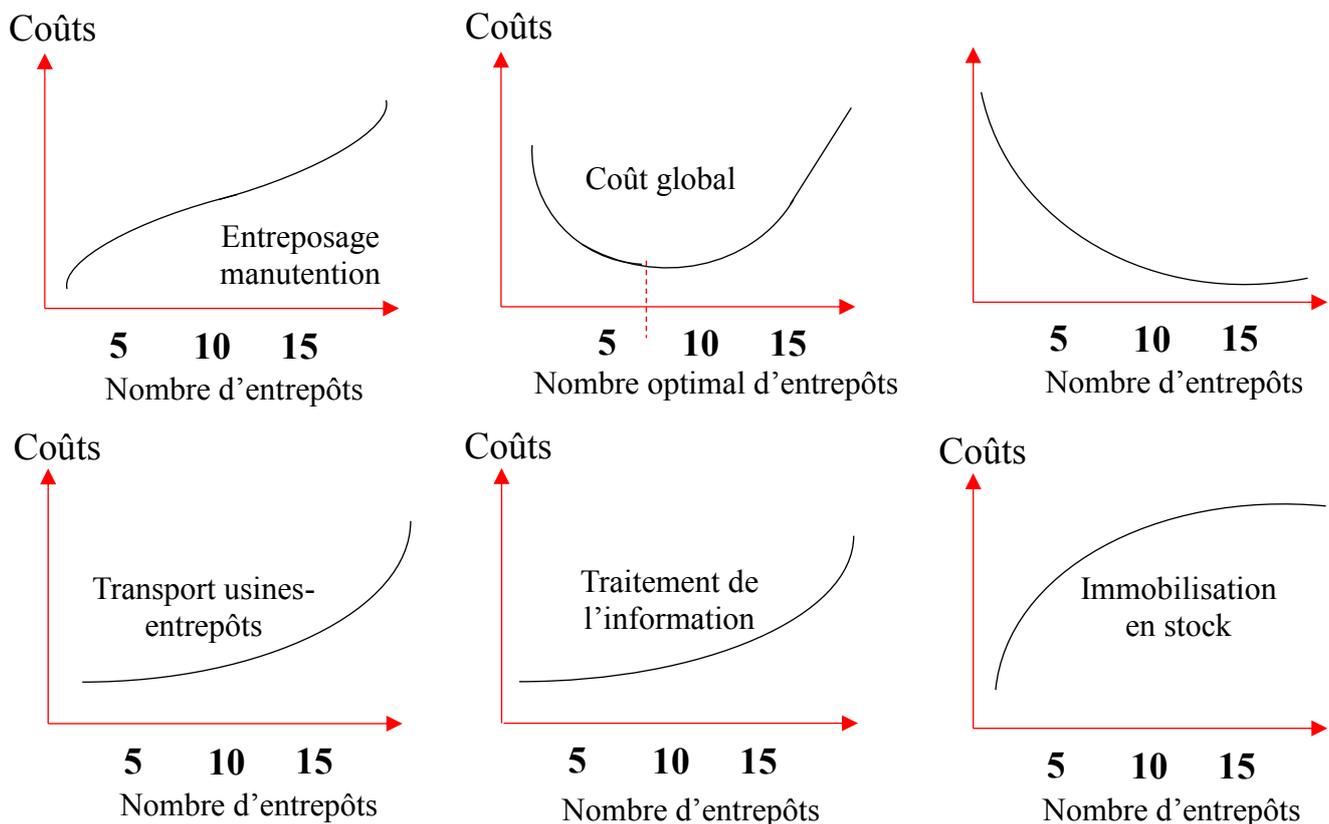


Figure II.4. Les divers coûts logistiques en jeu (Baglin & al, 2005)

Les décisions de centralisation-décentralisation peuvent aussi influencer sur d'autres critères tels que la réactivité. En effet, plus on tend vers la centralisation, plus les délais de livraisons seront susceptibles d'augmenter, ce qui augmente le risque de retard et diminue la capacité de l'organisation à faire rapidement face aux changements de la demande. De ce fait, le niveau de service pourrait se voir diminuer pour différentes raisons telles que la circulation ou encore les intempéries.

II.2.2. Les problèmes de localisation-allocation des entrepôts

Les décisions de localisation des installations sont essentielles pour l'efficacité et la réactivité d'une SC. Un placement d'usine ou d'entrepôt non adéquat peut engendrer des coûts excessifs et une dégradation de la qualité de service peu importe les politiques de stockage, de transport et le partage d'information mis en place. Nous allons donc présenter ci-dessous les différents

paramètres et modèles qui permettent de traiter les problèmes de localisation-allocation des installations.

II.2.2.1. La méthode du barycentre

La méthode du barycentre est utilisée en logistique pour déterminer l'emplacement d'une usine, d'un entrepôt ou d'une plateforme de distribution unique qui permettra de minimiser les coûts de distribution vers les différentes destinations.

La méthode du barycentre utilise une carte portant les emplacements des destinations.

• Détermination du barycentre

Les coordonnées du barycentre s'obtiennent en sommant les coordonnées pondérées de chaque site et en les divisant par la somme des pondérations.

Autrement dit :

$$\text{L'abscisse du barycentre } (\bar{X}) = \frac{\sum_i X_i Q_i}{\sum_i Q_i} \quad (1)$$

$$\text{L'ordonnée du barycentre } (\bar{Y}) = \frac{\sum_i Y_i Q_i}{\sum_i Q_i} \quad (2)$$

Où : X_i et Y_i représentent les coordonnées du site i et Q_i représente la pondération du site i (Mattiuzzo, 2008).

• Facteurs de pondération

Le principe de la méthode est de minimiser le coût global de distribution. Il faut donc trouver une pondération qui exprime les différents facteurs influents sur ce coût de distribution. Parmi ces facteurs, on trouve :

- Des quantités, des volumes ou masses à livrer.
- Des distances à parcourir, sachant qu'une part des coûts est proportionnelle à la distance parcourue.
- Frais annexes tels que les frais des péages autoroutiers.
- Autres.

Ces facteurs sont généralement convertibles en unités monétaires. On peut également raisonner en indice si on incorpore des notions qualitatives ou des contraintes telles que le taux de service exigé sur un site ou encore les restrictions horaires pour la livraison (Hohmann, 2014)

• Les hypothèses du modèle

La méthode du barycentre est simplificatrice car elle retient les hypothèses suivantes :

- Les coûts de distribution sont une fonction linéaire de la distance et de la quantité.
- Les quantités à expédier à chaque destination sont supposées fixes ou tout au moins leurs proportions restent fixes (Hohmann, 2014).

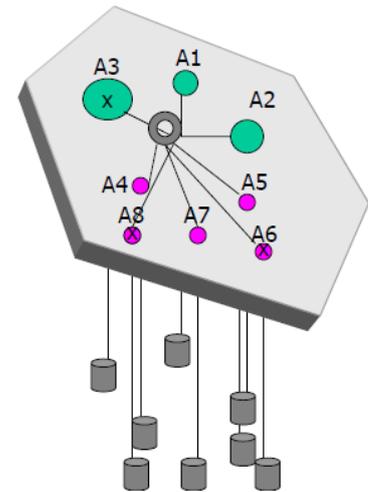


Figure II.5. Représentation d'un barycentre (Mattiuzzo, 2008)

- **Étapes de résolution**

Les étapes de résolution sont les suivantes (Mattiuzzo, 2008):

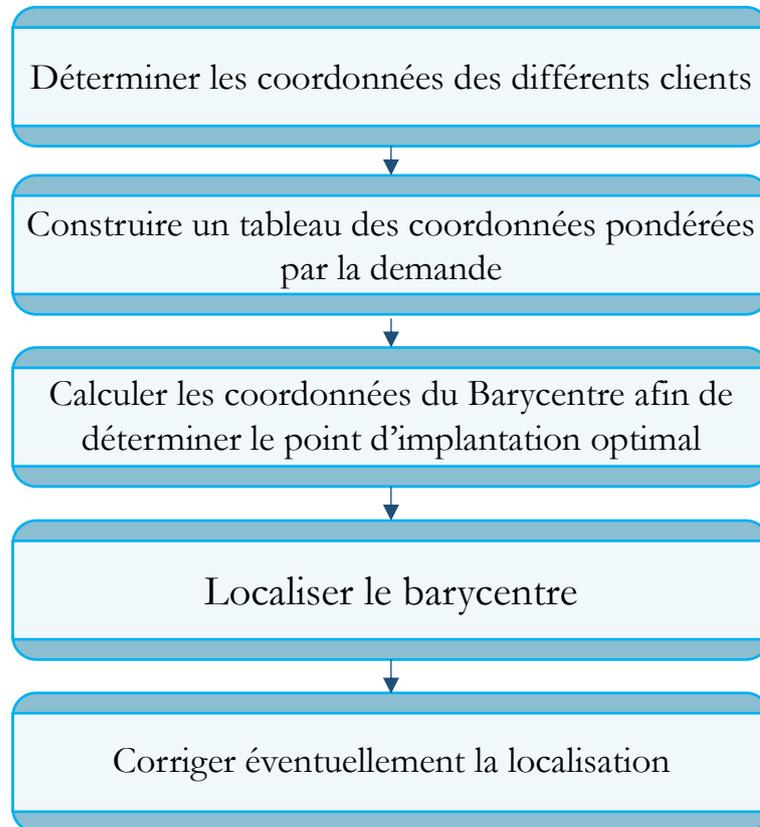


Figure II.6. Etapes de résolution de la méthode de barycentre

- **Limites de la méthode**

Il est parfois nécessaire de modifier le point théorique d'implantation optimal en fonction :

- Des modes d'acheminement et des axes de communication et de circulation : routes, autoroutes, voies ferrées, etc.
- Des limites et des opportunités du site : surface constructible, équipements du terrain, etc.
- Du coût de revient de l'implantation : coût du terrain, fiscalité.
- Du marché du travail : qualification et disponibilité de la main d'œuvre, etc.
- De l'environnement socio-administratif : logements, écoles, transports en commun, etc.

II.2.2.2. Les modèles mathématiques concernant les problèmes de localisation-allocation

Pour faciliter la recherche d'implantation, différents modèles baptisés modèles de *localisation-allocation* ont été mis au point. La question fondamentale soulevée par ces modèles est de savoir comment approvisionner ou servir au mieux une aire géographique vaste à partir d'un nombre limité d'installations.

Les modèles de localisation-allocation supposent que la probabilité d'un client de fréquenter une installation donnée est d'autant plus élevée qu'elle en est plus proche, compte tenu de son niveau d'attractivité.

Les modèles de localisation-allocation regroupent d'une manière générale cinq composants de base dont :

- **La fonction objectif** qui intègre la notion de distance séparant les consommateurs des emplacements potentiels d'installations.
- **Le niveau de demande** de chaque client ou d'un ensemble de clients.
- **Les emplacements potentiels** en termes de disponibilité foncière, coût, accessibilité.
- **La matrice d'éloignement** ou de coût.
- **La règle d'allocation** qui, généralement, concerne la proximité géographique.

Ainsi, compte tenu de ces cinq facteurs décrivant entièrement un modèle de localisation-allocation donné, les clients peuvent être appréciés sous la forme d'un réseau constitué de nœuds caractérisés par une certaine demande, les segments liant les nœuds de ce réseau représentant les éloignements.

Dans le cas où n'existerait qu'un seul point d'offre à localiser, le problème revient à le placer virtuellement tour à tour à l'un ou à l'autre des emplacements potentiels puis à choisir celui pour lequel la fonction objectif est la plus favorable. Tout se complique si l'on doit localiser plusieurs activités car le nombre de nœuds étant souvent élevé, il devient pratiquement impossible physiquement, même avec des ordinateurs puissants, de calculer la fonction objectif exhaustivement pour chacune des combinaisons d'emplacements envisageables. Il a donc été développé pour cela des modèles mathématiques permettant de localiser au mieux diverses installations, ou du moins apporter des solutions approchées à ce type de problématiques. Dans ce qui va suivre, nous allons présenter une revue de littérature sur différents modèles de localisation-allocation.

Les modèles qualitatifs

Les modèles qualitatifs sont favorisés lorsque l'ensemble des sites potentiels est discret et leur nombre est réduit mais surtout lorsque la décision de localisation dépend de critères qui sont difficiles à quantifier. Un exemple de méthode qualitative est la méthode du Score Pondéré qui est une méthode d'analyse multicritère basée d'abord sur l'identification des facteurs de localisation qualitatifs et quantitatifs. Ensuite, à chaque facteur est assigné un poids qui reflète l'importance de ce dernier dans la décision de localisation. Enfin, un score est assigné à chaque solution potentielle selon chaque facteur. On obtient enfin, un score total pour chaque solution potentielle et on choisit celle qui a le meilleur score. Pour cette méthode, il est très important que les poids et les scores soient expliqués et justifiés. Pour cela, il est conseillé de faire appel à des experts (Ghiani & al, 2013).

Les modèles quantitatifs

Les modèles mathématiques permettent de décrire un système par un ensemble d'équations régissant son fonctionnement. Plusieurs modèles traitant les problèmes de localisation-allocation ont été développés.

Dans notre revue de littérature, nous avons pu distinguer plusieurs modèles qui prennent en compte plusieurs paramètres, à savoir :

1. La nature des informations. On distingue alors :
 - a. Les problèmes déterministes
 - b. Les problèmes stochastiques
2. La capacité des installations. On distingue alors :
 - a. Les problèmes de localisation d'installations à capacités finies
 - b. Les problèmes de localisation d'installations à capacités infinies
3. L'horizon de planification. On distingue alors :
 - a. Les problèmes statiques
 - b. Les problèmes dynamiques
4. La structure des coûts. On distingue alors :
 - a. Les coûts linéaires
 - b. Les coûts non linéaires
5. Le nombre d'objectifs à optimiser. On distingue alors :
 - a. Les problèmes de localisation mono-objectif,
 - b. Les problèmes de localisation multi-objectifs
6. Le nombre d'échelons. On distingue alors :
 - a. Les problèmes de localisation mono-échelon
 - b. Les problèmes de localisation multi-échelons

Notre problématique est de type déterministe, statique, linéaire, mono-objectif, avec installations à capacités finies. Par conséquent, dans ce qui va suivre, nous nous sommes intéressés seulement aux modèles qui traitent ce type de paramètres.

a. Le problème du p-médian

Le p-médian est un problème classique de localisation d'activités (installations) ayant vu le jour au début du XXème siècle dans les réflexions d'Alfred Weber (Weber, 1909). Le p-médian consiste à localiser p infrastructures et dont le but est de minimiser la somme totale des distances entre les clients et leur site de rattachement. Handler & Mirchandani (1979) ont dressé la liste très variée des applications potentielles du modèle p-médian comme les décisions de localisation pour les services d'urgence, les réseaux de communication et informatique, etc.

D'une manière générale, la formulation mathématique du p-médian s'écrit de la façon suivante :

Fonction objectif :

$$\text{Minimiser } \sum_{i \in \mathcal{I}} \sum_{j \in \mathcal{J}} d_j c_{ij} x_{ij} \quad (\text{a.1})$$

Sous contraintes

$$\sum_{i \in \mathcal{I}} x_{ij} = 1 \quad \forall j \in \mathcal{J} \quad (\text{a.2})$$

$$\sum_{i \in \mathcal{I}} y_i = p \quad (\text{a.3})$$

$$x_{ij} - y_i \leq 0 \quad \forall i \in \mathcal{I} \quad \forall j \in \mathcal{J} \quad (\text{a.4})$$

$$y_i \in \{0, 1\} \quad \forall i \in \mathcal{I} \quad (\text{a.5})$$

$$x_{ij} \in \{0, 1\} \quad \forall i \in \mathcal{I} \quad \forall j \in \mathcal{J} \quad (\text{a.6})$$

Où :

\mathcal{I} : L'ensemble des nœuds des clients

\mathcal{J} : L'ensemble des sites des installations

p : Le nombre d'installations à localiser

d_j : La demande du client j

c_{ij} : Le coût unitaire pour satisfaire le client j à partir de l'installation i

$$y_i = \begin{cases} 1 & \text{si l'installation est localisée dans le site } i \\ 0 & \text{sinon} \end{cases}$$

$$x_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{si la demande du client } j \text{ est affectée à l'installation } i \\ 0 & \text{sinon} \end{cases}$$

La fonction objectif (a.1) minimise la somme totale des coûts pour satisfaire les clients. La contrainte (a.2) signifie que la demande du client i doit être satisfaite par une seule installation j . La contrainte (a.3) assure le fait de localiser exactement p installations. La contrainte (a.4) stipule que les nœuds de clients ne peuvent être assignés qu'aux installations ouvertes. Les contraintes (a.5) et (a.6) sont des contraintes d'intégrité.

Le problème du p -médian appartient aux problèmes NP-complets (Hakimi & Kariv, 1979) : ses solutions issues d'algorithmes linéaires deviennent insolubles au fur et à mesure que le nombre de variables (installations et clients) augmente avec une progression exponentielle de la taille du problème.

b. Le problème du p -centre

L'objectif de ce problème linéaire est de minimiser la distance la plus longue entre un client et le centre auquel il est rattaché et non plus la somme des distances. Ce problème se présente sous deux formes :

- *Absolute center problem* : la localisation peut être n'importe où sur le réseau de distribution, c'est-à-dire en n'importe quel point du plan, y compris les arcs du réseau.
- *Node center problem* : les installations sont localisées dans certains nœuds du réseau.

Sa formulation mathématique ne varie pas beaucoup du modèle p -médian : il n'y a alors que la fonction à minimiser qui change.

Fonction objectif

Minimiser z

Sous contraintes

$$z \geq \sum_{i \in \mathcal{I}} d_j c_{ij} x_{ij} \quad (\text{b.1})$$

$$\sum_{i \in \mathcal{I}} x_{ij} = 1 \quad \forall j \in \mathcal{J} \quad (\text{b.2})$$

$$\sum_{i \in \mathcal{I}} y_i = p \quad (\text{b.3})$$

$$x_{ij} - y_i \leq 0 \quad \forall i \in \mathcal{I} \quad \forall j \in \mathcal{J} \quad (\text{b.4})$$

$$y_i \in \{0, 1\} \quad \forall i \in \mathcal{I} \quad (\text{b.5})$$

$$x_{ij} \geq 0 \quad \forall i \in \mathcal{I} \quad \forall j \in \mathcal{J} \quad (\text{b.6})$$

La fonction objectif (b.1), combinée avec la contrainte (b.2), assure que la valeur objectif z n'est pas inférieur au maximum des distances entre les installations et les clients qui leur sont affectés. Le reste des contraintes est similaire au modèle du p -médian.

c. Le problème de recouvrement

Les problèmes de recouvrement existent sous deux formes :

- *Location Set Covering Problem (LSCP)* dont le but est de localiser le plus petit nombre d'installations de manière à satisfaire (couvrir) tous les points de la demande (la distance de recouvrement étant fixée). Sachant qu'un point de demande est dit couvert, s'il existe une installation à une distance bien spécifique de ce point.
Ce modèle fut l'un des premiers modèles développés par Toregas & al (1971) pour résoudre le problème de localisation des installations de services d'urgence (hôpitaux, postes de police...) (Laporte & al, 2015).
- *Maximal Covering Location Problem (MCLP)* : Dans ce problème développé par Church & ReVelle (1974), nous supposons que le nombre d'installations que nous pouvons localiser est défini à l'avance (exemple : Pour des raisons budgétaires, on ne peut engager plus de 3 installations). L'objectif du MCLP est de maximiser les demandes couvertes (satisfaites par les entrepôts localisés) (Hammami, 2003).

La formulation mathématique de ce problème est la suivante :

$$\text{Maximiser } \sum_{k \in K} h_k z_k \quad (\text{c.1})$$

Sous contraintes

$$\sum_{j \in N_k} x_j \geq z_k \quad \forall k \in K \quad (\text{c.2})$$

$$\sum_{j \in J} x_j \leq P \quad (\text{c.3})$$

$$z_k \in \{0, 1\} \quad \forall k \in K \quad (\text{c.4})$$

$$x_j \in \{0, 1\} \quad \forall j \in J \quad (\text{c.5})$$

Où :

K : L'ensemble des nœuds des clients

J : L'ensemble des sites des d'installations

S : La distance au-delà de laquelle le client i est considéré non-couvert

N_k : L'ensemble des installations potentielles qui permettent de « couvrir » la demande du client i . Une demande de client est « couverte » quand la plus proche installation est à une distance égale ou inférieure à S ($N_k = \{j \in J \mid d_{ij} \leq S\}$)

P : Nombre maximal d'installations pouvant être retenues

h_k : Demande du client k

$$x_j = \begin{cases} 1 & \text{si l'installation est retenue} \\ 0 & \text{sinon} \end{cases}$$

$$z_k = \begin{cases} 1 & \text{si le client } k \text{ est couvert par une installation au sein de la zone } S \\ 0 & \text{sinon} \end{cases}$$

La fonction objectif (c.1) maximise la couverture des demandes des clients au sein de la distance de couverture souhaitée. Autrement dit, le but est de satisfaire les demandes d'un maximum de clients au sein d'une zone géographique. La contrainte (c.2) assure que si la demande d'un client est satisfaite, alors il y a au moins une installation appartenant à la zone de couverture de ce client qui sera ouverte. La contrainte (c.3) garantit que le nombre d'installations ouvertes ne dépasse pas la limite permise P .

d. Fixed charge facility location problems

Ces modèles de conception des réseaux de distribution comprennent les coûts fixes d'ouverture d'un site et sont appelés Fixed charge facility location models (FCLP). L'objectif de ces modèles est de trouver la meilleure localisation des installations qui minimise leurs coûts fixes à condition que toutes les demandes des clients soient satisfaites.

La formulation mathématique du FCLP est comme suit :

$$\text{Minimiser } z = \sum_{i \in \mathcal{I}} f_i y_i + \sum_{i \in \mathcal{I}} \sum_{j \in \mathcal{J}} C_{ij} x_{ij} \quad (\text{d.1})$$

Sous contraintes

$$\sum_{i \in \mathcal{I}} x_{ij} = 1 \quad \forall j \in \mathcal{J} \quad (\text{d.2})$$

$$\sum_{j \in \mathcal{J}} D_j x_{ij} \leq Q_i y_i \quad \forall i \in \mathcal{I} \quad (\text{d.3})$$

$$y_i \in \{0, 1\} \quad \forall i \in \mathcal{I} \quad (\text{d.4})$$

$$x_{ij} \in \{0, 1\} \quad \forall i \in \mathcal{I} \quad \forall j \in \mathcal{J} \quad (\text{d.5})$$

Où :

\mathcal{I} : L'ensemble des sites potentiels des d'installations

\mathcal{J} : L'ensemble des nœuds des clients

Q_i : capacité maximale de l'installation i , $i \in \mathcal{I}$

D_j : demande du client j , $j \in \mathcal{J}$

C_{ij} : coût de transport de l'installation i vers le client j

f_i : coût fixe de l'installation dans le site i

$$y_i = \begin{cases} 1 & \text{si l'installation est localisée dans le site } i \\ 0 & \text{sinon} \end{cases}$$

$$x_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{si la demande du client } j \text{ est desservie par l'installation } i \\ 0 & \text{sinon} \end{cases}$$

La fonction objectif (d.1) minimise les coûts fixes liés aux installations établies et les coûts de transports vers les clients. La contrainte (d.2) garantit le fait qu'un client n'est desservi que par une et une seule installation. La contrainte (d.3) assure deux rôles, à savoir le fait de ne pas surpasser les capacités maximales des installations et le fait qu'un client est desservi par une installation si et seulement si cette dernière est ouverte. Les contraintes (d.4) et (d.5) sont des contraintes d'intégrité.

• *Extension du modèle FCLP*

Geoffrion & Graves (1974) ont étendu le modèle de base du FCLP en incluant le transport entre les usines et les centre de distribution (entrepôts) tout en prenant en compte la multitude des produits. Le modèle étendu est comme suit :

$$\text{Minimiser } \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} \sum_{k \in K} \sum_{p \in P} C_{ijkp} X_{ijkp} + \sum_{j \in J} (f_j z_j + v_j \sum_{k \in K} \sum_{p \in P} D_{kp} y_{jk}) \quad (d'.1)$$

Sous contraintes

$$\sum_{j \in J} \sum_{k \in K} X_{ijkp} \leq S_{ip}, i \in I, p \in P \quad (d'.2)$$

$$\sum_{i \in I} X_{ijkp} = D_{kp} y_{jk}, p \in P, j \in J, k \in K \quad (d'.3)$$

$$\sum_{j \in J} y_{jk} = 1, k \in K \quad (d'.4)$$

$$\underline{V}_j z_j \leq \sum_{k \in K} \sum_{p \in P} D_{kp} y_{jk} \leq \overline{V}_j z_j, j \in J \quad (d'.5)$$

$$X_{ijkp} \geq 0, i \in I, j \in J, k \in K, p \in P \quad (d'.6)$$

$$y_{jk}, z_j \in \{0,1\}, j \in J, k \in K \quad (d'.7)$$

Où :

C_{ijkp} : Coût unitaire de production et de distribution du produit p à partir du site de production i vers le client k et ce à travers l'entrepôt j.

f_j : Coût fixe de l'ouverture de l'entrepôt j.

v_j : Coût unitaire de passage d'un produit à travers l'entrepôt j.

D_{kp} : La demande totale du client k pour le produit p.

S_{ip} : Offre du site de production i pour le produit p.

\underline{V}_j : La quantité minimale qui doit être transférée à travers l'entrepôt j s'il est ouvert.

\overline{V}_j : La quantité maximale qui peut être transférée à travers l'entrepôt j.

I : Ensemble de toutes les installations du niveau 1 (sites de production).

J : Ensemble de toutes les installations du niveau 2 (entrepôts).

K : Ensemble de tous les clients.

X_{ijkp} : Nombre d'unités du produit p transférées du site de production i au client k à travers l'entrepôt j.

$$z_j = \begin{cases} 1 & \text{si l'entrepôt j est ouvert.} \\ 0 & \text{sinon} \end{cases}$$

$$y_{jk} = \begin{cases} 1 & \text{si le client k est affecté à l'entrepôt j.} \\ 0 & \text{sinon} \end{cases}$$

La fonction objectif (d'.1) minimise la somme des coûts fixes de l'ouverture des entrepôts, les coûts variables des entrepôts et les coûts de transports des produits qui vont des usines vers les clients en passant par les entrepôts. La contrainte (d'.2) assure le respect de la capacité du site de production i pour le produit p. La contrainte (d'.3) garantit la conservation du flux de matière dans chaque entrepôt ainsi que la satisfaction des commandes clients. La contrainte (d'.4) garantit l'approvisionnement d'un client à partir d'un seul entrepôt. La contrainte (d'.5) assure le respect de la charge minimale et de la capacité maximale de tout entrepôt j.

II.2.3. Gestion des stocks

II.2.3.1. Définition d'un stock

Un stock d'un produit est une quantité de ce produit mise en réserve en vue d'une utilisation ou commercialisation future afin de faire face à une demande certaine ou probable. Il peut être de différents types :

- Stock amont : matières premières et composants nécessaires à la production,
- Stock en attente : correspond aux besoins pour la fabrication d'une journée,
- Stock en cours : observable durant le processus de fabrication,
- Stock aval : produits finis et articles de conditionnement.

Le stock peut avoir plusieurs fonctions à savoir la régulation (sécurité) pour faire face aux aléas, l'anticipation, la consignation, les aspects logistique et économique.

La gestion des stocks a pour but de minimiser les coûts associés à l'approvisionnement. Différents coûts peuvent être retenus, notamment les coûts de détention, les coûts d'acquisition, les coûts de rupture et les coûts d'expédition (Lasnier, 2004).

II.2.3.2. Paramètres de détermination du niveau de stock

Après avoir validé la nécessité de la détention d'un article en stock, il s'agit de dimensionner ce dernier au plus juste. Ceci revient à déterminer à quel niveau moyen il doit être maintenu pour assurer, au moindre coût, le niveau de service requis. Pour ce faire, quatre paramètres sont nécessaires et suffisants pour réaliser le dimensionnement d'un stock c'est-à-dire calculer son niveau moyen utile :

- *la taille de lot* : c'est la quantité d'articles d'une référence donnée qui est lancée. Cette quantité économique est déterminée par la formule dite de Wilson (en avenir certain) :

$$Q_e = \sqrt{\frac{2 * D_m * C_L}{t * a}} \quad (3)$$

Avec :

D_m : Consommation moyenne (annuelle, mensuelle ou hebdomadaire) prévu de l'article considéré,

C_L : Coût de lancement de la commande,

t : Taux de possession du stock qui est égal au rapport du coût de stockage sur la valeur moyenne de ce stock pendant la période de référence,

a : Coût de revient unitaire.

- *le délai d'obtention* : C'est le temps qui peut s'écouler entre l'instant où l'on a détecté un besoin de rechargement de stock et l'instant où le lot déclenché est disponible dans le stock,
- *l'incertitude sur la demande* : liée aux aléas, l'incertitude se traduit par le calcul de l'écart type σ sur une série de quantités de consommation prévisionnelles ou, par défaut, historiques.
- *le taux de service visé* : dans le but d'assurer la satisfaction du client (respect des délais, des quantités, etc.), un taux de service est généralement fixé par l'entreprise (Bomy, 2008).

II.2.3.3. Le stock de sécurité

Les conséquences d'une rupture de stock peuvent être graves : pertes de chiffre d'affaires, retard de livraison, perte de clientèle, etc. Pour éviter les ruptures et faire face aux aléas de la demande, on fixe des stocks de sécurité qui doivent être calculés judicieusement.

Le stock de sécurité peut être calculé par l'une des méthodes suivantes :

- *Délai de livraison fixe* :

$$SS = k\sigma_x\sqrt{D} \quad (4)$$

- La consommation varie autour d'une moyenne sur période x et selon une loi normale d'écart-type σ_x .

- D : Délai de réapprovisionnement.

- La consommation sur une période D suit une loi normale d'écart $\sigma_x\sqrt{D}$

- k : la variable réduite associée au risque de rupture choisi.

- *Consommation fixe* :

$$SS = k \sigma_l (\text{consommation}) \quad (5)$$

- σ_l : l'écart type (en jours) de la variation sur le délai de livraison.

- $\sigma_l (\text{consommation}) = (\text{consommation}/j) \times \sigma_l (\text{jours})$

- k est la variable réduite associée au risque de rupture choisi.

- *Consommation et délai variables* :

$$SS = k \sqrt{\sigma_l^2 + D\sigma_{x,D}^2} \quad (6)$$

La consommation et le délai étant des variables indépendantes, le stock de sécurité est calculé en utilisant le théorème d'additivité des variances.

Dans le calcul du stock de sécurité, il est clair que plus on veut minimiser le risque de rupture, plus les coûts de détention augmentent. Afin de minimiser ces coûts, on peut fixer un taux de rupture toléré selon une classification des produits par rapport à leur importance.

Une gestion des stocks est donc une gestion sélective car il est impossible qu'elle accorde à chacun des articles la même priorité dans sa gestion. Parmi les méthodes de classification, nous retrouvons la classification ABC.

II.2.3.4. Classification ABC

La méthode ABC est la plus connue des méthodes de classification. Elle est également connue sous le nom de loi 80-20 ou sous le nom de loi de Pareto. Cette méthode permet de déterminer l'importance relative des éléments d'un ensemble dans un contexte donné en les répartissant en trois classes d'importance :

- classe A : éléments de forte importance,
- classe B : éléments d'importance normale,
- classe C : éléments de faible importance (Javel, 2010)

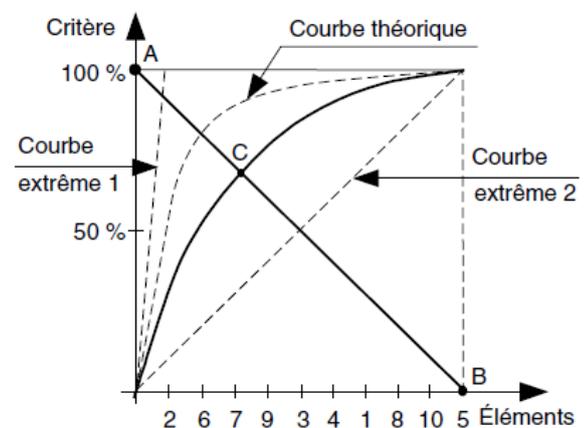


Figure II.7. Limites des courbes de Pareto (Javel, 2010)

Afin de déterminer la classification des éléments d'un ensemble, la méthode ABC propose la démarche suivante (Javel, 2010) :

- a. Identification du problème à résoudre et identification de la classification désirée,
- b. Recherche du critère d'analyse correspondant à la classification désirée. Les critères les plus importants sont (Courtois & al, 2003) :
 - Valeur du produit en stock ;
 - Critère de destination (fournitures de bureau ou de production) ;
 - Espace occupé ;
 - Coûts engendrés par les éventuelles ruptures.
- c. Classification des articles par valeur décroissante du critère d'analyse,
- d. Calcul des valeurs de classification (pourcentages cumulés du critère d'analyse),
- e. Tracer de la courbe des pourcentages cumulés du critère d'analyse où :
 - les abscisses représentent les éléments à classer
 - les ordonnées représentent les pourcentages cumulés du critère d'analyse
- f. Interprétation de la courbe et détermination des classes d'importance.

Toute courbe de répartition d'importance de la population étudiée est à interpréter par rapport à trois courbes :

- la courbe théorique de Pareto ;
- la courbe extrême 1 : Un produit correspond à 100 % de la valeur du critère ;
- la courbe extrême 2 : Tous les produits ont la même importance.

Afin de pouvoir déterminer les classes de répartition des produits, nous déterminons le ratio de discrimination :

$$RD = \frac{\text{Longueur du segment CB}}{\text{Longueur du segment AB}} \quad (7)$$

La détermination des classes se fait selon les tranches suivantes :

Tableau II.1. Détermination des classes selon le ratio de discrimination (Javel, 2010)

Valeur du ratio de discrimination	A	B	C
$1 > RD \geq 0.90$	10%	10%	80%
$0.9 > RD \geq 0.85$	10%	20%	70%
$0.85 > RD \geq 0.75$	20%	20%	60%
$0.75 > RD \geq 0.65$	20%	30%	50%
$0.65 > RD$	Non interprétable		

Remarque : Si l'analyse conduit à une classification peu significative, il est possible de la confirmer par une analyse complémentaire, qui en l'occurrence va nous permettre de traiter un autre problème ou de traiter le même problème avec un autre critère.

II.2.3.5. Les indicateurs liés à la gestion de stock (Lasnier, 2004)

- Valeur du stock moyen (si la période est d'un an)

$$\text{Stock moyen} = \frac{(\text{Stock au bilan de l'année N-1}) + (\text{Stock au bilan de l'année N})}{2} \quad (8)$$

- Taux de rotation d'un stock

Le taux de rotation est le rapport du montant des sorties pendant une année sur la valeur moyenne du stock durant cette même année. La formule de calcul est comme suit :

$$\text{Taux de rotation} = \frac{\text{Consommation annuelle}}{\text{Stock moyen}} \quad (9)$$

- Taux de couverture d'un stock

Indicateur mesurant, en fonction des sorties quotidiennes et du niveau des stocks, le nombre de jours de consommation auxquels le niveau de stock actuel peut faire face.

$$\text{Couverture d'un stock (en jours)} = \frac{\text{Nombre de jours de l'année}}{\text{Taux de rotation}} \quad (10)$$

- Point de commande

Le point de commande ou le seuil d'alerte se calcule de la manière suivante :

$$\text{Point de commande} = \text{prévision moyenne de consommation pendant le délai d'approvisionnement} + \text{stock de sécurité.} \quad (11)$$

Une fois la question de localisation-allocation traitée, une autre se pose : Est-il intéressant d'externaliser certaines fonctions logistiques, si oui, quelles sont ces fonctions ?

II.3. Externalisation logistique : Enjeux, critères, risques et méthodes de sélection des prestataires

II.3.1. Définition et caractéristiques des prestataires logistiques

L'externalisation logistique peut être définie comme le fait de « confier tout ou partie d'une chaîne logistique, assurée préalablement en interne, avec un transfert éventuel de ressources, sur une durée de long terme, à un prestataire extérieur, dans un objectif de performance » (Ivanaj & Masson-Franzil, 2006).

Il y a différents niveaux d'externalisation pour lesquels peuvent opter les entreprises suivant leur domaine d'activité, leurs besoins et leurs objectifs stratégiques. Nous distinguons 5 niveaux de prestation logistique [Site 2]

- 1PL (First Logistics) : Premier niveau de la sous-traitance logistique, les prestataires « 1PL » proposent des solutions d'externalisation du transport pour leurs clients.

- 2PL (Second Party Logistics) : Les « 2PL » sont des prestataires logistiques offrant des solutions d'externalisation du transport et de l'entreposage.
- 3PL (Third Party Logistics) : Appelé en français « Troisième partie Logistique », ce type de prestataire est un spécialiste de la chaîne logistique à qui un client ira confier la réalisation d'une partie plus ou moins importante de ses activités logistiques ainsi que des services connexes qui y sont liés afin d'en améliorer les performances. Ce type d'acteurs permet à des entreprises non spécialistes du domaine de la logistique de se détacher de cet aspect et de se concentrer sur leur cœur de métier.
- 4PL (Fourth Party Logistics) : Le « 4PL » est un prestataire qui a pour mission la coordination des différents acteurs intervenants tout au long de la chaîne logistique d'une entreprise. Aussi connu sous le terme « intégrateur », l'apparition de cet acteur a été largement favorisée par l'essor des NTIC ainsi que d'internet.
- 5PL (Fifth Party Logistics) : il va bien au-delà du 4PL en intégrant des solutions orientées e-business. En effet, le rôle du 5PL est d'offrir des systèmes automatisés et intelligents capables d'améliorer la performance de la chaîne logistique. Cette automatisation permet, entre autres, de mutualiser les demandes et génère ainsi des volumes de masse afin de négocier au mieux les tarifs auprès des compagnies de transport [Site 3].

Il est à noter que l'expression « XPL » (X=1..5) désigne le degré d'externalisation mais aussi les entreprises qui réalisent ces prestations. La figure suivante montre les différents niveaux d'externalisation logistique.

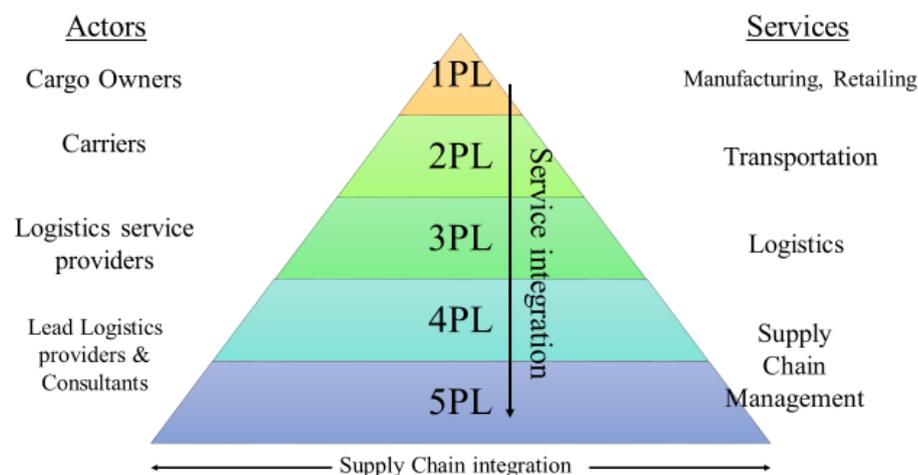


Figure II.8. Caractéristiques des différents niveaux d'externalisation logistique

Le tableau suivant montre les différents services qui peuvent être offerts par un prestataire logistique.

Tableau II.2. Caractéristiques des niveaux d'externalisation

Type de prestataire	Type de prestation offerte	Infrastructures utilisées
First Party Logistics (1PL)	Transport	Prestataires externes
Second Party Logistics (2PL)	Transport	En propre
Third Party Logistics (3PL)	Transport + entreposage + préparation de commande essentiellement	En propre
Fourth Party Logistics (4PL)	Pilotage global de la chaîne logistique	Prestataires externes
Fifth Party Logistics (5PL)	Pilotage global de la chaîne logistique + proposition de solutions orientées e-business	Prestataires externes

II.3.2. Avantages et inconvénients de l'externalisation logistique

Les avantages du « faire faire » sont multiples (Benaïs, 2016) :

- Accès à des compétences pointues sur des opérations allant de la préparation de commandes à la livraison, en passant par la gestion des retours, le conditionnement à façon ou le pilotage des flux,
- Meilleure flexibilité de l'entreprise permettant une meilleure réactivité dans un contexte économique en évolution perpétuelle (pointes d'activité, élargissement des canaux de distribution, etc.),
- Opportunité de « variabilisation » des coûts en fonction des flux physiques,
- Réallocation des investissements sur des activités plus stratégiques pour l'entreprise.

Toutefois, les bénéfices attendus d'une stratégie d'externalisation sont contrebalancés par un certain nombre d'inconvénients et risques, notamment (Benaïs, 2016):

- Perte de savoir-faire en interne
- Engagement contractuel sur une longue période (3 à 5 ans),
- Risque social lié au transfert,
- Manque de contrôle sur la qualité de l'activité sous-traitée,
- Difficulté d'une réelle maîtrise des coûts,
- Apparition de nouveaux rapports de force entre l'entreprise et son prestataire se traduisant par une dépendance croissante,
- Difficultés d'interfaçages des systèmes d'informations.

Ces éléments ne sont pas les seuls devant être pris en compte dans cette décision. En effet, les managers logistiques doivent faire face à d'autres interrogations : Comment décider des critères de sélection d'un prestataire ? Comment prioriser ces critères ? Quelle est la relation entre ces critères ? Pour ce faire, plusieurs méthodes d'identification et de classification de ces critères

de sélection de prestataires logistiques ont été développées dans le but de constituer des outils d'aide à la décision.

Dans cette partie de l'état de l'art, nous allons nous intéresser aux prestataires 3PL car c'est le niveau d'externalisation auquel HA s'intéresse. De ce fait, nous allons présenter les critères recensés dans la littérature et les méthodes les plus communément utilisées dans la sélection des prestataires logistiques 3PL.

II.3.3. Critères de sélection de prestataire 3PL

Plusieurs recherches ont été élaborées pour la sélection des critères les plus pertinents dans le choix du meilleur prestataire logistique 3PL. Entre autres, nous retrouvons :

- Les travaux menés en 2003 par l'International Warehouse Logistics Association (IWLA) sur plus de 550 entreprises logistiques en Amérique du Nord. Cette étude a montré les changements majeurs qui ont eu lieu entre 1994 et 2003 pour le classement des critères de sélection d'un prestataire 3PL (Aguzzoul, 2007).
- Gupta & al (2011) ont recensé les critères de sélection 3PL selon 15 chercheurs en Inde. Parmi les critères les plus cités, nous retrouvons la réputation et l'aptitude au management (cités dans 5 articles), la réduction des coûts, la flexibilité et la stabilité financière (cités dans 4 articles).
- Chen & Wu (2011) ont passé en revue tous les critères de sélection des prestataires 3PL issus d'une dizaine d'études menées dans la région du Sud-Est de l'Asie.
- Rattanawiboonsom (2014) a cité plusieurs critères de sélection issus de plusieurs travaux, à savoir (Lambert & al. (1999) ; Leahy & al. (1995) ; Murphy & Poist (2000) ; Sink & al. (1997) ; Tate (1996) ; Van Laarhoven & al. (2000)).
- Hwang & Shen (2015) ont recensé les critères qui ont été retenus dans six (06) autres articles qu'ils ont regroupés en six (06) catégories comme cité dans les travaux menés par Vaidyanathan (2005). Les groupes proposés sont : performance, coût, service, assurance qualité, IT, intangibles.

Dans le tableau suivant, nous passons en revue tous les critères issus des études citées ci-dessus :

Tableau II.3. Revue de littérature des critères de sélection des prestataires 3PL

Critère	Aguezzoul (2007)	Gupta (2011)	Chen & Wu (2011)	Rattanawiboonsom (2014)	Hwang&Shen (2015)
Prix	x	x	x	x	x
Fiabilité	x	x	x	x	
Qualité de service client	x	x	x	x	x
Réduction des coûts	x	x			x
Flexibilité	x	x		x	
Bonne communication	x	x			
Qualité du management	x	x		x	x
Localisation	x	x	x		
Service personnalisé	x	x			
Rapidité de service et ponctualité	x	x	x	x	x
Délai de livraison	x	x	x		
Compatibilité	x	x		x	x
Réputation	x	x	x	x	x
Expertise dans le domaine	x		x	x	
Variété des services proposés	x	x	x		
Performance de la ressource humaine	x	x	x		
Relations avec le personnel	x				
Qualité de fonctionnement du matériel	x				
Concurrence	x				
Capacités et aptitudes globales	x	x	x		
Amélioration du service		x			x
Problèmes liés à la zone géographique		x			
Innovation	x	x			
Performance de l'IT		x	x	x	x
Taille de l'entreprise		x			
Expérience passée		x	x		x
Stabilité financière		x	x	x	x
Capacité à résoudre des problèmes	x			x	x
Capacité de négociation				x	
Partage des risques et des bénéfices				x	
Part de marché			x		x
Sécurité lors du transport					x

Il est à noter que la complexité de la sélection du meilleur prestataire 3PL augmente avec l'augmentation du nombre de critères de sélection (Gupta & al, 2011) qui, de plus, peuvent être contradictoires, tels que le prix, la qualité, la localisation, la technologie, etc. (Aguazzoul, 2007).

II.3.4. Méthodes de sélection du meilleur prestataire 3PL

Pour pouvoir évaluer et choisir le meilleur prestataire 3PL, plusieurs approches et méthodes ont été développées dans la littérature, notamment (Aguazzoul, 2007):

II.3.4.1. Les méthodes multicritères d'aide à la décision

« L'aide à la décision multicritère vise à fournir au décideur des outils qui permettront de progresser dans la résolution d'un problème de décision où plusieurs objectifs, souvent conflictuels, doivent être pris en compte. La divergence des objectifs nécessite la recherche d'une solution des meilleurs compromis possibles » (Mousseau, 2005).

Ces méthodes se basent sur l'attribution d'un poids à chaque critère. Par la suite, chaque prestataire 3PL sera noté pour chaque critère. Le score total est obtenu par la somme des notes des critères pondérées par leurs poids.

Dans les problèmes de sélection du meilleur prestataire 3PL, ce sont les méthodes multicritères d'aide à la décision qui sont les plus utilisées (Aguazzoul, 2007).

II.3.4.2. L'intelligence artificielle

Les outils de l'intelligence artificielle visent à intégrer les facteurs qualitatifs et l'expertise humaine dans le processus de sélection des prestataires 3PL. Les systèmes les plus importants qui caractérisent l'intelligence artificielle sont : *Expert Systems* (ES) et *Case-Based-Reasoning systems* (CBR).

II.3.4.3. Les approches probabilistes

Les approches stochastiques consistent à évaluer le comportement probabiliste des fournisseurs par la définition d'un ensemble de scénarios en se basant sur leurs historiques de performance (Saadi & Talaboulma, 2011).

II.3.4.4. Les modèles de programmation mathématique.

Ces méthodes ont pour but de sélectionner le prestataire 3PL qui maximise une fonction objectif (critères de décision) tout en respectant les contraintes du prestataire ou du donneur d'ordre.

La programmation mathématique traite les problèmes dont les solutions ne sont pas connues (Bedja & Djaout, 2008). On en distingue deux types : la programmation mono-objectif et la programmation multi-objectifs. La différence entre les deux tient au fait que la deuxième prend en considération plusieurs objectifs souvent contradictoires.

Dans la littérature, on retrouve peu d'articles qui traitent le problème de sélection du meilleur prestataire 3PL avec les modèles de programmation mathématique (Aguazzoul, 2007).

II.3.5. Avantages et inconvénients des méthodes d'évaluation du meilleur prestataire 3PL

Les avantages et inconvénients des méthodes d'évaluation du meilleur prestataire 3PL sont présentés dans le tableau suivant :

Tableau II.4. Avantages et inconvénients des méthodes de sélection des prestataires 3PL (Aguzezoul, 2007)

Méthodes		Avantages	Inconvénients
Les méthodes multicritères d'aide à la décision		<ul style="list-style-type: none"> - Rapide et simple à appliquer - Prend en compte des critères subjectifs - Son implémentation est peu coûteuse 	<ul style="list-style-type: none"> - Dépend des jugements humains - Il n'est pas possible d'introduire des contraintes dans le modèle
Intelligence Artificielle		<ul style="list-style-type: none"> - Offre une base de connaissance flexible - Prend en compte les facteurs qualitatifs 	<ul style="list-style-type: none"> - La collecte des connaissances sur les prestataires et l'accès à l'expertise est longue et difficile
Approches probabilistes		<ul style="list-style-type: none"> - Analyse le comportement incertain des prestataires 3PL 	<ul style="list-style-type: none"> - Pas de solution optimale - Difficile à analyser - Il n'est pas possible d'introduire des contraintes dans le modèle
Programmation mathématique	Mullti-objectifs	<ul style="list-style-type: none"> - Propose plusieurs solutions - Possibilité ou non d'intégrer les contraintes dans le modèle 	<ul style="list-style-type: none"> - Difficile de tenir compte des critères subjectifs - Ne propose pas de solution optimale - Difficile d'analyser les résultats de la méthode
	Mono-objectif	<ul style="list-style-type: none"> - Propose une solution optimale - Possibilité ou non d'intégrer les contraintes dans le modèle 	<ul style="list-style-type: none"> - Ne prend pas en compte les critères subjectifs

II.3.6. Choix de la méthode de sélection du meilleur prestataire 3PL

Pour le choix la méthode, nous allons écarter les méthodes qui ne correspondent pas à notre cas d'études.

Les méthodes basées sur l'intelligence artificielle nécessitent des cas antérieurs et des expériences regroupées dans une base de connaissances. Or l'évaluation des prestataires 3PL chez HA est une première expérience, il n'existe donc aucune capitalisation d'informations. Ces méthodes sont par conséquent impossibles à appliquer dans notre cas.

Il nous semble aussi justifié de ne pas retenir les approches utilisant les techniques probabilistes, vu qu'elles nécessitent pratiquement le même type de données et ont les mêmes fondements que les méthodes basées sur l'intelligence artificielle. Les données permettant d'évaluer le comportement probabiliste des prestataires 3PL sont inexistantes, comme expliqué ci-dessus.

Concernant les méthodes d'optimisation mathématique, elles traitent des problèmes dont les solutions ne sont pas connues. Or, notre problème suppose que les prestataires 3PL seront connus suite à l'émission de l'appel d'offres. L'utilisation de ces méthodes est donc à écarter. Par conséquent, nous avons retenu les méthodes multicritères d'aide à la décision qui permettent aux décideurs de résoudre un problème souvent conflictuel.

II.3.7. Les problématiques de référence d'aide à la décision multicritère (Roy, 1985)

La formulation d'un problème décisionnel multicritère s'inscrit dans l'une des trois problématiques d'aide à la décision, à savoir les problématiques de choix, de tri, de rangement ou de description :

- **La problématique de choix $P.\alpha$:**

Il s'agit de choisir un sous-ensemble d'actions aussi restreint que possible en vue d'un choix final d'une seule action, ce sous-ensemble contenant les meilleures actions ou à défaut, des actions satisfaisantes.

Exemple : choix d'un site pour une localisation industrielle où chaque site représente une action.

- **La problématique du tri $P.\beta$:**

Il s'agit de trier les actions d'après des normes ou d'élaborer une procédure d'affectation. Le résultat du tri est une affectation de chaque action à une catégorie, les catégories étant définies au préalable.

Exemple : affecter différentes parcelles d'un territoire (chaque parcelle est une action) à un type d'utilisation particulier parmi différentes utilisations possibles.

- **La problématique de rangement $P.\gamma$:**

Elle consiste à ranger les actions selon un ordre de préférence décroissant.

Exemple : ranger les différents sites historiques en vue d'une restauration échelonnée sur plusieurs années qui commence par le site le plus urgent à restaurer.

- **La problématique de description $P.\delta$:**

Son objectif est d'éclairer la décision par une description, dans un langage approprié, des actions et de leurs conséquences.

Exemple : identifier et décrire, dans le seul but d'apprendre et se préparer à des éventuels accidents, les différentes actions possibles pour lutter contre la pollution.

II.3.8. Les approches d'aide à la décision multicritère

La littérature en aide multicritère à la décision compte de nombreuses méthodes.

Roy (1985) a regroupé ces dernières dans trois catégories principales représentant chacune d'entre elles des approches différentes. Dans le tableau suivant, nous avons regroupé l'ensemble des approches d'aide à la décision multicritère, leurs principes ainsi que les méthodes utilisées pour chacune d'elles (Roy, 1985 ; Maystre & al , 1994 ; Lehoux & Vallée, 2004 ; Pujo & al, 2015) :

Tableau II.5. Approches opérationnelles et méthodes d'aide à la décision multicritère

Approche opérationnelle/ École	Principe	Nom de la méthode ou famille de méthode
Approche du critère unique de synthèse « Ecole américaine »	Le décideur est capable de juger toute paire d'actions {a, b} et ce, selon un des cas suivants : soit a est préférée à b, soit b est préférée à a, soit le décideur est indifférent ² entre a et b. Il n'y a donc pas d'incomparabilité ³ entre deux actions. Cette approche consiste en l'agrégation des jugements en une fonction représentative des préférences du décideur.	- TOPSIS - SMART - MAVT - MAUT - UTA - EVAMIX - AHP - ANP
Approche du surclassement de synthèse « Ecole française »	Cette approche permet l'incomparabilité entre actions. Certaines sont caractérisées par des structures de préférence forte ⁴ , de préférence faible ⁵ , d'indifférence ou d'incomparabilité.	- ELECTRE I - QUALIFLEX - ORESTE - REGIME - PROMETHEE - PRAGMA /MACCAP - N-TOMIC - MACBETH
Approche du jugement local interactif	Cette approche est caractérisée par une interaction continue entre l'expert qui met en place la méthode et le décideur tout au long du processus d'aide à la décision.	- STEM - UTA itérative - PREFCALC - Goal Programming - Cônes d'amélioration

² Indifférence : Elle correspond à l'existence de raisons claires et positives qui justifient une équivalence entre les deux actions.

³ Incomparabilité : Elle correspond à l'absence de raisons claires et positives justifiant l'une des trois situations précédentes.

⁴ Préférence forte : Elle correspond à l'existence de raisons claires et positives qui justifient une préférence significative en faveur de l'une (identifiée) des deux actions

⁵ Préférence faible : Elle correspond à l'existence de raisons claires et positives qui infirment une préférence stricte en faveur de l'une (identifiée) des deux actions mais ces raisons sont insuffisantes pour en déduire soit une préférence stricte en faveur de l'autre, soit une indifférence entre ces deux actions.

De ce tableau, nous pouvons constater que la méthode qui répond à un maximum de critères est la méthode ANP. En effet, le principe de l'ANP est de construire un réseau qui permet aux décideurs de bien structurer leur problème, elle prend en considération les critères tant qualitatifs que quantitatifs et permet de vérifier la cohérence des jugements utilisés pour déterminer les priorités. De plus, l'ANP permet de prendre en compte l'interdépendance qui existe entre les différents éléments du réseau. Le résultat que donnerait la méthode ANP refléterait donc mieux la réalité.

Par ailleurs, d'après une étude menée par Aguezzoul (2012), la méthode ANP figure parmi les méthodes les plus utilisées pour la sélection du meilleur prestataire 3PL. Par conséquent, nous retiendrons la méthode ANP pour les nombreuses raisons citées précédemment.

II.3.10. La méthode Analytic Network Process (ANP)

Pour définir l'ANP, il est nécessaire de parler de son ancêtre : l'AHP (Analytic Hierarchy Process). L'AHP a été proposée par Thomas L. Saaty en 1980 comme une solution à des problèmes de prise de décision. Cette méthode a montré des résultats satisfaisants quand on traite des problèmes de prise de décision où les critères, structurés hiérarchiquement, sont indépendants. Mais, dans les problèmes du monde réel, cette indépendance ne peut pas être vérifiée (García-Melón & al, 2007), ce qui a conduit au développement de l'ANP.

L'Analytic Network Process (ANP) est une méthode d'analyse multicritères qui a été développée pour la première fois par Saaty en 1996 puis elle a été complètement révisée et publiée dans (Saaty, 2001). L'ANP est une généralisation de l'AHP qui prend en compte les dépendances entre les éléments de la hiérarchie. Ceci rend l'ANP plus réaliste par rapport à l'AHP (Saaty, 2009).

L'ANP représente un problème de prise de décision comme un réseau de critères et d'alternatives (qui sont tous appelés éléments), regroupés en grappes (groupes). Tous les éléments du réseau peuvent être liés de quelque façon que ce soit, ce qui signifie qu'un réseau peut intégrer des réactions et des interactions au sein de groupes d'éléments et entre les groupes. Cela donne une approche plus précise pour la modélisation d'un environnement complexe. L'influence des éléments du réseau sur d'autres éléments de ce réseau peut être représentée dans une supermatrice. Ce nouveau concept est une matrice bidimensionnelle, qui ajuste les poids d'importance relative dans les matrices de comparaison par paires, pour former une nouvelle supermatrice globale avec les vecteurs propres de poids d'importance relative ajustés (Bedja & Djaout, 2008).

La figure suivante illustre les structures d'un modèle ANP et d'un modèle AHP :

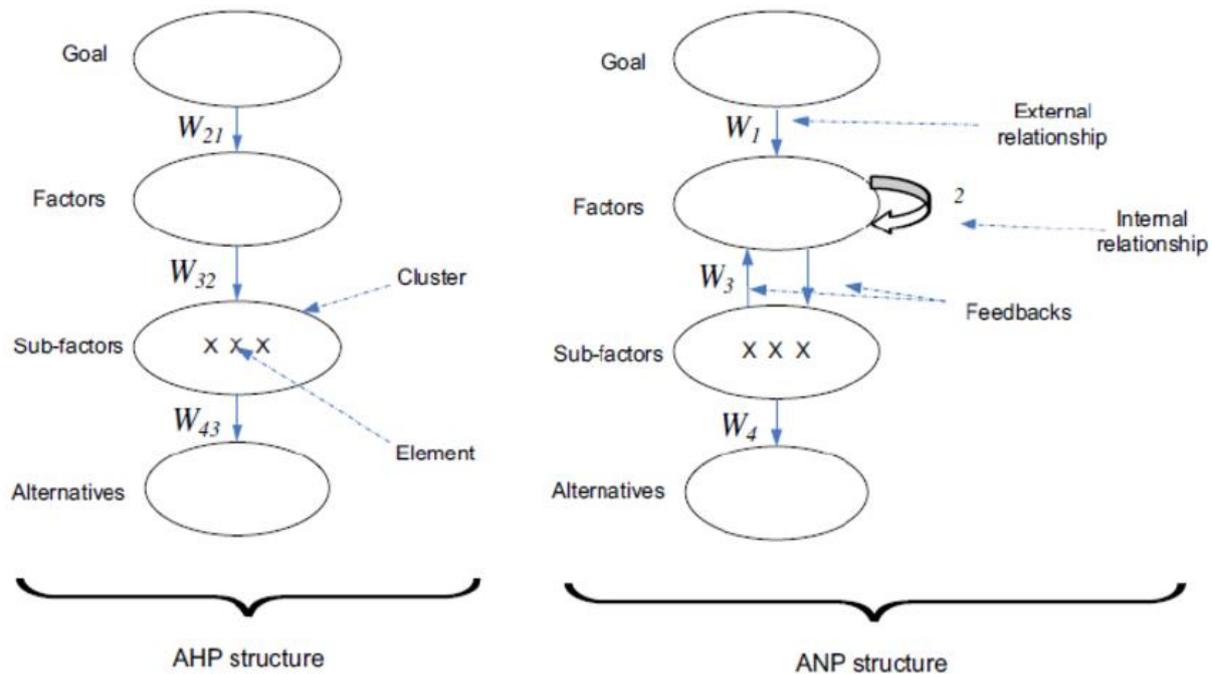


Figure II.9. Comparaison entre les structures d'un modèle ANP et d'un modèle AHP (Ergül & Yildiz, 2015)

L'ANP prend en compte deux types d'influence : interne et externe. Le premier type compare l'influence des éléments d'un groupe sur un autre élément du même groupe. Le second compare l'influence des éléments d'un groupe donné sur un élément d'un autre groupe (Saaty, 1996). Dans la figure II.9, un arc d'un groupe *Factors* vers un groupe *Sub-factors* indique une dépendance entre leurs éléments. Une boucle dans un groupe indique une dépendance entre les éléments de ce même groupe.

De ce fait, l'ANP constitue un outil efficace pour la prise en compte des interactions entre les critères du système étudié et une approche plus précise pour la modélisation d'un environnement complexe.

II.3.10.1. Étapes de mise en œuvre de l'ANP

La mise en œuvre de la méthode peut être ramenée à l'exécution des cinq étapes suivantes (Saaty, 2001), soit :

- Étape 1 : Construire le réseau de l'ANP
- Étape 2 : Faire des comparaisons par paire
- Étape 3 : Élaboration de la supermatrice initiale
- Étape 4 : Pondération de la supermatrice initiale
- Étape 5 : Calcul de la supermatrice limite

Première étape : Construire le réseau de l'ANP

La structure du système de décision est définie sur la base des entretiens avec les différents intervenants au processus de décisions. Pour la construction du modèle décisionnel, il est nécessaire de déterminer les éléments qui sont interdépendants. En effet, les éléments (critères)

d'un groupe peuvent influencer soit d'autres éléments dans le même groupe (cluster), soit ceux d'autres groupes.

Deuxième étape : comparaisons par paire

Cette étape a pour but d'établir l'importance relative de chaque critère à celle des autres critères et cela se fait par des comparaisons deux à deux. Cette étape comporte trois sous-étapes importantes définies comme suit :

a. Comparaison des critères par degré d'importance

Les matrices de jugements (comparaisons), sont complétées par les décideurs et ce, en répondant aux questions suivantes :

- Étant donné un critère (élément), lequel des deux critères dont il dépend, a le plus d'influence sur lui ?
- Étant donné une alternative, lequel des deux critères est plus dominant à l'égard de cette alternative ?

Afin de spécifier le degré d'importance d'un critère par rapport à un autre, Saaty a développé une échelle de valeurs de 1 à 9, fortement utilisée dans la méthode ANP. Le tableau II.7 regroupe l'échelle utilisée pour procéder aux comparaisons par paire, échelle dite de Saaty.

Tableau II.7. Echelle de Thomas L. Saaty

Echelle numérique ou intensité	Echelle verbale ou définition	Commentaire
1	Importance égale des deux éléments : Egalement important (aucune préférence)	Les deux critères contribuent autant au critère père
3	Un élément est un peu plus important que l'autre : Légèrement plus important	L'expérience et le jugement personnel favorisent légèrement l'un par rapport à l'autre
5	Un élément est plus important que l'autre : Fortement plus important	L'expérience et le jugement personnel favorisent fortement un critère par rapport à l'autre
7	Un élément est beaucoup plus important que l'autre : Très fortement plus important	Un élément est largement dominant et cette dominance est démontrée dans la pratique
9	Un élément est absolument plus important que l'autre : Absolument plus important	Les preuves favorisant un critère par rapport à un autre sont aussi convaincantes que possible
2, 4, 6, 8	Valeurs intermédiaires entre deux appréciations voisines	Un compromis est nécessaire entre deux appréciations
Valeurs inverses (1, 1/2, 1/3, ..., 1/9)	Utilisées pour démontrer la dominance du second élément par rapport au premier	Si x est la valeur du jugement quand le critère Ci est comparé à Cj, alors 1/x est la valeur du jugement quand Cj est comparé à Ci.

Lorsque deux éléments en comparaison sont indépendants, on attribue la valeur zéro.

b. Agrégation des jugements

Une fois les matrices de comparaisons par paire remplies par les experts, les jugements émis devront être agrégés et ce, en calculant la moyenne géométrique des notes attribuées par les experts (Ossadnik & al, 2015). La formule utilisée est la suivante :

$$\text{Pour 2 jugements a et b :} \quad G(a, b) = \sqrt{ab} \quad (12)$$

La moyenne géométrique pondérée d'une série de n valeurs x_1, x_2, \dots, x_n dont les poids respectifs (ou coefficients) est la suite de nombres suivante : p_1, p_2, \dots, p_n , est donnée par la formule :

$$\sqrt[\sum_{i=1}^n p_i]{\prod_{i=1}^n x_i^{p_i}} \quad (13)$$

Si tous les poids sont égaux, alors la formule devient :

$$\sqrt[n]{\prod_{i=1}^n x_i} \quad (14)$$

c. Détermination des priorités associées à chaque critère

Une fois les matrices de jugements (comparaisons) remplies, on doit déterminer les priorités de chaque critère. Ces priorités représentent le vecteur propre de la matrice de comparaisons en question.

Pour ce faire, Saaty a démontré que les priorités (vecteurs propres) peuvent être obtenues par une simple technique. On normalise d'abord chaque colonne de cette matrice (on additionne les valeurs d'une même colonne, puis on divise chaque nombre de la colonne par cette somme). Ensuite, on calcule la moyenne arithmétique des nombres de chaque ligne. Chaque ligne correspondant à un critère, la moyenne associée au critère définit le poids du critère relativement au critère père (Caillet, 2003). Il est à noter que la somme des poids des critères au sein d'une matrice doit être égale à 1.

d. Évaluer la cohérence des jugements

L'un des avantages de l'ANP et de l'AHP est la vérification de la cohérence des résultats.

Pour chacune des matrices de jugements (comparaisons), on calcule donc un indice de cohérence puis un ratio de cohérence.

Ce dernier permet d'évaluer la cohérence logique des jugements émis par les parties prenantes au processus de décision. Le calcul de ce paramètre est précédé par celui de l'indice de cohérence IC déterminé par la formule suivante :

$$IC = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1} \quad (15)$$

Où :

- λ_{max} est la plus grande valeur propre de la matrice des jugements. Pour la calculer, on résoud l’équation $A\vec{v} = \lambda\vec{v}$ (avec A matrice des jugements et \vec{v} vecteur des priorités ou vecteur propre). λ_{max} représente la moyenne des composantes de ce vecteur propre \vec{v} .
- n est le nombre d’éléments comparés.

Plus l'indice de cohérence est grand, plus les jugements du décideur sont incohérents.

Le ratio de cohérence (RC) est donné par la formule suivante :

$$RC = \frac{IC}{IA} \quad (16)$$

Avec :

RC : Le ratio de cohérence.

IA : L’Indice Aléatoire qui représente un indice obtenu par un grand nombre de simulations effectuées sur des matrices carrés de taille (N) et dont les valeurs sont données dans le tableau suivant :

Tableau II.8. Indice aléatoire

Taille de matrice (N)	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
IA	0.00	0.58	0.90	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49	1.51	1.48	1.56	1.57	1.59

L’attribution des poids est jugée acceptable si RC est inférieur à 10%. Dans le cas où cette valeur dépasse 10%, les appréciations peuvent exiger certaines révisions allant de la réattribution des poids à la remise en cause du modèle lui-même.

Troisième étape : Élaboration de la supermatrice

Toutes les priorités (vecteurs propres) obtenues dans l’étape précédente sont regroupées et placées en colonne dans une matrice dite supermatrice non pondérée (initiale). Cette supermatrice a la forme suivante :

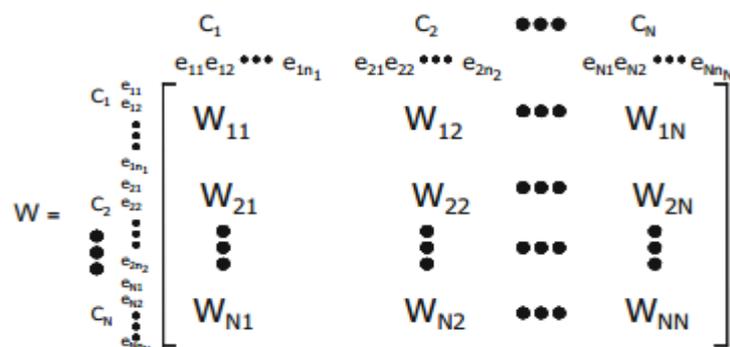


Figure II.10. La supermatrice non pondérée du réseau ANP (Saaty & Vargas, 2013)

W : Supermatrice non-pondérée (initiale).

e_{ij} : $j^{\text{ème}}$ élément du $i^{\text{ème}}$ groupe.

w_{ij} : Matrice des priorités relatives entre les éléments du groupe C_i et les éléments du groupe C_j .

N_i : nombre d'éléments dans le groupe i

Quatrième étape : Pondération de la supermatrice initiale

La supermatrice doit être stochastique en colonne, c'est à dire que la somme des éléments d'une colonne doit être égale à 1 et ce, pour obtenir les priorités limites. Afin de pondérer la supermatrice (dans le but de la rendre stochastique), la matrice des priorités relatives des groupes est calculée comme suit (Saaty, 1996):

Étant donné un groupe C_1 , parmi les groupes qui influencent ce dernier, des comparaisons par paire sont faites en posant la question suivante : « parmi une paire de groupes qui ont une influence sur C_1 , lequel d'entre eux influence le plus C_1 ? ». Une fois les matrices de comparaisons remplies, leurs vecteurs de priorités sont calculés et chacun d'eux constituera une des colonnes de la matrice des priorités relatives des groupes (nommée matrice de groupe ou matrice de pondération). Ensuite, chaque bloc de la supermatrice non-pondérée est multiplié par la priorité du groupe (correspondant au bloc) dans la matrice de pondération, ce qui engendre une supermatrice pondérée. Cette matrice est stochastique en colonne (la somme des éléments d'une colonne est égale à 1).

Cinquième étape : Calcul de la supermatrice limite

La supermatrice pondérée doit atteindre un état d'équilibre. Pour ce faire, on doit élever la supermatrice pondérée jusqu'à ce qu'elle converge (généralement, celle-ci est élevée à la puissance $2k+1$, où k est un nombre arbitraire très grand).

À partir de là, il sera possible d'observer le résultat final (priorités finales) pour chaque élément. La meilleure alternative qu'on sélectionne est celle qui a la plus haute propriété (Saaty, 1996).

La figure suivante récapitule les 5 étapes de la mise en œuvre de l'ANP :

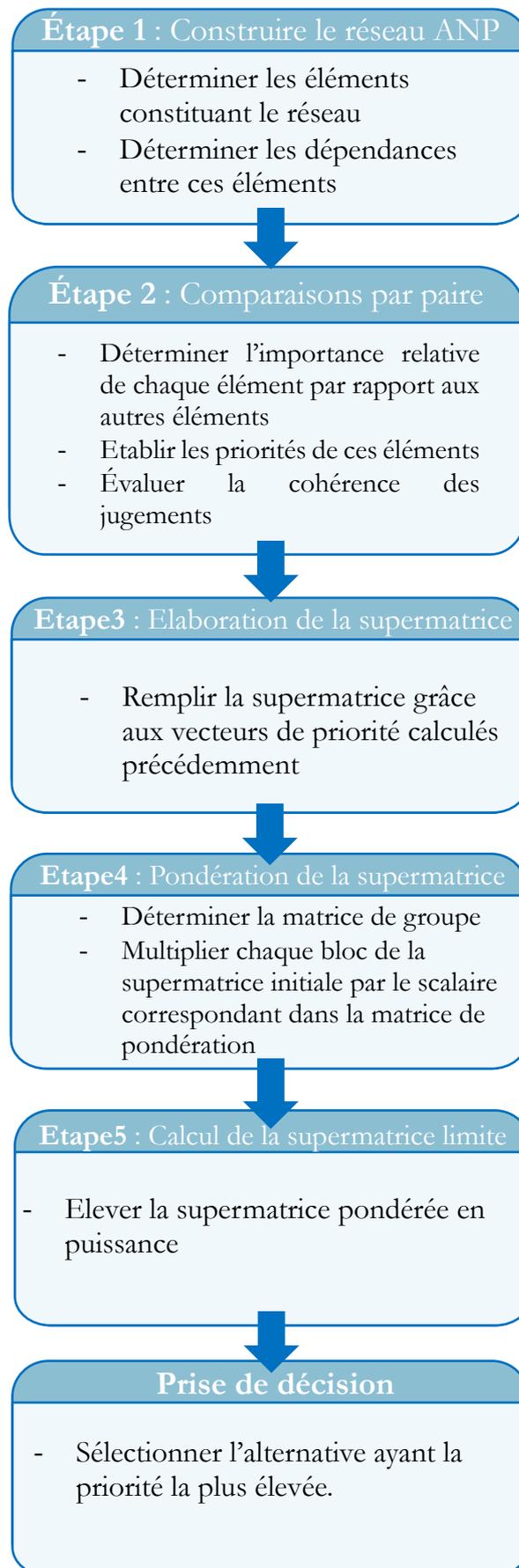


Figure II.11. Étapes de mise en œuvre de la méthode ANP

II.3.10.2. L'analyse de sensibilité

Lorsqu'on procède à la prise d'une décision d'ordre stratégique, il est important de savoir, d'une part, quels paramètres ont le plus d'influence sur le résultat et, d'autre part, quelle est la stabilité des résultats obtenus.

Pour ce faire, on a recours à une analyse de sensibilité, définie comme suit :

« L'analyse de sensibilité consiste à répéter l'analyse multicritère originale en faisant varier les valeurs attribuées à l'origine aux différents paramètres de la méthode appliquée, valeurs qui sont souvent empreintes d'un certain arbitraire. Elle vise à définir les paramètres qui conditionnent le plus étroitement la solution choisie, c'est-à-dire où il suffit d'une faible modification pour changer la solution proposée » (Maystre & al, 1994).

En effet, l'apport principal de cette analyse tient au fait qu'elle permet de rassurer le décideur sur la stabilité des jugements qu'il a émis en faisant varier tour à tour les données relatives au problème traité.

II.3.10.3. Avantages et inconvénients de la méthode ANP

Parmi les avantages de cette méthode, nous pouvons citer (Saaty, 2005) :

- L'ANP est une méthode qui peut s'avérer utile pour aider de multiples parties (parties prenantes) à prendre une décision en incluant l'opinion de tous les membres du groupe.
- L'ANP permet de traduire les relations complexes qui existent entre les critères. Elle est utilisée pour déterminer le degré de dépendance et les relations qui existent entre ces critères.
- Sa structure en réseau permet de mieux visualiser l'interdépendance qui existe entre les différents éléments du réseau.

Cependant, l'ANP présente quelques inconvénients, notamment (Lesmes & al, 2009) :

- Le nombre de questionnaires (matrices de comparaison deux à deux) est d'autant plus important que le nombre de critères retenus augmente. Il est donc recommandé de réduire le nombre de critères retenus pour l'application de la méthode.
- La complexité et le temps de mise en œuvre sont plus importants que pour l'AHP.

Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons abordé plusieurs notions théoriques tirées de la revue de littérature, à savoir : le concept du Supply Chain Management, les modèles de conception d'un réseau de distribution ainsi que les éléments liés à l'externalisation logistique et au choix du meilleur prestataire logistique.

Dans ce qui va suivre, nous exposerons la partie pratique de notre travail qui sera déclinée en deux chapitres. Le chapitre III consistera à déterminer la meilleure configuration du réseau de distribution et ce, à travers la proposition de différents scénarios et le calcul des coûts logistiques associés. Le chapitre IV, quant à lui, concernera l'externalisation logistique en abordant le calcul de différents paramètres liés au stock ainsi que la proposition d'un outil d'aide à la décision multicritère pour la sélection du meilleur prestataire 3PL.

CHAPITRE III

SOLUTION 1 : RECONFIGURATION DU RESEAU DE DISTRIBUTION

*« Même l'organisation la plus parfaite a besoin d'évoluer tous les dix ans. »
Bernard CALVET*

Introduction

Après avoir posé la problématique et passé en revue la partie bibliographique, nous allons aborder dans ce présent chapitre la première solution que nous préconisons. Cette dernière consiste à proposer différents scénarios pour la reconfiguration du réseau de distribution de HA comportant la détermination du nombre d'entrepôts à ouvrir, leurs localisations, l'affectation des clients et le calcul des coûts logistiques qui y sont associés (coûts de transport, coûts matériels et humains et coûts de location) et à la clé, le choix du meilleur scénario.

Il est à noter que, pour des raisons de confidentialité, les données présentées dans ce chapitre ont été modifiées ou non-affichées.

III.1.Scénarios proposés

Suite à la décision stratégique de HA de fermer l'usine et l'entrepôt de AT durant l'année en cours et compte tenu du manque d'espace de stockage constaté, notamment au niveau de l'entrepôt de REG, notre premier travail consiste à déterminer le nombre et la localisation des entrepôts de telle sorte à répondre à la demande client. Il est à noter que cette décision sera prise en considérant un horizon de moyen à long terme. C'est pourquoi et compte tenu des données dont nous disposons, notre étude se fera sur un horizon de quatre (04) ans, à savoir jusqu'à 2020.

Dans le but d'aboutir à une solution qui sied au mieux à la problématique que nous allons traiter, nous avons opté pour la proposition de différents scénarios. Après analyse de la situation actuelle et discussion avec les parties prenantes à cette décision, trois scénarios ont pu être proposés et validés. Dans ce qui suit, nous allons présenter les différents scénarios en justifiant le choix de chacun. La décision de fermeture de l'usine et de l'entrepôt de AT étant commune aux trois scénarios car considérée comme donnée d'entrée. Concernant la quantité produite actuellement par l'usine de AT, cette dernière sera supportée à l'avenir par l'usine de CEL qui fabrique le même type de produit.

III.1.1. Scénario 1 : Relocalisation de l'entrepôt fermé de AT

a. Données d'entrée :

- L'entrepôt de AT est fermé (région Ouest)

b. Description :

Ce scénario étant le plus simple et le premier qui vient à l'esprit car il découle tout naturellement de la décision de fermeture. Le futur entrepôt desservira les distributeurs de la région Ouest, autrement dit, tous ceux qui sont actuellement desservis par l'entrepôt de AT. Quant à la configuration au niveau de la région Centre, elle demeurera intacte dans ce scénario.

III.1.2. Scénario 2 : Centralisation des entrepôts fermés en un seul plus grand entrepôt qui desservira les distributeurs des régions Ouest et Centre.

a. Données d'entrée :

- L'entrepôt de AT est fermé (région Ouest)
- Les entrepôts de REG, HAM et KEK sont fermés (région Centre)

b. Description :

Ce scénario a été pris en compte pour différentes raisons. La première tient au fait que HA souhaite profiter entre autres, des économies d'échelle d'entreposage, d'une simplification des flux et des procédures administratives en regroupant plusieurs entrepôts en un seul plus grand. De plus, la décision de fermer l'entrepôt de REG, qui se trouve sur le site de production, est justifiée par le fait que sa capacité de stockage est très loin d'être suffisante et que l'espace de cet entrepôt sera utilisé à l'avenir pour une éventuelle extension de la production. En effet, les prévisions indiquent une augmentation de ##% de la production liquide d'ici 2020 et l'usine de REG devra à elle seule supporter cette augmentation.

Enfin, concernant la fermeture des entrepôts de HAM et de KEK, on explique cela par le fait que HA ait dû louer ces entrepôts en urgence à cause d'une baisse significative des ventes qui s'est répercutée sur le niveau des stocks. De plus, cette location était une solution provisoire et dont les coûts n'étaient pas prévus dans le budget annuel alloué à la logistique.

III.1.3. Scénario 3 : Relocalisation de p entrepôts et redécoupage éventuel des régions.

a. Données d'entrée :

- L'entrepôt de AT est fermé (région Ouest)
- Les entrepôts de REG, HAM et KEK sont fermés (région Centre)

b. Description :

Nous avons proposé ce scénario car nous ne souhaitons pas nous limiter à l'ouverture d'un nombre préétabli d'entrepôts. Le nombre d'entrepôts, leurs localisations et capacités de stockage ainsi que les distributeurs (clients) auxquels ils seront affectés seront déterminés grâce à la résolution d'un modèle mathématique.

III.2. Critères qualitatifs et quantitatifs pris en compte

Le choix du meilleur scénario sera conditionné par différents critères quantitatifs et qualitatifs qui ont été retenus suite à une concertation avec l'équipe exécutive.

III.2.1. Critères qualitatifs :

- a. Connexions aux réseaux de transport : Dans notre cas, il s'agira de favoriser :
 - La proximité à l'autoroute Est-Ouest : Ce sous-critère a été retenu dans le but d'optimiser les durées et les longueurs des trajets.
 - La proximité aux gares ferroviaires : Ce sous-critère a été retenu car HA souhaite à l'avenir tendre vers l'usage du transport multimodal et la massification des quantités transportées.
- b. Existence d'une zone industrielle : ce sous-critère a été retenu car les besoins en infrastructure sont déterminants dans la performance logistique des entrepôts.

III.2.2. Critères quantitatifs (Coûts) :

- a. **Coûts de transport** : C'est l'un des critères les plus importants. Nous distinguerons ici deux types de coûts de transport :
 - Les coûts Inbound : Ils caractérisent les coûts de transport entre usines et entrepôts. Les moyens de transport utilisés sont les camions 20 T.
 - Les coûts Outbound : Ils caractérisent les coûts de transport entre entrepôts et clients (distributeurs). Les moyens de transport utilisés sont les camions 10 T, 20T et les fourgons 2.5 T.

Suivant la distance parcourue et le moyen de transport utilisé, nous distinguons différentes fourchettes de coûts de transport. Le tableau suivant récapitule ces dernières :

Tableau III.1. Coûts de transport pour chaque moyen de transport suivant la distance parcourue

		Fourchettes des distances (en Km)		
		$0 < D \leq 50$ Km	$50 \text{ Km} < D \leq 150$ Km	$D > 150$ Km
Coût par Km pour chaque moyen de transport (en DZD)	Camion 20 T	##	##	##
	Camion 10 T	##	##	##
	Fourgon 2.5 T	##	##	##

Source : Henkel Algérie

- b. Coûts d'exploitation de l'entrepôt :** Ils englobent l'ensemble des coûts inhérents à l'activité de l'entrepôt, à savoir, la réception, le chargement/déchargement, le stockage/entreposage, la préparation de commande et la gestion des données de toutes ces opérations via les supports technologiques. Le tableau suivant récapitule l'ensemble des coûts recensés par HA pour tous ses entrepôts et leurs contributions au coût global d'exploitation durant l'année 2015 sur le territoire national :

Tableau III.2. Contribution des différents types de coûts au coût global d'exploitation annuellement

	Coûts	Contribution au coût global d'exploitation
Coûts primaires	Coûts des palettes en bois	20%
	Location entrepôt en externe	14%
	Frais du personnel	13%
	Dépréciation et amortissements	8%
	Fournitures de bureau et services technologiques	3%
	Coûts des déplacements du personnel	1%
	Assurance	1%
Coûts secondaires	Location entrepôt en interne	15%
	Investissements	14%
	Consommation d'énergie (électricité, fuel) et d'eau	4%
Coûts externes	Coûts divers (maintenance, réparation, etc.)	7%

Source : Henkel Algérie

Après analyse de ces coûts, nous avons décidé, avec l'aval du Head of Planning & Logistics de HA, de nous concentrer sur les coûts ayant d'importantes contributions au coût global d'exploitation. Le seuil minimal qui a été retenu étant de 8 %. La figure suivante illustre la contribution de chaque coût logistique au coût global d'exploitation :

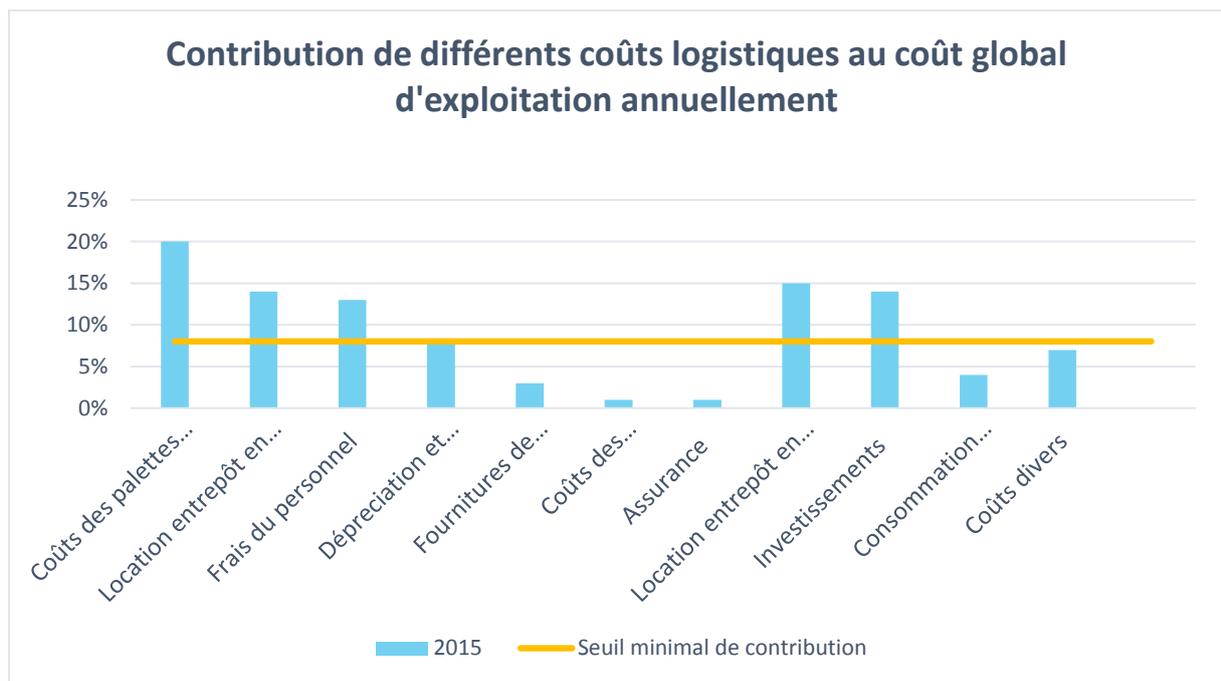


Figure III.1. Contribution des différents coûts logistiques au coût global d'exploitation annuellement

Les coûts retenus représentent plus de 84% du coût total d'exploitation. Toutefois, et pour des raisons de confidentialité, nous avons dû écarter d'autres coûts de nos calculs comme les investissements. Concernant, le coût des palettes en bois, ce dernier reste inchangé entre les 3 scénarios et ne sera incorporé qu'en dernier lieu dans les calculs pour chaque scénario (dans le calcul de coût à la tonne). En effet, le nombre de palettes en bois dépend des ventes réalisées qui sont identiques quel que soit le scénario. Il est à noter qu'une palette en bois est utilisée pour deux livraisons avant d'être considérée comme un déchet à traiter. De ce fait, le coût des palettes en bois est égal à :

$$\text{Coût palettes en bois} = \frac{\text{prévisions de ventes}}{2} \times \text{Coût unitaire}$$

De plus, les principaux postes de coûts sont le personnel direct, d'encadrement technique et administratif d'une part et le coût des locaux d'autre part. Ce dernier coût dépend de la localisation et du type d'équipements (Vallin, 2006).

De ce fait, les coûts d'exploitation retenus dans nos calculs sont :

- **Les frais du personnel, les coûts d'acquisition et d'amortissement du matériel** : Ces coûts vont être déterminés en se basant sur différentes données :
 - Capacité de l'entrepôt
 - Nombre de shifts (régime 3*8)
 - Durée de travail d'une équipe : elle est de 8 heures théoriquement mais nous avons considéré que les employés travaillaient efficacement durant 6 heures.
 - Flux Inbound et Outbound en palettes

- Nombre de jours ouvrables par semaine : 6 jours ouvrables
 - Capacité des moyens de transport en palettes : sachant qu'une palette pèse environ 0.6 Tonne
 - Durée de chaque opération (en minutes) : chargement, déchargement, réception, mise en palette des produits, entrée en stocks, etc.
 - Coûts de la main d'œuvre
 - Coûts d'acquisition du matériel
 - Amortissement : la durée d'utilisation des biens matériels est estimée à 5 ans. Ils seront mis en service le 1^{er} janvier 2017.
- **Le Coût de location** : Ce coût est exprimé par palette et par mois. Il dépend de la localisation géographique de l'entrepôt en question.
- Les coûts de location interne : ces coûts concernent les entrepôts qui font partie des sites de production comme ceux de REG et de CEL.
 - Les coûts de location externe : ces coûts concernent les entrepôts loués hors sites de production comme ceux de HAM et de KEK. Les données qui nous ont été communiquées par HA concernent le coût de location pour une palette par mois suivant les trois régions Ouest, Centre et Est :
- Région Ouest : ## DZD.
 - Région Centre : ## DZD.
 - Région Est : ## DZD.

III.3. Hypothèses :

1. La capacité des entrepôts à localiser sera fixée de telle sorte à répondre aux demandes des clients en admettant une variabilité de 20% qu'on justifie par une évolution non régulière de ces dernières tout au long de l'année.
2. Les taux de couverture des produits de type liquide et poudre ont été pris en compte car cela va conditionner les besoins en capacité de stockage.
3. La répartition de la demande, tout produit confondu, sur tous les clients pour les quatre années à venir, est supposée identique à l'actuelle. Elle a été déterminée après traitement de données historiques.
4. A la demande de HA, notre champ d'intervention concernera principalement les régions Ouest et Centre. Autrement dit, nos calculs concerneront ces régions en particulier.
5. Un taux de ##% désignant le mois où les ventes ont été les plus fortes sera pris en compte dans la détermination de la capacité de l'entrepôt à localiser.

Les résultats ont été présentés à HA pour décider, après discussion et interprétation de ces derniers, du scénario qui répond aux mieux à ses besoins.

III.4. Présentation et interprétation des résultats

- Méthode du barycentre :

Dans les deux premiers scénarios, il s'agira de localiser un seul entrepôt. Par conséquent, nous avons opté pour la méthode du barycentre (voir II.2.2.1 page 51) Ce choix est justifié par le fait que c'est une méthode facile, simple à utiliser et qui donne généralement des résultats fiables pour la localisation d'un seul entrepôt. Elle permet de déterminer l'emplacement d'un entrepôt à partir des demandes des clients pondérées par leurs coordonnées. Le résultat obtenu pourra ensuite être réajusté ou affiné en prenant en compte des critères supplémentaires tels que la connexion aux réseaux de transport.

Nous avons utilisé Google Maps pour déterminer les coordonnées GPS des distributeurs et la tabulation EXCEL pour effectuer les différents calculs.

III.4.1. Résultats du scénario 1

a. Localisation :

Dans ce scénario, il s'agit de relocaliser l'entrepôt fermé de AT. Par conséquent, dans le calcul du barycentre, nous intégrerons les demandes et les coordonnées des distributeurs de la région Ouest. Les résultats sont illustrés dans l'annexe III.1 (page 150).

Le résultat des calculs indique que l'entrepôt doit être localisé dans la ville de Sidi Bel Abbès. Nous retiendrons cette localisation de par sa connexion aux réseaux de transport et la disponibilité d'une zone industrielle dans ses environs.

b. Calcul des coûts

- Coûts de transport

Le calcul des coûts de transport Inbound et Outbound a été basé sur deux calculs préliminaires :

1. Le calcul des distances.
2. Le calcul des flux Inbound (usines-entrepôt) et Outbound (entrepôt-clients) exprimés en camions de 20 T, 10 T et fourgons de 2.5 T.

Les résultats obtenus pour les coûts de transport annuels du scénario 1 sont illustrés dans le tableau ci-dessous :

Tableau III.3. Coûts de transport annuels pour le scénario 1

	Outbound (DZD)	Inbound (DZD)	Total (DZD)
2017	##	##	##
2018	##	##	##
2019	##	##	##
2020	##	##	##

c. Commentaires :

À travers les résultats du premier scénario, nous avons pu cerner deux principaux éléments. Premièrement, nous avons constaté que les coûts de transport Inbound représentent plus de

57% des coûts de transport. Cela s'explique par le fait que les usines sont beaucoup plus éloignées de l'entrepôt que les distributeurs.

Deuxièmement, après présentation des résultats à notre responsable, nous avons pu constater que ce dernier souhaitait que la localisation de l'entrepôt soit plus proche de la région Centre et ce, même si on s'éloignait quelque peu des clients qu'il desservait au niveau de la région Ouest.

En considérant ces deux éléments, notre réflexion a abouti à la question suivante :

« Pourquoi ne pas incorporer le flux provenant des deux usines (REG et CEL) dans le calcul du barycentre ? ». Cette réflexion est justifiée par le fait que les flux échangés entre les usines et l'entrepôt, une fois incorporés dans le calcul du barycentre, permettraient de tirer la localisation de l'entrepôt vers les usines et réduiraient ainsi les coûts Inbound. De ce fait, on se rapprocherait du centre, comme exigé par le Head Planning & Logistics tout en optimisant les coûts Inbound. D'autre part, nous avons décidé d'explorer cette piste car nous voulions mettre en évidence le compromis suivant : En se rapprochant de la région Centre et par conséquent des usines, est-ce que les gains réalisés sur les coûts Inbound permettraient de compenser les pertes engendrées sur les coûts Outbound du fait de l'éloignement par rapport aux clients ?

Dans ce qui suit, nous allons présenter les résultats du barycentre et des coûts de transport en considérant l'hypothèse énoncée précédemment, à savoir l'incorporation des flux échangés entre les usines et l'entrepôt dans le calcul de barycentre. Pour désigner cette hypothèse, nous lui attribuerons l'acronyme UI (Usines Incorporées dans le calcul du barycentre). Par exemple, l'appellation « SC1 UI » signifiera que les usines ont été incorporées dans le calcul du barycentre pour le scénario 1. Dans le cas contraire, nous utiliserons l'appellation « SC1 UNI » (Usines Non Incorporées dans le calcul du barycentre).

III.4.2. Résultats du scénario 1 UI :

a. Localisation

Le résultat des calculs indique que l'entrepôt doit être localisé au niveau de Theniet El Had dans la wilaya de Tissemsilt. Cette localisation ne se trouvant pas à proximité d'une gare ferroviaire et de l'autoroute Est-Ouest, nous avons effectué un ajustement qui a permis de localiser l'entrepôt à Khemis Miliana. Les résultats sont illustrés dans l'annexe III.2 (page 151)

b. Coûts de transport

Les résultats du calcul des coûts de transport annuels pour le scénario 1UI sont présentés dans le tableau suivant :

Tableau III.4. Coûts de transport annuels pour le scénario 1UI

	Outbound (DZD)	Inbound (DZD)	Total (DZD)
2017	##	##	##
2018	##	##	##
2019	##	##	##
2020	##	##	##

Centre comme cela était souhaité. De plus, les coûts Inbound représentent à présent plus de **39%** des coûts de transport. Enfin, la réduction des coûts Inbound et l'augmentation des coûts Outbound a permis de réaliser des gains **## DZD** sur les quatre (04) années à venir (2017-2020), ce qui représente une réduction des coûts de près de **14%**. Ceci prouve que l'hypothèse pour laquelle nous avons opté est bien fondée. Les résultats de calculs sont illustrés dans la figure ci-dessous :

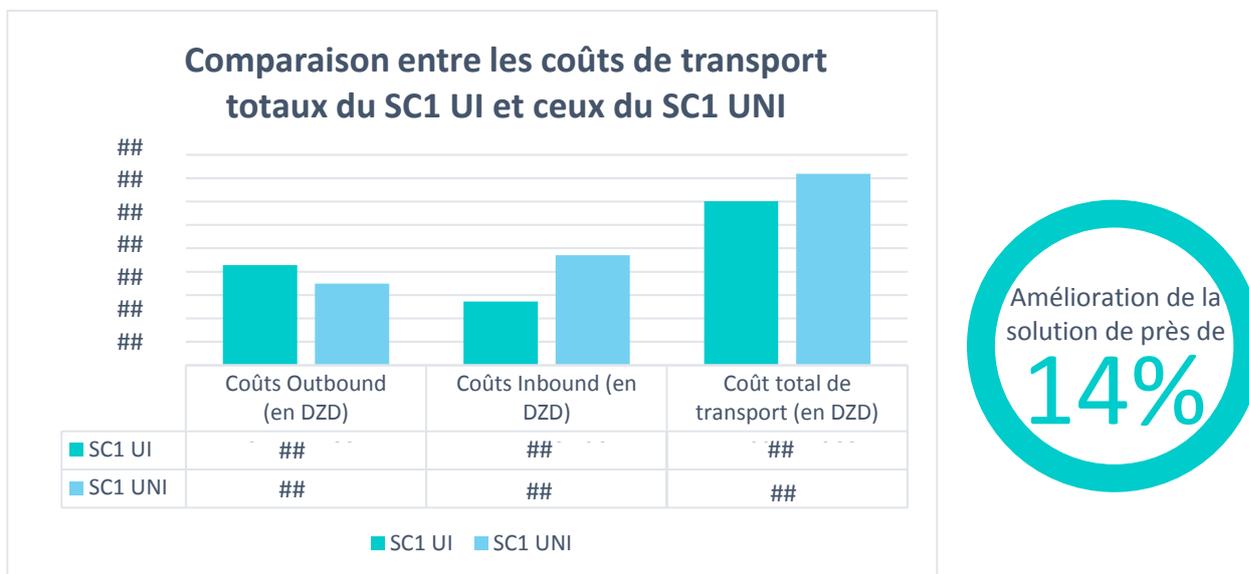


Figure III.2. Comparaison entre les coûts de transport totaux du scénario 1 UI et ceux du scénario 1 UNI (touts années confondues)

c. Coûts d'exploitation

- Coût de location

Les besoins en espace de stockage pour les régions Ouest et Centre sur l'horizon 2020 ont été calculés à partir des prévisions de ventes en considérant une variabilité de **20%**. Concernant la région Centre, nous disposons actuellement d'une capacité de **## Palettes** qui sera étendue par la suite grâce à la location d'un espace de stockage supplémentaire. À partir des besoins en espace de stockage et des coûts de location par région, nous avons déterminé les coûts de location illustrés ci-dessous :

Tableau III.3. Coût annuels de location pour le scénario 1

Type de coûts / Année		2017	2018	2019	2020
Centre	Capacité de stockage nécessaire (en palettes)	##	##	##	##
	Coûts de location externe (HAM + KEK)	##	##	##	##
	Coûts de location interne (REG)	##	##	##	##
	Coûts de location d'un espace supplémentaire	##	##	##	##
Ouest	Capacité de stockage nécessaire (en palettes)	##	##	##	##
	Location de l'entrepôt de Khemis Miliana	##	##	##	##
Total (en DZD)		##	##	##	##
Coût total sur 4 ans (en DZD)		##			

- *Frais du personnel, acquisition et amortissement du matériel*

Pour évaluer ces coûts, nous avons d'abord estimé les besoins en ressources humaines et matérielles de l'entrepôt de Khemis Miliana et des entrepôts de la région Centre pour les années à venir. Pour déterminer ces besoins, nous nous sommes basés sur les données communiquées par HA et que nous avons mentionnées plus haut.

Le tableau suivant regroupe les besoins humains et matériels ainsi que leurs coûts respectifs pour les quatre (04) années à venir :

La répartition de l'ensemble des coûts logistiques pour le scénario 1 est présentée dans la figure suivante :

Répartition des coûts logistiques du scénario 1

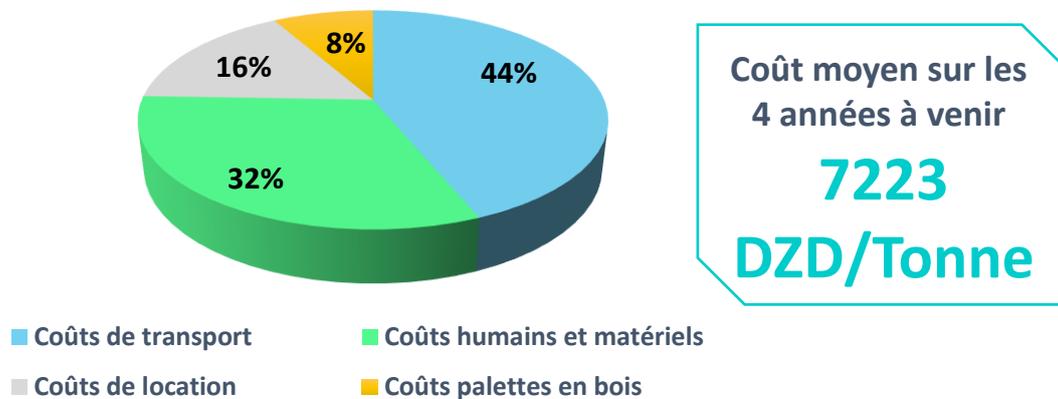


Figure III.3. Répartition des coûts logistiques du scénario 1 (toutes années confondues)

III.4.3. Résultats du scénario 2 UI

a. Localisation

Le résultat des calculs indique que l'entrepôt doit être localisé au niveau de Berrouaghia dans la wilaya de Médéa. Cette localisation ne se trouvant pas à proximité d'une gare ferroviaire, de l'autoroute Est-Ouest ou à proximité d'une zone industrielle active, nous avons effectué un ajustement qui a permis de localiser l'entrepôt à Blida. Il est à noter que l'application du barycentre sans considération de l'hypothèse UI a localisé l'entrepôt au niveau de Tissemsilt. Le détail des résultats est illustré dans l'annexe III.3. (page 151) et l'annexe III.4 (page 152).

b. Coûts de transport

Il est à noter que le fait d'incorporer les demandes des usines dans le calcul du barycentre a permis là aussi de diminuer les coûts de transport de **## DZD** sur les 4 années à venir, ce qui représente une réduction de près de **12%**. Cela nous conforte dans l'hypothèse que nous avons émise. La comparaison des coûts de transport totaux (toutes années confondues) avec/sans hypothèse pour le scénario 2 est illustrée dans la figure suivante :

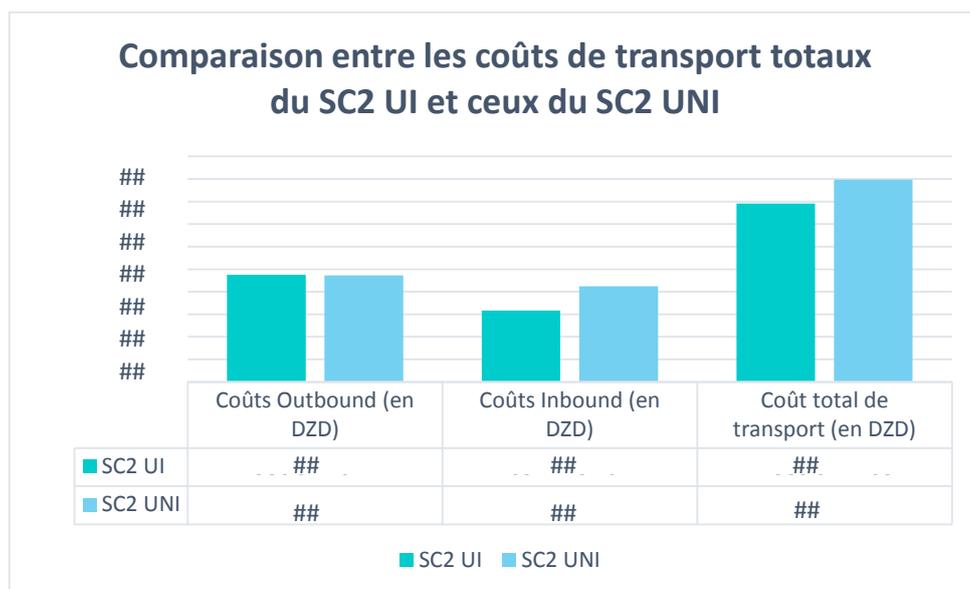


Figure III.4. Comparaison entre les coûts de transport totaux du SC2 UI et ceux du SC2 UNI

c. Coûts d'exploitation

- *Coût de location*

Les besoins en espace de stockage pour les régions Ouest et Centre sur l'horizon 2020 ont été calculés à partir des prévisions de ventes en considérant une variabilité de 20%. Ces derniers ainsi que leurs coûts associés sont présentés dans le tableau suivant :

Tableau III.5. Coûts annuels de location pour le scénario 2

Année	2017	2018	2019	2020
Capacité de stockage nécessaire (en palettes)	##	##	##	##
Coûts de location de l'entrepôt de Blida (en DZD)	##	##	##	##
Coût total sur 4 ans (en DZD)	##			

- *Frais du personnel, acquisition et amortissement du matériel*

Le tableau suivant regroupe les besoins humains et matériels à l'horizon 2020 et les coûts annuels relatifs à ces derniers :

Tableau III.6. Calcul des besoins matériels et humains et de leurs coûts annuels sur l’horizon 2020 pour le scénario 2

		2017 (acquisition du matériel)		2018		2019		2020	
		Ouest + Centre		Ouest + Centre		Ouest + Centre		Ouest + Centre	
		Besoins	Coûts	Besoins	Coûts	Besoins	Coûts	Besoins	Coûts
Ressources matérielles	Reach Truck	##	##	##	##	##	##	##	##
	Diesel FL	##	##	##	##	##	##	##	##
	PPM	##	##	##	##	##	##	##	##
	OrderPicker	##	##	##	##	##	##	##	##
	Total	##	##	##	##	##	##	##	##
Ressources humaines	DC & Project Manager	##	##	##	##	##	##	##	##
	HSE & QA Manager	##		##		##			
	Stock Controller Supervisor	##		##		##			
	Transport responsible	##		##		##			
	Supervisors	##		##		##			
	Operators	##		##		##			
	Reach Truck Drivers	##		##		##			
	FL Drivers	##		##		##			
	PPM Drivers	##		##		##			
	Pickers	##		##		##			
	Total	##		##		##			

La répartition de l’ensemble des coûts logistiques pour le scénario 2 est présentée dans la figure suivante :

Répartition des coûts logistiques du scénario 2

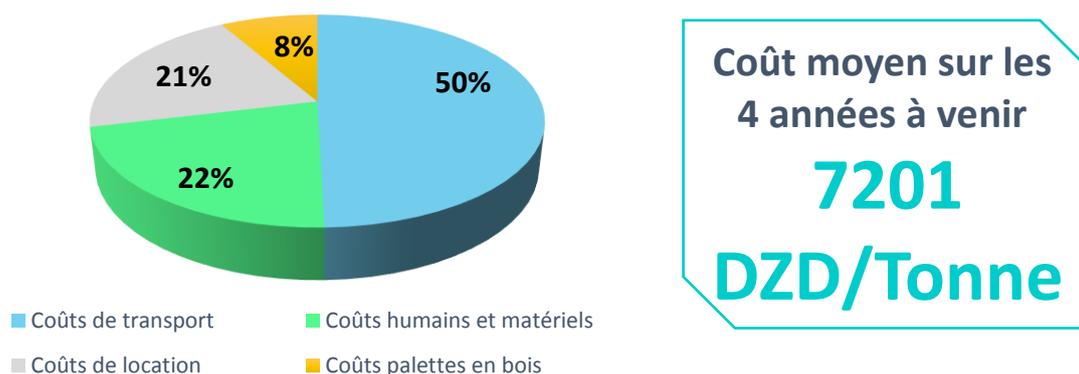


Figure III.5. Répartition des coûts logistiques du scénario 2 (toutes années confondues)

III.4.4. Scénario 3 : Relocalisation de p entrepôts et redécoupage éventuel des régions

Ne voulant pas nous limiter à un nombre préétabli d’entrepôts à ouvrir, nous avons proposé le scénario 3 qui a comme donnée d’entrée la fermeture de tous les entrepôts des régions Ouest et Centre. Cela dans le but de déterminer :

- Le nombre optimal d'entrepôts à ouvrir
- Les localisations de ces entrepôts et leurs capacités de stockage
- Les distributeurs (clients) qui leur seront affectés
- Les entrepôts qui seront fermés ou dont la capacité sera étendue
- Les flux circulant entre chaque usine et chaque entrepôt ouvert.

Tout en minimisant les coûts logistiques suivants :

- Coûts de transport sur deux échelons : depuis les usines jusqu'aux entrepôts et depuis les entrepôts vers les clients.
- Coûts d'ouverture, d'extension et de fermeture des entrepôts : il est important de prendre ces coûts en compte car les décisions d'ouverture, d'extension et de fermeture d'entrepôts induites par l'évolution des tendances du marché, sont stratégiques et les coûts inhérents à ces dernières peuvent être considérables.

Et en considérant les contraintes propres à HA, notamment :

- Les contraintes d'ouverture : on ne peut décider d'ouvrir un entrepôt que si ce dernier a une capacité supérieure à celle fixée par HA.
- Les contraintes d'extension : lorsqu'on décide d'augmenter la capacité d'un entrepôt, on ne peut le faire que si la capacité rajoutée dépasse un seuil fixé par HA
- Les contraintes de production : l'usine de REG ne fabrique que des produits de type liquide alors que celle de CEL ne fabrique que des produits de type poudre.
- Les contraintes de capacité : un entrepôt localisé doit être en mesure de stocker les quantités qui lui parviennent des usines.
- Les contraintes d'affectation : un distributeur (client) ne peut être desservi que par un seul entrepôt. Il est à rappeler que pour l'échelon usines-entrepôts, il n'y a pas d'affectation à effectuer car les deux usines de REG et de CEL fabriquent deux types de produits différents et doivent toutes deux transférer leurs produits vers les entrepôts à localiser.

De ce fait, le problème auquel nous sommes confrontés est un problème de localisation-allocation. Pour pouvoir appréhender ce problème et le résoudre par la suite, nous avons procédé à la modélisation mathématique sous contraintes. Pour ce faire, nous avons adopté la démarche suivante :

À partir des prévisions de la demande nationale pour les quatre (04) années à venir et l'historique des ventes pour chaque distributeur (client), nous avons pu déterminer les prévisions de la demande de chaque client pour chaque produit ainsi que le nombre et le type de moyens de transport utilisés pour chacun d'eux. Par ailleurs, nous avons calculé l'ensemble des distances entre chaque client et chaque localisation potentielle d'entrepôt (Outbound) et avons fait de même pour l'échelon usines-localisations potentielles d'entrepôts. Les fourchettes des coûts de transport unitaires pour chaque moyen de transport étant communiquées par HA, nous avons pu aboutir à plusieurs matrices regroupant l'ensemble des coûts de transport potentiels, pour les deux échelons et suivant chaque type de produit.

À côté de cela, nous avons pris en compte d'autres paramètres tels que les capacités de production de chaque usine pour chaque type de produit à l'horizon 2020 ainsi que des capacités « seuils » de stockage propres aux standards de HA et ayant pour but de conditionner l'ouverture d'un potentiel entrepôt, la fermeture et/ou l'extension d'un entrepôt existant. A titre d'exemple, HA n'admet pas l'ouverture d'un entrepôt d'une capacité en dessous de ## palettes. Par ailleurs, nous avons pris en compte l'instabilité de la demande en considérant une variabilité de 20% (fixée par HA). De plus, nous avons pris en considération un taux de ##% désignant le mois où les ventes ont été les plus fortes et où elles ont atteint cette proportion des ventes annuelles ainsi que les taux de couverture relatifs à chaque type de produit. Les coûts d'ouverture, de fermeture, d'extension et de fonctionnement sont également à prendre en compte car ces derniers peuvent varier d'une zone géographique à une autre. A titre d'exemple, les coûts de location et de main d'œuvre sont généralement moins élevés dans la région Ouest que dans la région Centre.

Nous pouvons schématiser la démarche à suivre de la manière suivante :

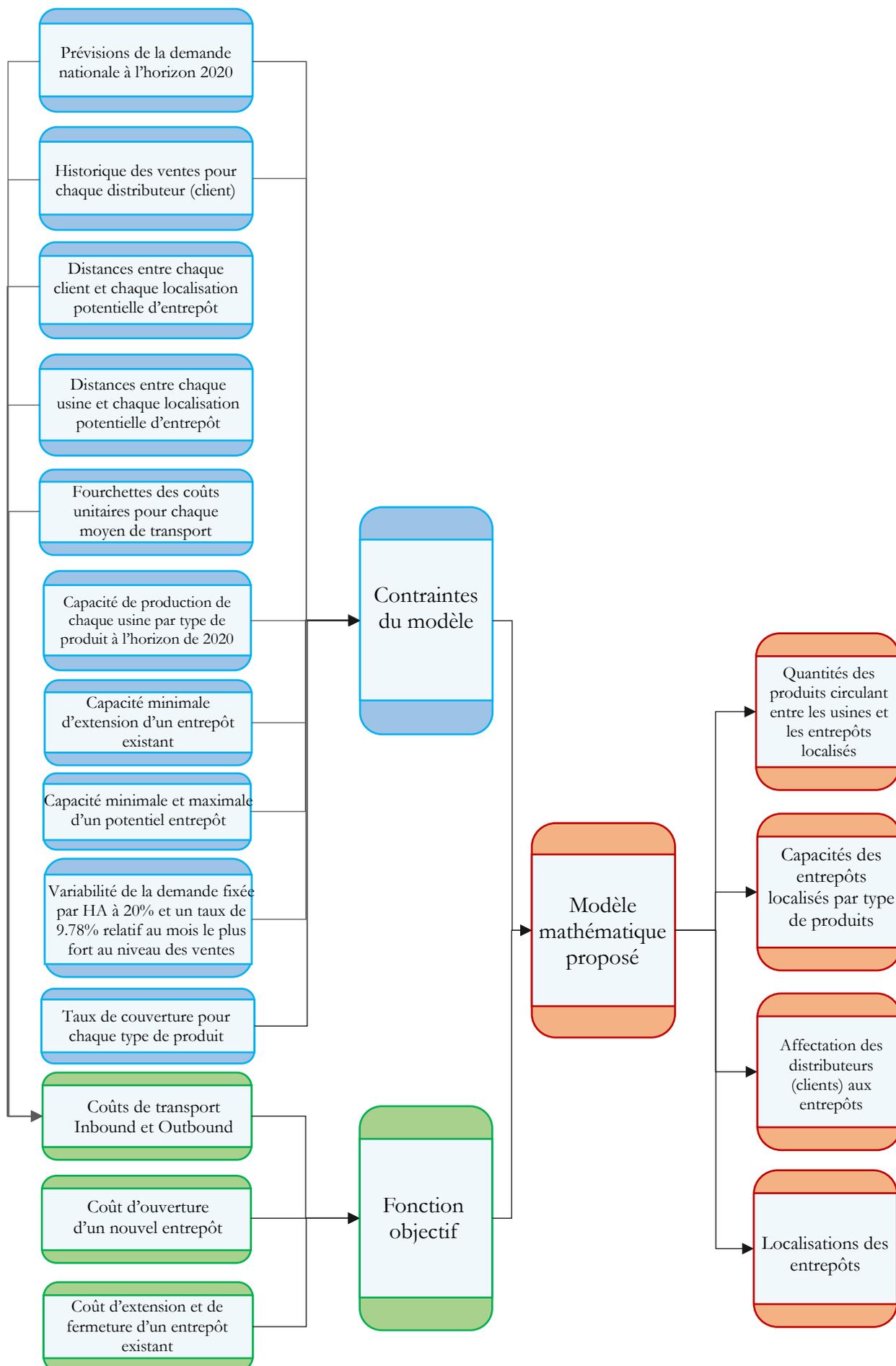


Figure III.6. Approche globale pour la modélisation du problème

Dans ce qui suit, nous allons proposer un modèle général adapté au cas de HA que nous avons simplifié par la suite et ce, à cause de la non disponibilité de certaines données.

a. Formulation du modèle mathématique général

Dans un premier temps, nous allons définir les paramètres nécessaires à l'élaboration du modèle :

- Les paramètres :

Soient :

K : Ensemble des clients

J : Ensemble des entrepôts

J' : Ensemble des entrepôts potentiels

J'' : Ensemble des entrepôts existants

$J = J' \cup J''$

I : Ensemble des usines

H : Ensemble des produits

D_{jk} : Distance entre l'entrepôt j et le client k .

E_{ij} : Distance entre l'usine i et l'entrepôt j .

d_{kh} : Demande du client k concernant le produit h par mois.

C_{jkh} : Coût unitaire de transport du produit h d'un entrepôt j vers un client k .

C_{ijh} : Coût unitaire de transport du produit h de l'usine i vers l'entrepôt j .

c_j^w : Coût fixe d'ouverture de l'entrepôt j .

c_j^o : Coût fixe de fonctionnement de l'entrepôt j .

c_j^e : Coût de l'extension de l'entrepôt j .

c_j^x : Gain en coûts résultant de la fermeture de l'entrepôt j .

$CMAX_j$: Capacité d'accueil maximale de l'entrepôt j .

$CMIN_j$: Capacité d'accueil minimale de l'entrepôt j .

$PMAX_{ih}$: Capacité de production maximale de l'usine i pour le type de produit h .

G_j : Capacité minimale d'extension. Ce paramètre a été défini car HA ne prendra la décision d'étendre la capacité d'un entrepôt qu'elle possède que si cela serait rentable sur le long terme.

α_h : Coefficient correspondant au produit h . Celui-ci comprend différents paramètres :

- Une variabilité de 20% qu'on justifie par une évolution non régulière de la demande tout au long de l'année (fixée par HA)
- Les jours de couverture de chaque produit de type h
- Un taux de ## % désignant le mois où les ventes ont été les plus fortes et où elles ont atteint cette proportion des ventes annuelles. Ce taux sera pris en compte dans la détermination de la capacité de l'entrepôt à localiser.

Nous devons ensuite définir les variables de notre modèle :

- **Variables de décision**

$$x_{kj} = \begin{cases} 1 & \text{si le client } k \text{ est desservi par l'entrepôt } j. \\ 0 & \text{sinon} \end{cases}$$

Q_{ijh} : Quantité du produit h envoyée de l'usine i à l'entrepôt j. Cette variable sera déterminée entre autres, à partir de la somme des demandes des clients de l'entrepôt j pour le produit h. En effet, l'usine devra fournir la quantité nécessaire du produit h à l'entrepôt j pour satisfaire la demande de ses clients pour ce type de produit.

$Capa_{jh}$: Capacité d'accueil de l'entrepôt j pour le produit h. Cette variable est justifiée par le fait que la capacité d'un entrepôt j à stocker un produit h sera déterminée de telle sorte à satisfaire la demande de ses clients pour ce type de produit tout en étant en mesure de réceptionner les flux du produit h venant des usines.

$$y_j = \begin{cases} 1 & \text{si l'entrepôt } j \text{ est ouvert (établi)} \\ 0 & \text{sinon} \end{cases}$$

$$\tilde{y}_j = \begin{cases} 1 & \text{si l'entrepôt } j \text{ est fermé} \\ 0 & \text{sinon} \end{cases}$$

$$\hat{y}_j = \begin{cases} 1 & \text{si l'entrepôt } j \text{ est étendu d'une quantité minimale.} \\ 0 & \text{sinon} \end{cases}$$

- **Fonction objectif**

Cette dernière minimise :

- les coûts de transport entre les entrepôts et les clients (Outbound),
- les coûts de transport entre les usines et les entrepôts (Inbound),
- les couts d'ouverture et de fonctionnement des entrepôts,
- les coûts d'extension des entrepôts existants (s'ils sont maintenus et que leurs capacités ne sont pas suffisantes),
- les gains en coûts résultant de la fermeture d'un entrepôt déjà existant.

Elle est formulée de la manière suivante :

$$\text{Minimiser } \sum_{h \in H} \sum_{j \in J} \sum_{k \in K} D_{jk} d_{kh} C_{jkh} x_{kj} + \sum_{h \in H} \sum_{j \in J} \sum_{i \in I} Q_{ijh} C_{ijh} E_{ij} + \sum_{j \in J} (c_j^w + c_j^o) y_j \\ + \sum_{j \in J''} c_j^e \hat{y}_j - \sum_{j \in J''} (c_j^x + c_j^o) \tilde{y}_j$$

- *Les contraintes*

Contrainte 1 : Cette contrainte assure que chaque client k n'est desservi que par un seul entrepôt j d'où la formulation suivante :

$$\sum_{j \in J} x_{kj} = 1 \quad \forall k \in K$$

Contrainte 2 : Un client k n'est desservi par un entrepôt j que si ce dernier est ouvert d'où la contrainte :

$$x_{kj} \leq y_j \quad \forall k \in K \quad \forall j \in J$$

Contrainte 3 : La somme des flux de produits de type h transportés des usines vers un entrepôt j doit être au moins égale à la somme des demandes de tous les clients de ce même entrepôt pour ce même type de produit et ce, afin d'éviter les ruptures de stocks (les demandes des clients sont satisfaites) d'où la contrainte :

$$\sum_{i \in I} Q_{ijh} \geq \sum_{k \in K} d_{kh} x_{kj} \quad \forall j \in J, \forall h \in H$$

Contrainte 4 : Le total des quantités de produits de type h transférés de l'usine i vers les entrepôts ne peut être supérieur à la capacité maximale de production de cette usine pour le type de produit en question d'où la contrainte :

$$\sum_{j \in J} Q_{ijh} \leq P_{MAX_{ih}} \quad \forall i \in I, \forall h \in H$$

Contrainte 5 : La capacité d'un entrepôt j pour un produit h doit être au moins égale au produit de la somme de tous les flux provenant de toutes les usines fabriquant ce même type de produit par un coefficient α_h préalablement défini d'où la contrainte :

$$Capa_{jh} \geq \alpha_h \sum_{i \in I} Q_{ijh} \quad \forall j \in J, \forall h \in H, \alpha \in \mathbb{R}$$

Contrainte 6 : La capacité totale d'un entrepôt j ouvert (non existant auparavant) est comprise entre une capacité minimale et une capacité maximale. Cette contrainte nous assure le fait de pouvoir ouvrir un entrepôt seulement si sa capacité est dans les standards fixés par HA d'où la contrainte :

$$CMIN_j y_j \leq \sum_{h \in H} Capa_{jh} \leq CMAX_j y_j \quad \forall j \in J'$$

Contrainte 7 : Pour un entrepôt j déjà existant et qu'on décide de garder, sa capacité doit être comprise entre une capacité minimale et une capacité maximale (actuelle) plus une capacité minimale que doit atteindre j après son extension d'où la contrainte :

$$CMIN_j y_j \leq \sum_{h \in H} Capa_{jh} \leq CMAX_j y_j + G_j \hat{y}_j \quad \forall j \in J''$$

Contrainte 8 : Cette contrainte traduit le fait que l'usine de REG ne produit que des produits de type liquide d'où la formulation suivante :

$$Q_{1j2} = 0 \quad \forall j \in J$$

Contrainte 9 : Cette contrainte traduit le fait que l'usine de CEL ne produit que des produits de type poudre d'où la formulation suivante :

$$Q_{2j1} = 0 \quad \forall j \in J$$

Contrainte 10 : On ne peut pas fermer et étendre en même temps un entrepôt existant d'où la contrainte :

$$\tilde{y}_j + \hat{y}_j \leq 1 \quad \forall j \in J''$$

Contrainte 11 : On ne peut pas ouvrir et fermer en même temps un entrepôt existant d'où la contrainte :

$$\tilde{y}_j + y_j \leq 1 \quad \forall j \in J''$$

Contrainte 12, 13 et 14 : Ce sont des contraintes d'intégrité.

$$y_j \in \{0, 1\} \quad j \in J$$

$$\tilde{y}_j, \hat{y}_j \in \{0, 1\} \quad j \in J''$$

$$x_{kj} \in \{0, 1\} \quad \forall k \in K, \forall j \in J$$

Remarque : Les indices 1 et 2 dans les contraintes (8) et (9) correspondent aux données suivantes :

i	1	2
Usine	REG	CEL

h	1	2
Produit	Liquide	Poudre

Par conséquent, le modèle que nous avons élaboré est formulé comme suit :

Fonction objectif

Minimiser $\sum_{h \in H} \sum_{j \in J} \sum_{k \in K} D_{jk} d_{kh} C_{jkh} x_{kj} + \sum_{h \in H} \sum_{j \in J} \sum_{i \in I} Q_{ijh} C_{ijh} E_{ij} + \sum_{j \in J} (c_j^w + c_j^o) y_j$
 $+ \sum_{j \in J''} c_j^e \hat{y}_j - \sum_{j \in J''} (c_j^x + c_j^o) \tilde{y}_j$

Sous contraintes

$$\sum_{j \in J} x_{kj} = 1 \quad \forall k \in K \quad (1)$$

$$x_{kj} \leq y_j \quad \forall k \in K \quad \forall j \in J \quad (2)$$

$$\sum_{i \in I} Q_{ijh} \geq \sum_{k \in K} d_{kh} x_{kj} \quad \forall j \in J, \forall h \in H \quad (3)$$

$$\sum_{j \in J} Q_{ijh} \leq P_{MAX_{ih}} \quad \forall i \in I, \forall h \in H \quad (4)$$

$$Capa_{jh} \geq \alpha_h \sum_{i \in I} Q_{ijh} \quad \forall j \in J, \forall h \in H, \alpha_h \in \mathbb{R} \quad (5)$$

$$CMIN_j y_j \leq \sum_{h \in H} Capa_{jh} \leq CMAX_j y_j \quad \forall j \in J' \quad (6)$$

$$CMIN_j y_j \leq \sum_{h \in H} Capa_{jh} \leq CMAX_j y_j + G_j \hat{y}_j \quad \forall j \in J'' \quad (7)$$

$$Q_{1j2} = 0 \quad \forall j \in J \quad (8)$$

$$Q_{2j1} = 0 \quad \forall j \in J \quad (9)$$

$$\tilde{y}_j + \hat{y}_j \leq 1 \quad \forall j \in J'' \quad (10)$$

$$\tilde{y}_j + y_j \leq 1 \quad \forall j \in J'' \quad (11)$$

$$y_j \in \{0,1\} \quad j \in J \quad (12)$$

$$\tilde{y}_j, \hat{y}_j \in \{0,1\} \quad j \in J'' \quad (13)$$

$$x_{kj} \in \{0,1\} \quad \forall k \in K, \forall j \in J \quad (14)$$

Il s'agit d'un problème décisionnel d'optimisation linéaire appartenant à la classe des problèmes NP-complet. Sa résolution peut se faire par le biais de méthodes exactes tant que la taille du problème reste raisonnable (nombre raisonnable de variables considérées).

Après avoir formulé notre modèle général, nous allons présenter, dans ce qui suit, les hypothèses sur lesquelles nous nous sommes basées pour aboutir au modèle simplifié.

b. Les hypothèses simplificatrices

N'ayant pas assez de données concernant le coût fixe de fonctionnement c_j^o , de l'extension c_j^e et le gain en coûts résultant de la fermeture d'un entrepôt c_j^x , nous ne pouvons les intégrer dans la formulation de notre modèle. Par conséquent, notre modèle sera simplifié et prendra en compte les coûts de transport sur les deux échelons ainsi que les coûts d'ouverture.

De plus, concernant le coût d'ouverture d'un entrepôt, nous allons prendre en considération les coûts de location seulement (par palette et selon la région) car ce sont les seules données et les

plus importantes dont nous disposons. Nous omettrons donc d'intégrer les coûts annexes à l'ouverture d'un entrepôt tels que les frais de notaire, le dépôt de garantie, les frais d'assurance, etc.

c. Modèle simplifié

Le modèle simplifié est formulé de la façon suivante :

Fonction objectif

Minimiser

$$\sum_{h \in H} \sum_{j \in J} \sum_{k \in K} D_{jk} d_{kh} C_{jkh} x_{kj} + \sum_{h \in H} \sum_{j \in J} \sum_{i \in I} Q_{ijh} C_{ijh} E_{ij} + \sum_{h \in H} \sum_{j \in J} c_j^w \text{Capa}_{jh}$$

Sous contraintes

$$\sum_{j \in J} x_{kj} = 1 \quad \forall k \in K \quad (1)$$

$$x_{kj} \leq y_j \quad \forall k \in K \quad \forall j \in J \quad (2)$$

$$\sum_{i \in I} Q_{ijh} \geq \sum_{k \in K} d_{kh} x_{kj} \quad \forall j \in J, \forall h \in H \quad (3)$$

$$\sum_{j \in J} Q_{ijh} \leq P_{MAX_{ih}} \quad \forall i \in I, \forall h \in H \quad (4)$$

$$\text{Capa}_{jh} \geq \alpha_h \sum_{i \in I} Q_{ijh} \quad \forall j \in J, \forall h \in H, \alpha_h \in \mathbb{R} \quad (5)$$

$$C_{MIN_j} y_j \leq \sum_{h \in H} \text{Capa}_{jh} \leq C_{MAX_j} y_j \quad \forall j \in J \quad (6)$$

$$Q_{1j2} = 0 \quad \forall j \in J \quad (7)$$

$$Q_{2j1} = 0 \quad \forall j \in J \quad (8)$$

$$x_{kj} \in \{0,1\} \quad \forall k \in K, \forall j \in J \quad (9)$$

$$y_j \in \{0,1\} \quad \forall j \in J \quad (10)$$

Où :

K : Ensemble des clients

J : Ensemble des entrepôts

I : Ensemble des usines

H : Ensemble des produits

D_{jk} : Distance entre l'entrepôt j et le client k .

E_{ij} : Distance entre l'usine i et l'entrepôt j .

d_{kh} : Demande du client k concernant le produit h par mois.

C_{jkh} : Coût unitaire de transport du produit h d'un entrepôt j vers un client k .

C_{ijh} : Coût unitaire de transport du produit h de l'usine i vers l'entrepôt j .

c_j^w : Coût unitaire de location de l'entrepôt j par tonne.

C_{MAX_j} : Capacité d'accueil maximale de l'entrepôt j.

C_{MIN_j} : Capacité d'accueil minimale de l'entrepôt j.

$P_{MAX_{ih}}$: Capacité de production maximale de l'usine i pour le type de produit h.

α_h : Coefficient correspondant au produit h.

$$x_{kj} = \begin{cases} 1 & \text{si le client k est desservi par l'entrepôt j.} \\ 0 & \text{sinon} \end{cases}$$

$$y_j = \begin{cases} 1 & \text{si l'entrepôt j est ouvert (établi)} \\ 0 & \text{sinon} \end{cases}$$

Q_{ijh} : Quantité du produit h envoyée de l'usine i à l'entrepôt j.

$Capa_{jh}$: Capacité d'accueil de l'entrepôt j pour le produit h.

Pour résoudre ce problème, nous avons eu recours au logiciel CPLEX qui figure parmi les premiers solveurs utilisés et l'un des plus adéquats pour la résolution de ce type de problèmes. Le programme entré sur CPLEX pour la résolution de ce problème est présenté en annexe III.5 (page 153). Le temps de résolution sur le logiciel a été de 20 secondes.

d. Résultats du scénario 3

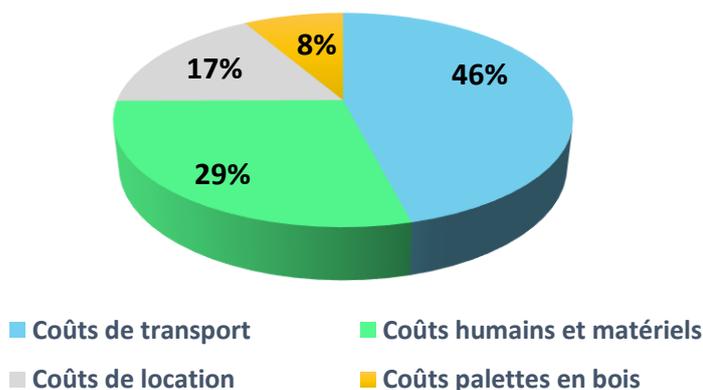
Localisation

La solution optimale que nous donne le modèle du point de vue coûts de transport et de location est d'ouvrir 3 entrepôts situés respectivement à REG, Ain Defla et Msila. Leurs capacités respectives ainsi que l'ensemble des clients qui leur ont été affectés sont illustrés en annexe III.6 (page 155).

Calcul des coûts

Le modèle mathématique nous donne le coût minimal concernant le transport (Inbound et Outbound) et la location. Pour avoir les coûts logistiques totaux associés à ce scénario, il est donc nécessaire de calculer en plus les coûts humains et matériels ainsi que les coûts par palette (identiques à ceux des autres scénarios). La répartition de l'ensemble des coûts logistiques pour le scénario 3 est présentée dans la figure suivante :

Répartition des coûts logistiques du scénario 3



Coût moyen sur les
4 années à venir

7139

DZD/Tonne

Figure III.7. Répartition des coûts logistiques du scénario 3 (toutes années confondues)

Les calculs détaillés sont présentés annexe III.7 (page 156).

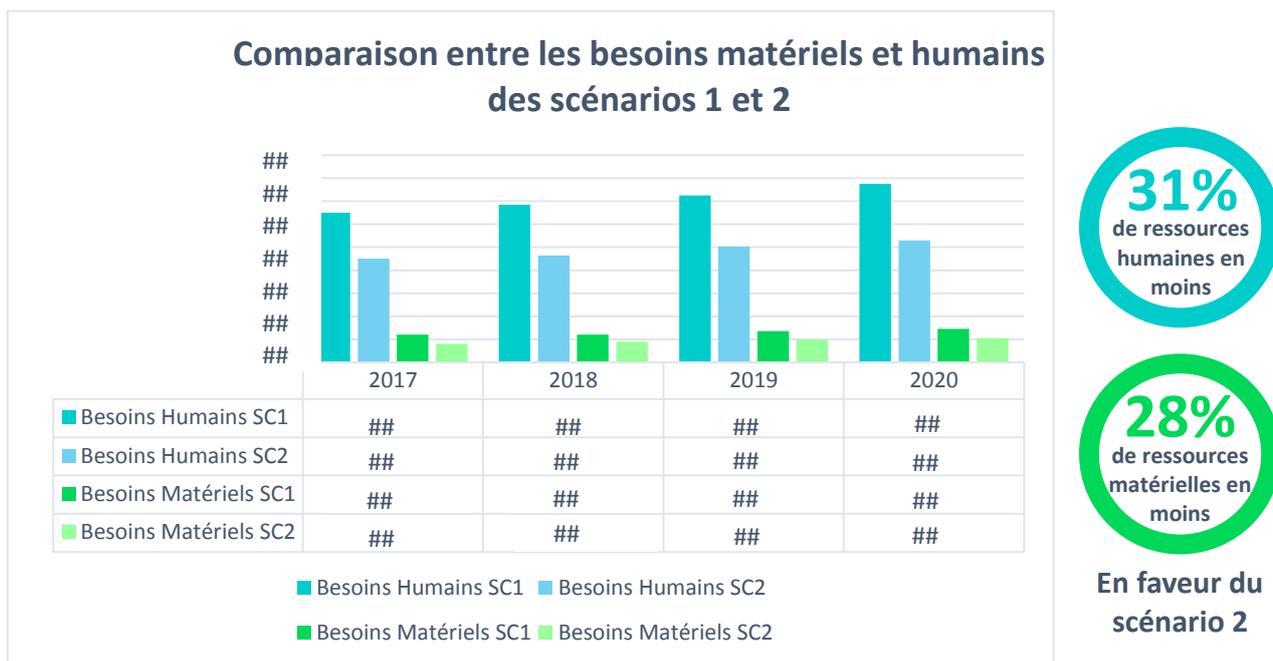


Figure III.8. Comparaison entre les besoins humains et matériels des scénarios 1 et 2

III.5. Discussion : Résultats intermédiaires

Après avoir déroulé les différents scénarios, il s'avère que le scénario 3 est le plus intéressant avec un coût égal à **7139 DZD/Tonne**. Toutefois, avant de poursuivre davantage l'interprétation de nos résultats, nous avons jugé intéressant de mettre en évidence deux points importants que nous avons relevés à partir des résultats des scénarios 1 et 2 :

- a. Profiter des économies d'échelles d'entreposage en optant pour un seul grand entrepôt et diminuer les coûts de transport en ouvrant 2 ou plusieurs entrepôts sont deux objectifs antagonistes et entre lesquels un compromis doit être trouvé.
- b. Dans le cadre de nos scénarios, quel serait l'objectif le plus intéressant du point de vue coûts ?

Les figures suivantes illustrent les comparaisons des besoins humains et matériels ainsi que leurs coûts pour les scénarios 1 et 2 :

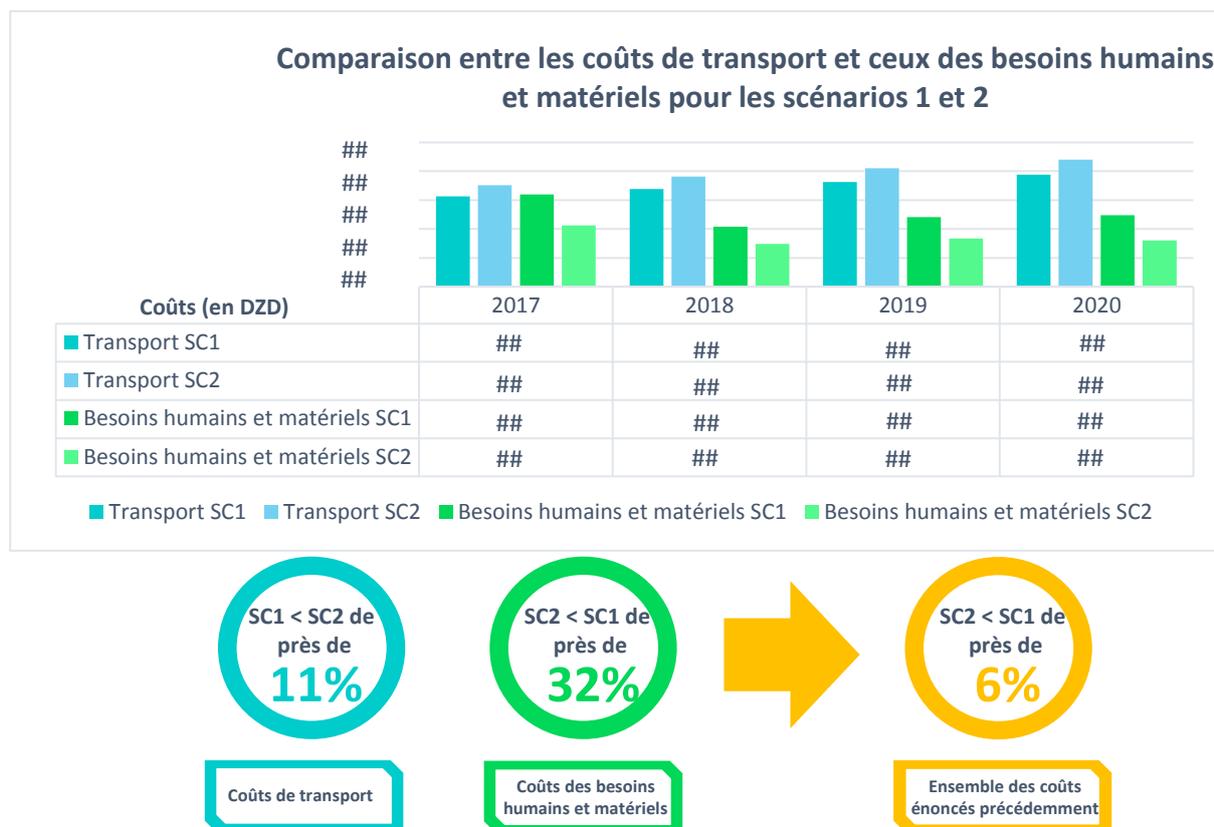


Figure III.9. Comparaison entre les coûts de transport et ceux des besoins humains et matériels pour les scénario 1 et 2

D'après la figure III.9, nous constatons que les coûts de transport du scénario 1 sont inférieurs à ceux du scénario 2 de **11%**. On explique cela par le fait qu'avoir plusieurs entrepôts nous permet de nous rapprocher des clients et de diminuer par conséquent les coûts de transport. Toutefois, concernant les coûts liés aux besoins humains et matériels, c'est le scénario 2 qui est plus intéressant. En effet, ses coûts sont inférieurs à ceux du scénario 1 de **32%** car ses besoins humains et matériels sont bien moindres que ceux du scénario 1 comme l'indique la figure III.8. On explique cela par l'effet d'échelle induit par la centralisation en un seul grand entrepôt au lieu d'ouvrir plusieurs entrepôts de capacités inférieures.

Globalement, on remarque que les économies d'échelle réalisées grâce au scénario 2 sont supérieures aux économies de transport réalisées grâce au scénario 1. En prenant en considération ces coûts, ceux du scénario 2 sont inférieurs à ceux du scénario 1 de **6%**. Il serait donc à priori intéressant de considérer la piste de centralisation d'entrepôt.

Compte tenu de cette discussion, nous avons jugé nécessaire d'exploiter notre modèle pour bénéficier des économies d'échelle engendrées par la centralisation. De plus, cette piste serait intéressante car notre modèle mathématique est plus pertinent que le barycentre, ce qui nous permettra d'affiner les résultats du scénario 2. Ceci nous a conduits à proposer le scénario 3A avec la contrainte d'ouverture d'un seul entrepôt.

Par ailleurs, bien que le fait d’ouvrir un seul entrepôt soit le meilleur cas pour profiter au maximum des économies d’échelle, nous souhaitons explorer le cas d’ouverture de 2 entrepôts car cela peut constituer un bon compromis entre les économies d’échelles réalisées dans une moindre mesure et une réduction relativement modérée des coûts de transport. Un nouveau scénario en découle : il s’agit du scénario 3B avec l’ouverture de deux entrepôts précisément.

Pour implémenter ces scénarios, à savoir les scénarios 3A et 3B, nous n’avons eu qu’à définir un entier p et rajouter une contrainte supplémentaire consistant à fixer le nombre d’entrepôts à ouvrir. Cette contrainte est illustrée ci-dessous :

$$\sum_{j \in J} y_j = p \quad p \in \mathbb{N} \quad (11)$$

Les programmes implémentés sur le logiciel IBM ILOG CPLEX 12.6.0 pour les scénarios 3A ($p=1$) et 3B ($p=2$) se trouvent en annexe III.8 (page 158) et annexe III.9 (page 160).

III.5.1. Résultats du scénario 3A : $p=1$

Le modèle mathématique que nous avons conçu a localisé l’entrepôt au niveau de REG contrairement au barycentre appliqué au scénario 2 qui l’a localisé au niveau de Blida. Par ailleurs, les coûts d’exploitation entre le scénario 2 et le cas présent sont similaires. On explique cela par le fait que les ressources humaines et matérielles sont les mêmes et que les entrepôts localisés par les deux méthodes ont les mêmes coûts de location (tous les deux sont situés dans la région Centre). La différence entre les deux se situe donc au niveau des coûts de transport puisque les coûts calculés par le modèle sont inférieurs à ceux calculés par le biais du barycentre. La figure suivante illustre cette différence :

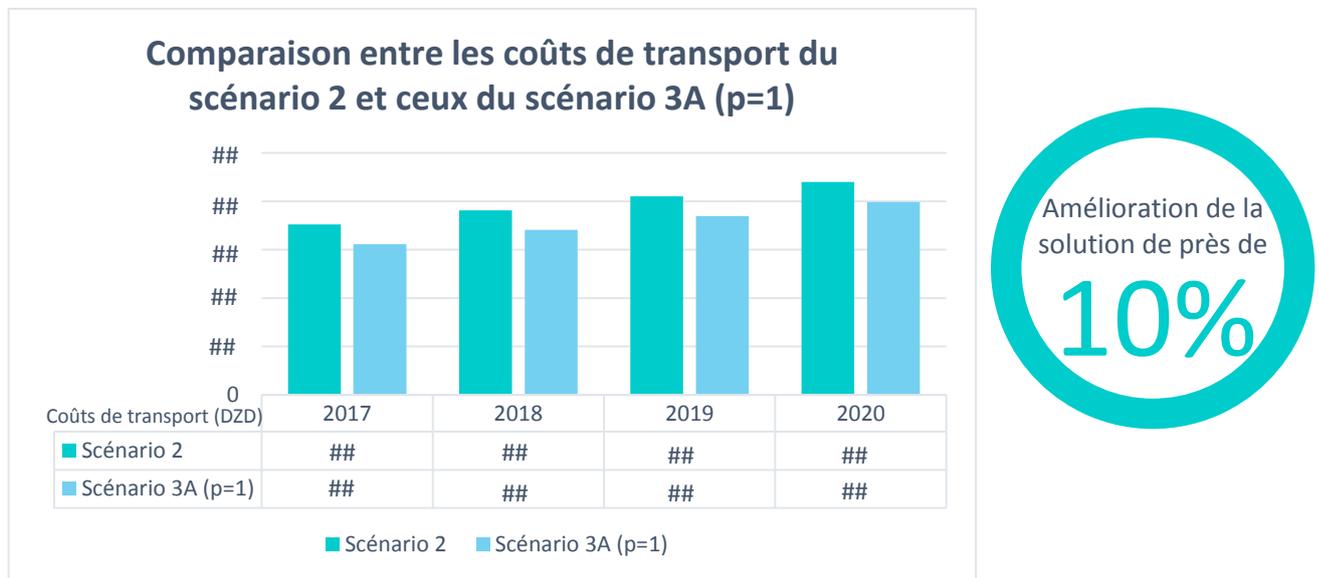


Figure III.10. Comparaison entre les coûts de transport du scénario 2 et ceux du scénario 3A ($p=1$)

Les résultats présentés ci-dessus prouvent que nous avons pu affiner nos résultats et améliorer notre solution de près de **10%**, ce qui ne représente pas moins de **## DZD** sur les 4 années à venir. Ce résultat confirme la pertinence et la valeur ajoutée du modèle mathématique que nous avons proposé.

La répartition de l'ensemble des coûts logistiques pour le scénario 3A (p=1) est présentée dans la figure suivante :

Répartition des coûts logistiques du scénario 3A

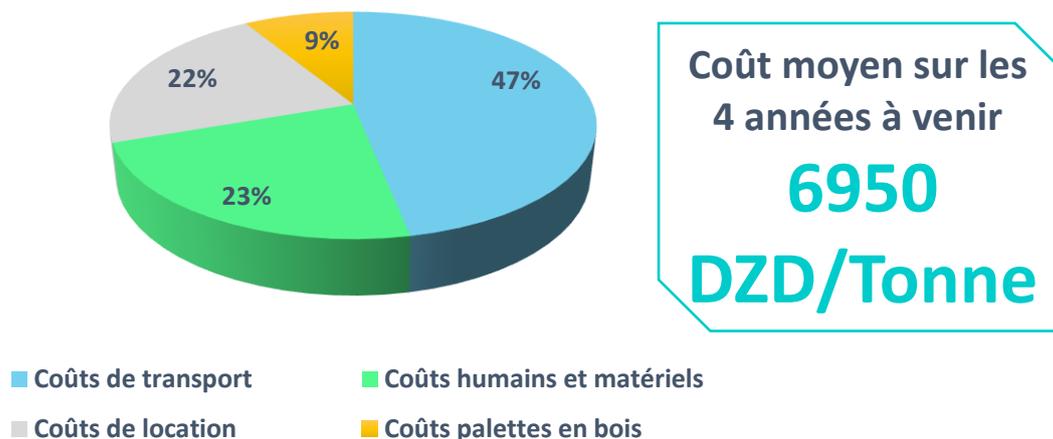


Figure III.11. Répartition des coûts logistiques du scénario 3A (toutes années confondues)

En se référant aux coûts à la tonne de tous les scénarios présentés jusqu'ici, nous pouvons affirmer que le scénario dont le coût est le moindre est le scénario 3A (p=1). Dans ce qui suit, nous allons présenter les résultats du scénario 3B (p=2) et les comparer directement à ceux du meilleur scénario jusqu'à présent, à savoir le scénario 3A (p=1).

III.5.2. Résultats du scénario 3B : p=2

La solution que nous donne le modèle du point de vue coûts de transport et de location est d'ouvrir 2 entrepôts situés respectivement à REG et Ain Defla. Leurs capacités respectives ainsi que l'ensemble des clients qui leur ont été affectés sont illustrés en annexe III.10 page 162.

La figure suivante permet d'illustrer la différence des coûts logistiques entre le scénario 3B (p=2) et 3A (p=1) :

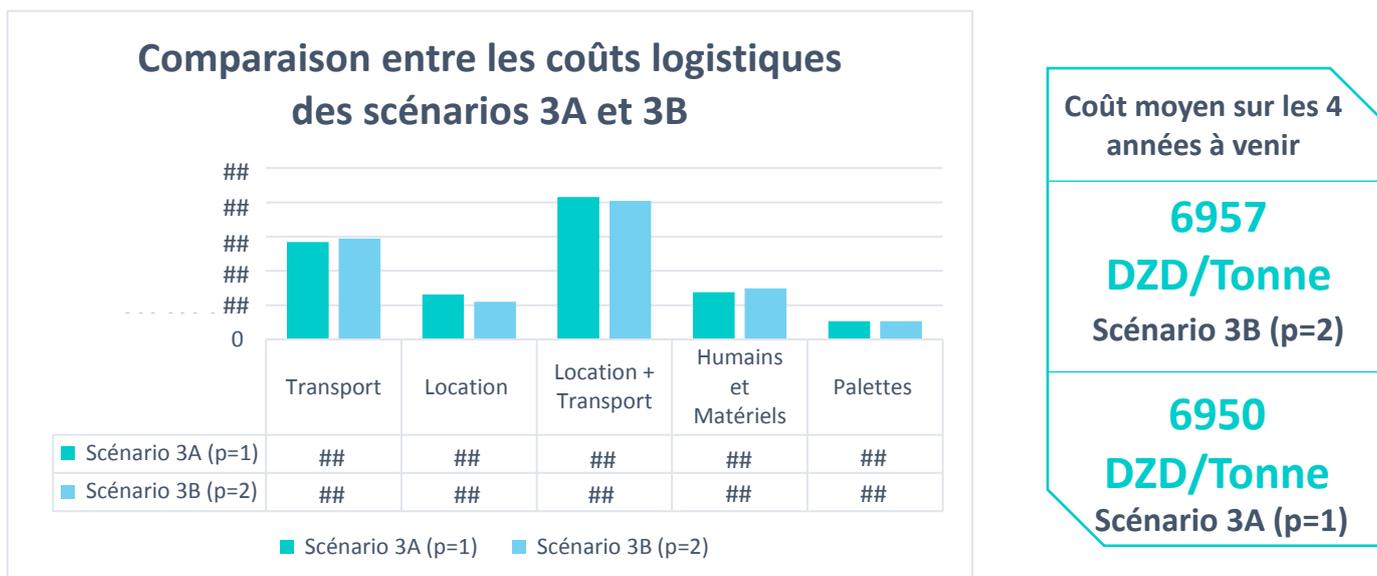


Figure III.12. Comparaisons entre les coûts logistiques des scénarios 3A et 3B (toutes années confondues)

Nous remarquons que les coûts à la tonne pour les deux scénarios sont extrêmement proches. Ces résultats s'expliquent par le fait que les coûts logistiques pour chacun des scénarios soient eux-mêmes très proches. En effet, nous remarquons que le scénario 3A (p=1) est légèrement plus intéressant du point de vue coûts des besoins humains et matériels car l'effet d'échelle induit est lui-même relativement modéré. Par ailleurs, le modèle mathématique a favorisé le scénario 3B au 3A du point du vue coûts de location et transport. Ces légères différences de coûts de part et d'autre ont permis de mettre en évidence le fait que le scénario 3B proposé puisse constituer un compromis très intéressant entre des objectifs antagonistes (économies d'échelle, réduction des coûts de transport et de location).

III.6. Discussion finale et choix du meilleur scénario

Les résultats globaux obtenus pour chaque scénario et la répartition de leurs coûts logistiques sont présentés ci-dessous :

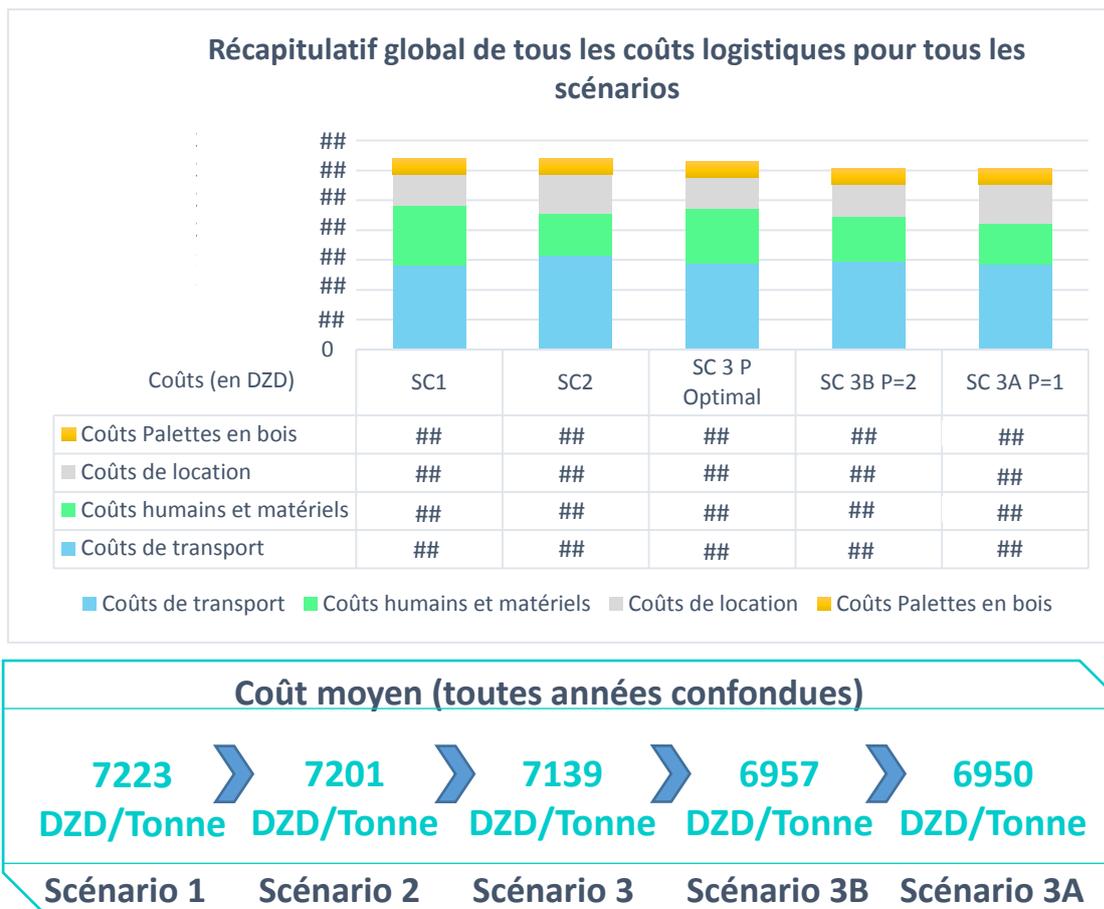


Figure III.13. Récapitulatif global de tous les coûts logistiques pour l'ensemble des scénarios

Compte tenu des résultats présentés ci-dessus, les conclusions que nous pouvons tirer sont les suivantes :

- L'apport de notre modèle mathématique se situe à deux niveaux : D'une part, nous avons pu déterminer le nombre optimal d'entrepôts à ouvrir, leurs capacités ainsi que leurs affectations et ce, en minimisant les coûts de transport et de location dans le cas du scénario 3. D'autre part, l'application de ce modèle au scénario 2 a constitué une approche différente, complémentaire et plus globale à celle du barycentre car elle a permis d'affiner ses résultats du point de vue coûts de transport et de location.
- Le scénario le plus intéressant du point de vue besoins matériels et humains est le scénario 2 (ou le scénario 3A p=1) grâce à l'effet d'échelle.
- Le scénario le plus intéressant du point de vue coûts de transport et de location étant le scénario 1. Concernant les coûts de transport, cela se justifie par la disponibilité de 3 entrepôts dans la région Centre et d'un entrepôt dans la région Ouest qui permettent d'être proches des clients.

Pour ce qui est des coûts de location, on explique cela par le fait que les locations de l'entrepôt de REG en interne et de l'entrepôt de Khemis Miliana sont beaucoup moins coûteuses qu'une location en externe dans la même région.

- Le meilleur scénario, tous coûts confondus est le scénario 3A $p=1$ avec un coût à la tonne égal à **6950 DZD**. Il est suivi de très près par le scénario 3B $p=2$ avec un coût à la tonne égal à **6957 DZD**.

Après présentation des résultats et concertation avec le Head of Planning & Logistics, HA a décidé de retenir le scénario 3A ($p=1$) : ouverture d'un seul grand entrepôt localisé au niveau de REG car c'est celui qui répondait le mieux à leurs exigences.

Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons mis en évidence plusieurs scénarios pour reconfigurer le réseau de distribution de HA. Nous avons proposé différentes méthodes de résolution et avons calculé l'ensemble des coûts logistiques pour tous les cas que nous avons ensuite comparés. Le meilleur scénario en termes de coût, à l'horizon 2020 et celui qu'a retenu HA est le scénario 3A ($p=1$).

Par ailleurs, cette décision a été accompagnée par le souhait d'externaliser certaines opérations logistiques. En effet, HA souhaite lancer un appel d'offres pour profiter des services d'un prestataire 3PL. Pour cela, elle est en train de rédiger un cahier de charges. Ce cahier de charges contiendra toutes les exigences et paramètres importants pour HA. Notre contribution dans ce cadre consistera à calculer les paramètres liés aux stocks.

De plus, une fois l'appel d'offre lancé, se posera alors pour HA le problème du choix d'un seul prestataire 3PL parmi plusieurs soumissionnaires. Cette décision étant complexe, faisant intervenir un certain nombre de critères qui sont de par leur nature interdépendants, nous allons proposer dans le chapitre IV un outil d'aide à la décision multicritère pour effectuer ce choix et ce, par le biais de la méthode Analytic Network Process (ANP).

CHAPITRE IV

SOLUTION 2 : EXTERNALISATION LOGISTIQUE

« Ce n'est point dans l'objet que réside le sens des choses, mais dans la démarche »

Antoine de SAINT-EXUPERY

Introduction

Ce chapitre est consacré au volet relatif à l'externalisation logistique. Nous y présenterons d'abord les différents paramètres liés aux stocks des produits finis à définir dans le cahier des charges (stocks de sécurité et niveaux de point de commande précédés d'une classification ABC), puis l'outil d'aide à la décision que nous avons élaboré pour la classification des critères de sélection du meilleur prestataire 3PL par le biais de la méthode Analytic Network Process (ANP).

IV.1. Calcul des différents paramètres liés aux stocks

Avant de lancer l'appel d'offres pour profiter des services d'un prestataire logistique, HA doit rédiger un cahier des charges. Ce dernier contiendra toutes les exigences auxquelles le futur prestataire devra se conformer. Parmi ces exigences, il y a celles relatives à la gestion des stocks et c'est à ces dernières que nous nous sommes intéressés. En effet, compte tenu du nombre et de la diversité des produits fabriqués par HA, il n'est pas évident d'accorder la même importance à la gestion du stock de chaque référence. Pour cela, il est nécessaire d'effectuer une classification ABC des produits finis pour déterminer le degré d'attention accordée à chaque classe. Cette dernière sera communiquée au futur prestataire pour lui permettre de prendre connaissance de la manière avec laquelle HA gère ses stocks.

Par ailleurs, il est important de déterminer les flux que devra gérer le prestataire et les stocks qui seront constitués pour chaque produit fini. En considérant ces éléments, le 3PL pourra aménager l'espace de stockage en conséquence, allouer les ressources nécessaires et proposer un service qui répond au mieux aux attentes de HA. Les paramètres que nous avons calculés dans ce cadre sont :

- Le stock de sécurité : pour faire face aux aléas et fluctuations de la demande, HA constitue un stock de sécurité. Ce dernier sera calculé pour chaque produit fini et dépendra de la classe à laquelle il appartient.
- Le niveau de point de commande : ce paramètre sera calculé car la politique de réapprovisionnement de HA en produits finis se fait selon le niveau de point de commande. En effet, chaque semaine, HA vérifie les niveaux de ses stocks et ajuste les plans de production en conséquence. En d'autres termes, si le niveau de stock pour un produit fini donné s'avère être inférieur au point de commande, la production de ce dernier est prise en compte dans l'ajustement du plan de production de la semaine suivante.

Dans ce qui suit, nous allons présenter les résultats de la méthode ABC puis nous procéderons au calcul du stock de sécurité et du niveau de point de commande pour chaque référence et ce, pour les quatre (04) années à venir.

IV.1.1. Classification ABC des produits finis

Dès que le nombre de produits finis à gérer devient grand, il est difficile de porter la même attention à chacun d'entre eux. Pour cela, la classification ABC est nécessaire pour distinguer les produits importants de ceux qui le sont moins et faciliter la détermination du traitement approprié pour chacun d'eux. Après discussion et concertation avec le Head of Planning & Logistics, deux critères ont été retenus pour la classification :

- Les volumes de vente mensuels en tonnes
- La valeur des ventes d'un produit fini (volume des ventes \times prix unitaire)

Pour classer les produits, nous avons, dans un premier temps, appliqué la méthode ABC pour chaque critère séparément (voir annexe IV.1 page 163). Dans nos calculs, nous nous sommes

basés sur les prévisions mensuelles de ventes de l'année 2016 au niveau de la région Ouest et Centre pour chaque SKU. Ensuite, nous avons croisé les résultats de ces deux classifications car les critères retenus sont tout aussi importants selon HA. La logique de croisement utilisée est la suivante (Ghanes & Nafi, 2010) :

- La classe A correspond aux croisements : AA, AB et BA.
- La classe B correspond aux croisements : AC, BB et CA.
- La classe C correspond aux croisements : BC, CB et CC.

Elle peut être récapitulée à travers le tableau suivant :

Tableau IV.1. Croisement ABC selon deux critères (Ghanes & Nafi, 2010)

Valeur Volume	A	B	C
A	AA	AB	AC
B	BA	BB	BC
C	CA	CB	CC

Le résultat de la classification ABC, après croisement des deux critères volume et valeur des ventes, est illustré dans le tableau suivant :

Tableau IV.2. Croisement selon les critères de volume et de valeur des ventes (prévisions 2016)

SKU	Critère de Volume	Critère de Valeur	Croisement
Produit 9	B	A	A
Produit 3	A	A	
Produit 7	A	B	
Produit 4	A	A	
Produit 2	A	A	
Produit 6	A	A	
Produit 1	A	A	
Produit 5	A	A	
Produit 20	C	B	
Produit 10	B	B	
Produit 8	B	C	
Produit 25	C	C	
Produit 18	C	B	
Produit 13	B	B	
Produit 23	C	C	
Produit 35	C	C	C
Produit 28	C	C	
Produit 21	C	C	
Produit 26	C	C	
Produit 36	C	B	
Produit 12	B	C	
Produit 33	C	C	
Produit 29	C	C	
Produit 14	B	C	
Produit 34	C	C	
Produit 32	C	C	
Produit 24	C	C	
Produit 22	C	C	
Produit 16	C	B	
Produit 15	B	C	
Produit 31	C	C	
Produit 27	C	C	
Produit 30	C	C	
Produit 11	B	C	
Produit 17	C	C	
Produit 19	C	B	

Il est à noter que les SKU marqués en couleur se trouvaient à la base dans la classe C. Toutefois, ils ont été déplacés vers la classe B car le Head of Planning & Logistics a jugé que ces produits devaient faire l'objet d'une attention particulière et supérieure à celle accordée à un produit de la classe C.

En nous référant au tableau ci-dessus, nous pouvons affirmer que :

- Les 8 premiers articles correspondent à la classe A.
- Les 7 qui suivent constituent la classe B.
- Le reste des produits correspond à la classe C.

Dans ce qui suit, nous allons nous baser sur ces résultats pour calculer un stock de sécurité adéquat pour chaque classe de produit.

IV.1.2. Calcul du stock de sécurité

Compte tenu du fait que nous ne disposons pas d'un historique détaillant la variation des délais d'approvisionnement pour chaque produit, nous avons calculé le stock de sécurité en considérant un délai de livraison moyen pour chaque produit (communiqué par HA). De ce fait, la formule que nous avons utilisée est la suivante (voir II.2.3.3 page 62) :

$$SS = k\sigma_x\sqrt{D}$$

Le calcul a été fait en nous basant sur les taux de services visés par l'entreprise pour chaque classe comme l'indique le tableau suivant :

Tableau IV.3. Valeurs des taux de rupture selon les classes ABC

Classe	A	B	C
Taux de service	99.99%	99.50%	99.00%
Taux de rupture toléré	0.01%	0.45%	0.1%
Coefficient k	3.8	2.575	2.33

Le coefficient k, déterminé par le taux de service fixé, est issu de la table de la loi normale.

Concernant le calcul de l'écart-type de la demande σ_x , nous nous sommes basés sur les volumes de vente prévisionnels de chaque mois de l'année 2016 (données communiquées par HA) pour chaque produit fini (SKU).

Pour les années 2017, 2018, 2019 et 2020, nous ne disposons que des prévisions des ventes annuelles. De ce fait, nous avons calculé les prévisions de ventes mensuelles, à l'horizon 2020, sur la base de la répartition des ventes mensuelles de l'année 2016 pour chaque produit (extrapolation).

Les résultats sont illustrés dans le Tableau IV.4 page 119.

IV.1.3. Calcul des niveaux de point de commande

Pour le calcul du point de commande, nous avons utilisé la formule :

$$\text{Point de commande (PC)} = \text{prévision moyenne des consommations pendant le délai d'approvisionnement} + \text{stock de sécurité (SS)}.$$

Le premier terme correspond à la quantité moyenne consommée entre le moment où la commande (ordre de production) est déclenchée et où la quantité demandée est reçue. Dans notre cas, la consommation correspond aux ventes. Quant au stock de sécurité, celui-ci a pour but de faire face aux variations et aléas de la demande.

Nous avons jugé pertinent de traduire les niveaux de point de commande (PC) en jours de couverture car cela donne une meilleure indication sur le nombre de jours de consommation auxquels le niveau de stock actuel peut faire face.

Les calculs du stock de sécurité, du point de commande et des jours de couverture pour les 4 prochaines années sont présentés dans le tableau suivant :

Tableau IV.4. Résultats des calculs du stock de sécurité (SS), du point de commande (PC) et des jours de couverture (JdC) pour chaque SKU à l'horizon 2020. Unité : Tonnes

SKU	C I	2016			2017			2018			2019			2020			
		SS	PC	JdC													
ISIS Machine 3kg Valisette	A	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	
ISIS Refill 360g		##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##
ISIS Refill 500g		##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##
ISIS Refill 900g		##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##
JAVEL 13° 925 ml		##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##
Le Chat Liquide Machine 3L		##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##
PRIL ISIS 710 CITRON		##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##
PRIL ISIS CITRON 1,25 L		##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##
ISIS Machine Etui 500g	B	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	
ISIS Machine Liquide 3L		##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##
JAVEL 13° 1,8 L		##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##
le Chat gel LS 1L		##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##
Le Chat liquide 1L Main		##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##
LE CHAT Machine 3KG Valisette		##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##
LE CHAT Machine Etui 500g		##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##
AUTO DW LIQUIDE *		C	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Berlingo	##		##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##
Bref 3 en 1 *	-		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Bref 3L *	-		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Bref Power Balls *	-		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ISIS 1,8kg	##		##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##
ISIS Sachet 3kg SACHET	##		##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##
ISIS gel HS 900ml *	-		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ISIS gel HS Pouch 360ml	##		##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##
ISIS Machine 5Kg Valisette	##		##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##
ISIS Machine Liquide 1L *	-		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Isis Machine Seau 3KG **	-		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ISIS Refill 190g	##		##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##
LE CHAT HS 360g	##		##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##
Le Chat Liquide Main 360ml	##		##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##
LE CHAT Machine 3 KG Sachet	##		##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##
LE CHAT Machine 5KG Valisette	##		##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##
LE CHAT Machine Seau **	-		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Pril 3L	##		##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##
PRIL ISIS 710 CITRON VERT	##		##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##
Pril Premium *	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	

(*) : Produits importés ; (**) : Produits saisonniers (promotions une fois par an)

Dans ce calcul, nous n'avons pas pris en compte les produits importés et les produits saisonniers car ils ont une gestion de stock différente.

À partir du tableau précédent, nous pouvons retenir les informations contenues dans le Tableau IV.5

Tableau IV.5. Jours de couverture par classe et type de produit d'ici 2020

Moyenne JdC		2016	2017	2018	2019	2020	Moyenne JdC
Classe	Classe A	##	##	##	##	##	##
	Classe B	##	##	##	##	##	##
	Classe C	##	##	##	##	##	##
Type de produit	Liquide	##	##	##	##	##	##
	Poudre	##	##	##	##	##	##

Maintenant que nous avons défini les différents paramètres liés au stock et exigés par HA pour la rédaction de son cahier des charges, nous présenterons dans ce qui suit le déroulement de la méthode ANP que nous avons proposée et appliquée pour permettre la sélection du meilleur prestataire 3PL.

IV.2. Classification des critères de sélection du meilleur prestataire 3PL : la méthode Analytic Network Process

Une fois l'appel d'offres lancé, HA recevra plusieurs soumissions de prestataires 3PL. Pour procéder au choix du meilleur soumissionnaire, il est important d'utiliser une méthode multicritère qui puisse prendre en considération toute la complexité de cette décision. Après les recherches que nous avons effectuées dans la littérature (voir II.3.6 page 70) et les entretiens que nous avons eus avec les responsables, notre choix s'est porté sur la méthode Analytic Network Process (ANP). En effet, la force de cette méthode tient au fait qu'elle accorde une importance capitale aux critères qualitatifs et quantitatifs et surtout aux interdépendances qui peuvent subsister entre ces derniers grâce à sa structure en réseau. Il est à noter que cette méthode permet de choisir parmi un ensemble d'alternatives (les soumissionnaires) celle qui répond au mieux aux besoins et exigences de l'entreprise. Toutefois, l'appel d'offres n'ayant pas encore été lancé, nous ne disposons pas encore d'alternatives. De plus, HA ne dispose pas des données relatives aux prestataires potentiels. Par conséquent, nous avons adapté cette méthode et l'avons utilisée pour la classification des critères de sélection du meilleur prestataire 3PL.

Nous avons également mis en place l'architecture nécessaire pour pouvoir y incorporer les données relatives aux alternatives par la suite, c'est-à-dire, une fois les offres des soumissionnaires recueillies. Cela permettra à HA d'utiliser le modèle que nous avons construit pour classer les prestataires, choisir le meilleur d'entre eux et ce, après incorporation des données supplémentaires relatives aux soumissionnaires.

Dans ce qui va suivre, nous allons déployer la méthode ANP en détaillant chacune de ses 5 phases énoncées dans notre état de l'art (voir II.3.10.1 page 75). Ensuite, nous présenterons les résultats obtenus en utilisant les valeurs des paramètres définis avec les parties prenantes à cette décision.

Afin d'appliquer cette méthode, nous avons utilisé le logiciel « Super Decisions » conçu en 2005 par l'équipe ANP travaillant pour la fondation des décisions créatives (Creative Decisions Foundation) [Site 4] en collaboration avec le Dr. Thomas Saaty.

IV.2.1. Construction du réseau de l'ANP :

Avant de construire notre modèle ANP, il faut déterminer les différents critères de sélection du meilleur prestataire 3PL. Pour ce faire, nous avons parcouru la littérature traitant de ce thème (voir II.3.3 page 67) et avons listé tous les critères qui ont été cités dans les articles consultés. Après discussion et concertation avec les responsables du département Planning & Logistics et ceux du département Achat de HA, 12 critères ont été retenus :

- **Price (P)** : il englobe l'ensemble des prestations proposées par le 3PL. Le prix peut tout aussi bien être un indicateur de la qualité du service qu'un levier de différenciation vis-à-vis de la concurrence.
- **Negotiation Capability (NC)** : c'est l'aptitude du prestataire à faire des concessions sur certains points ou au contraire à exercer un certain pouvoir sur le client s'il est en position de force. La marge de manœuvre en termes de capacité de négociation peut être influencée par différents paramètres tels que l'instabilité financière et le fait de proposer un service très personnalisé et différencié. Elle peut également avoir une incidence sur le prix en faveur de l'un des négociateurs.
- **Good Communication (GC)** : ce critère est très important pour entretenir une bonne relation avec le client, être à son écoute et pouvoir répondre au mieux à ses besoins. Ce critère peut également faire référence au partage et à l'échange d'information via différents supports technologiques tels que les systèmes d'information.
- **Compatibility (CPT)** : une entreprise aura plus tendance à opter pour un 3PL dont les prestations s'alignent avec ses standards : normes de sécurité et de qualité, utilisation d'un même ERP (Entreprise Resource Planning), disponibilité du matériel exigé par le client, etc. Si le 3PL constate que ses prestations correspondent parfaitement aux exigences de son potentiel client, il aura un certain pouvoir lors des négociations.
- **Past Experiences (PE)** : l'expérience accumulée par le prestataire au fil des années peut représenter un atout de choix pour ce dernier. En effet, son expérience lui a permis d'affiner son offre en termes de services proposés et de l'adapter au mieux aux besoins du marché. De plus, il pourra, contrairement à un nouveau prestataire sur le marché, mieux s'adapter et se conformer aux exigences du client.
- **Reputation (RP)** : un prestataire qui a eu de mauvaises expériences avec de précédents clients aura moins de chances d'être choisi par celui qui a émis l'appel d'offres car ce dernier aura une mauvaise image de lui. Au contraire, un prestataire qui a de l'expérience et qui a fait ses preuves au fil des années aura bonne réputation auprès de son client potentiel et aura par conséquent une longueur d'avance sur les autres

soumissionnaires. Il pourra également justifier des prix plus importants que ceux des autres.

- **Financial Stability (FS)** : un prestataire dont la situation financière est instable est susceptible de ne pas respecter ses engagements et n'inspirera pas forcément confiance au client. De ce fait, ce dernier pourrait être amené à revoir les prix qu'il propose à la baisse ou encore à restreindre la gamme de services qu'il propose pour redresser la situation.
- **Location (LC)** : ce critère fait référence au fait qu'un prestataire possède un entrepôt dans la localisation désirée par le client ou est en mesure de proposer un entrepôt (qu'il ne possède pas forcément) au même endroit. Cela peut être influencé par l'expérience passée qui a permis au prestataire de développer son réseau ou encore par la stabilité financière qui lui permet de conserver ses biens ou encore d'investir pour les diversifier.
- **Delivery Performance (DP)** : il est évident que le client souhaite que toutes ses opérations se déroulent de façon rapide et dans les délais escomptés. De ce fait, il avantagera un prestataire qui propose des délais plus courts.
- **Management Quality (MQ)** : on entend par ce critère l'aptitude du prestataire à gérer les ressources humaines et matérielles qu'il met à disposition du client de telle sorte à assurer la meilleure performance possible pour ce dernier. Ce critère peut par exemple être influencé par l'expérience acquise au fil des années et peut à son tour influencer les délais de livraisons proposés ou encore la qualité du support technologique proposé.
- **IT Capability (ITC)** : ce critère se traduit par la qualité, la diversité et la performance des supports technologiques que proposent le prestataire. Il peut être l'un des facteurs déterminants dans la compatibilité avec le client et un argument de choix en négociation comme il peut être influencé par l'expérience ainsi que la stabilité financière.
- **Flexibility & Innovation (FI)** : c'est l'aptitude du prestataire à réagir de façon rapide et efficace aux imprévus tout en faisant preuve d'ingéniosité et de créativité pour proposer et développer des solutions personnalisées (adaptation d'un module d'un ERP par exemple).

Le caractère interdépendant des critères retenus nous a confortés dans le choix de la méthode ANP. En effet, chaque critère dépend ou influence au moins un autre critère et c'est notamment à ce niveau que l'ANP s'avère être une méthode très efficace car elle prend en considération ces différentes influences et les quantifie.

Nous avons par la suite procédé à la construction du réseau ANP composé de 3 niveaux :

- Niveau 3 : c'est le niveau le plus bas. Il comprend tous les critères retenus et répartis en 4 groupes.
 - Le groupe *Company Performance (CP)* composé des éléments (critères) : *Financial Stability (FS)*, *Reputation (RP)*, *Past Experiences (PE)* et *Location (LC)*.

- Le groupe *Operational Performance (OP)* composé des éléments (critères) : *Delivery Performance (DP)*, *Flexibility & Innovation (FI)*, *IT Capability (ITC)* et *Management Quality (MQ)*.
 - Le groupe *Economic Performance (EP)* composé des éléments (critères) : *Price (P)* et *Negotiation Capability (NC)*.
 - Le groupe *Relationship (R)* composé des éléments (critères) : *Compatibility (CPT)* et *Good Communication (GC)*.
- Niveau 2 : Ce niveau comprend le groupe *Cluster (CL)* composé de 4 éléments, chacun d'eux représente un des groupes du niveau inférieur. Ce niveau a été créé pour pouvoir quantifier l'influence relative de chaque critère sur son groupe par rapport à un autre critère du même groupe. À titre d'exemple nous pourrions comparer l'influence des éléments *Price (P)* et *Negotiation Capability (NC)*, appartenant au niveau 3, sur leur groupe *Economic Performance (EP)* appartenant au niveau 2.
- Niveau 1 : Ce niveau comprend le groupe *Goal(G)* composé de l'élément *Ranking 3PL selection criteria*. Ce groupe représente le but de notre modèle, à savoir, classer les critères de sélection du prestataire 3PL. Il a été créé pour pouvoir quantifier l'influence de chaque élément du groupe *Cluster (CL)* sur le groupe *Goal (G)*, autrement dit, l'influence ou l'importance des groupes *Economic Performance (EP)*, *Company Performance (CP)*, *Operational Performance (OP)* et *Relationship (R)* dans la classification des critères de sélection.

Afin de finaliser la construction du réseau ANP, il faut déterminer les influences en interne et en externe entre les groupes. Pour cela, la question qui a été posée aux responsables du département Planning & Logistics et ceux du département achat est:

« Etant donné un élément (critère) X dans un groupe donné, quels sont les éléments du même groupe de X (puis d'un autre groupe que celui de X) qui l'influencent ? »

Par exemple, si nous prenons l'élément *Management Quality (MQ)*, ce dernier dépend des éléments *IT Capability (ITC)*, *Delivery Performance (DP)*, *Flexibility & Innovation (FI)* qui appartiennent au même groupe que lui et dépend aussi de *Good Communication (GC)*, *Compatibility (CPT)*, *Past Experiences (PE)*, *Location (LC)*, *Financial Stability (FS)* et *Price (P)* appartenant aux autres groupes.

Enfin, et après avoir passé en revue l'ensemble des dépendances internes et externes, nous avons modélisé le problème de classification des critères de sélection du meilleur prestataire 3PL par le réseau ANP tel que représenté ci-dessous :

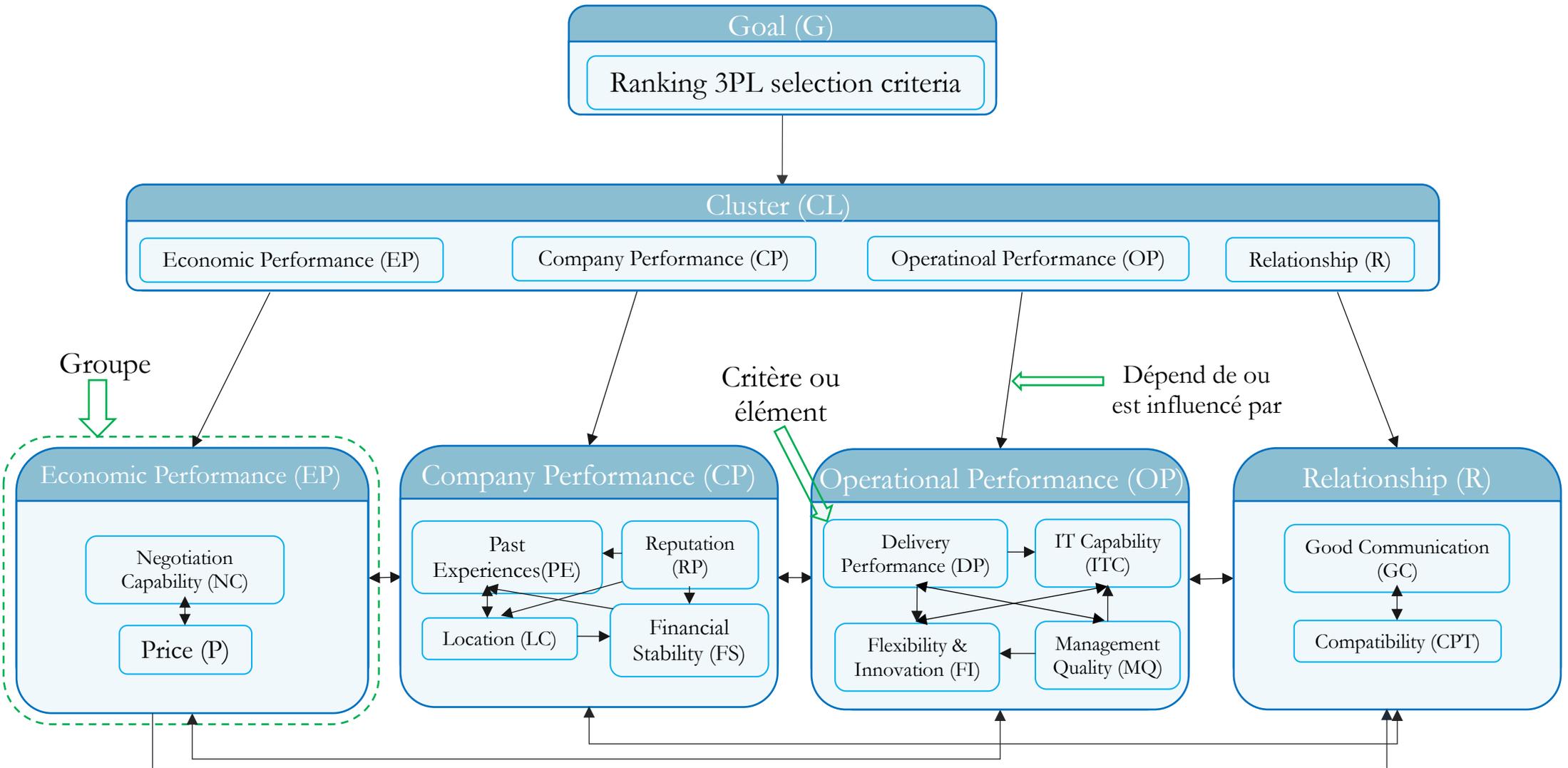


Figure IV.1. Le modèle ANP pour la classification des critères de sélection d'un prestataire 3PL

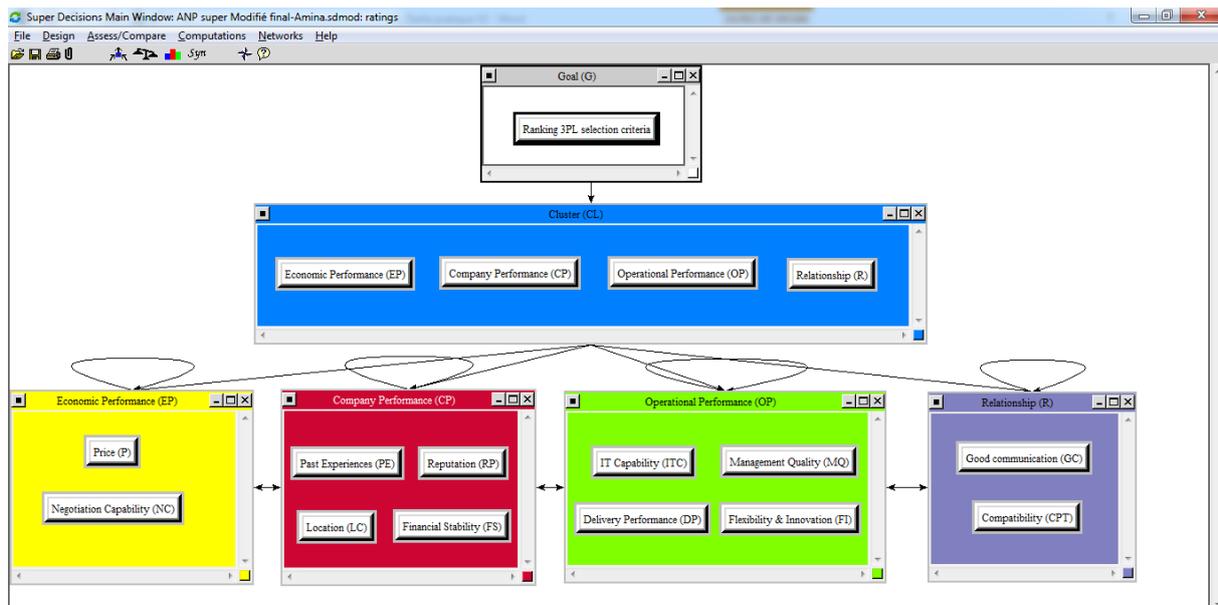


Figure IV.2. Le modèle ANP sous le logiciel Super Decisions

IV.2.2. Construction des matrices de comparaisons par paire des éléments du réseau de l'ANP

Après avoir déterminé les liens entre les éléments, nous avons procédé aux comparaisons par paire en vue d'établir les priorités des éléments du problème. Pour pouvoir remplir les différentes matrices des comparaisons, nous avons dû expliquer aux différents décideurs la logique avec laquelle il fallait le faire en étayant notre explication par des exemples et en précisant le but de notre démarche. Pour faciliter cela, nous avons conçu un document explicatif contenant les éléments suivants :

- Le réseau ANP du problème de classification des critères de sélection du 3PL avec explication de quelques concepts
- Une explication étayée par un exemple illustratif pour chaque type de matrice à remplir.

Nous leur avons ensuite demandé de déterminer, pour chaque critère, les éléments dont il dépend et le degré d'influence de chacun d'eux sur ce dernier. Pour cela, deux questions ont été posées :

- Etant donné un groupe, lequel de ses éléments (critères) a le plus d'influence sur lui ?
- Etant donné un critère (élément), lequel des deux éléments (de son groupe ou d'un autre groupe) dont il dépend a le plus d'influence sur lui ?

Chacun des décideurs a dû remplir plus d'une trentaine de matrices en utilisant l'échelle de Saaty (voir Tableau II.7 page 76). Les jugements ont ensuite été agrégés en utilisant la moyenne géométrique (voir II.3.10.1 page 75).

Afin d'explicitier la construction des matrices de comparaisons par paire, nous allons présenter les différentes matrices à calculer pour les critères du groupe *Operational Performance (OP)*.

IV.2.2.1. Comparaison par paire de l'influence des éléments Delivery Performance (DP), Flexibility & Innovation (FI), IT Capability (ITC) et Management Quality (MQ) sur leur groupe Operational Performance (OP)

Pour chacun de ces critères, les responsables ont dû répondre à la question suivante :

- Etant donné le groupe *Operational Performance (OP)*, lequel de ses critères (dont il dépend) *DP, FI, ITC* ou *MQ* a le plus d'influence sur lui ?

Nous obtenons la matrice suivante :

Tableau IV.6. Comparaisons par paire des influences des critères du groupe Operational Performance sur ce dernier

Groupe : Operational Performance (OP)	DP	ITC	FI	MQ
Delivery Performance (DP)	1.00	3.87	1.73	0.58
IT Capability (ITC)	0.26	1.00	0.33	0.26
Flexibility & Innovation (FI)	0.58	3.00	1.00	0.58
Management Quality (MQ)	1.73	3.87	1.73	1.00

Par exemple, pour la cellule colorée, nous savons que l'influence de l'élément *FI* sur le groupe *OP* est **légèrement plus importante (ou 3 fois plus importante)** que celle de l'élément *ITC* sur le groupe *OP*. La note attribuée a été de 3.

Après avoir rempli la matrice, nous devons déterminer le vecteur propre ou le vecteur de priorités des éléments dont dépend le groupe *Operational Performance (OP)* comme l'illustre le tableau suivant :

Tableau IV.7. Calcul des priorités

Colonne j

Groupe : Operational Performance (OP)	DP	ITC	FI	MQ	$w_j = \frac{1}{m} \sum_{l=1}^m b_{jl}$	Priorités
Delivery Performance (DP)	$\frac{1}{3.57} = 0.28$	$\frac{3.87}{11.75} = 0.33$	$\frac{1.73}{4.80} = 0.36$	$\frac{0.58}{2.41} = 0.24$	0.30	0.30
IT Capability (ITC)	$\frac{0.26}{3.57} = 0.07$	$\frac{1}{11.75} = 0.09$	$\frac{0.33}{4.80} = 0.07$	$\frac{0.26}{2.41} = 0.11$	0.08	0.08
Flexibility & Innovation (FI)	$\frac{0.58}{3.57} = 0.16$	$\frac{3}{11.75} = 0.26$	$\frac{1}{4.80} = 0.21$	$\frac{0.58}{2.41} = 0.24$	0.22	0.22
Management Quality (MQ)	$\frac{1.73}{3.57} = 0.49$	$\frac{3.87}{11.75} = 0.33$	$\frac{1.73}{4.80} = 0.36$	$\frac{1}{2.41} = 0.41$	0.40	0.40
$A_l = \sum_{i=1}^m a_{il}$	3.57	11.75	4.80	2.41	$b_{ij} = \frac{a_{ij}}{A_j}$	

Ligne i

Pour nous assurer de la cohérence des jugements, nous devons calculer le ratio de cohérence RC :

$$\left. \begin{array}{l} \lambda_{\max} = 4.049 \\ k=4 \\ \text{I.A.} = 0.9 \end{array} \right\} \text{IC} = \frac{\lambda_{\max} - k}{k - 1} = \frac{4.049 - 4}{4 - 1} = 0.0162 \quad \rightarrow \quad \text{RC} = \frac{\text{IC}}{\text{I.A.}} = \frac{0.0162}{0.9} = 0.0181$$

$\text{RC} = 0.0181 < 0.1 \rightarrow$ les jugements émis sont cohérents.

IV.2.2.2. Comparaison par paire de l'influence des éléments dont dépend les critères du groupe Operational Performance (OP)

Pour chacun de ces critères, les responsables ont dû répondre à la question suivante :

- Etant donné un critère (élément), lequel des deux éléments dont il dépend a le plus d'influence sur lui ?

Comparaisons par paire de l'influence des éléments du groupe Company Performance (CP) sur ceux du groupe Operational Performance (OP)

- Le critère *Delivery Performance (DP)* dépend des critères *Past Experiences (PE)*, *Financial Stability (FS)* et *Location (LC)*. Nous obtenons la matrice suivante :

Tableau IV.8. Comparaisons par paire de l'influence des critères du groupe Company Performance sur le critère Delivery Performance

Groupe : Company performance (CP)				
Delivery Performance (DP)	LC	PE	FS	Priorités
Location (LC)	1.00	2.24	0.50	0.32
Past Experiences (PE)	0.45	1.00	0.50	0.19
Financial Stability (FS)	2.00	2.00	1.00	0.49

Par exemple, pour la cellule colorée, l'influence du critère *FS* sur le critère *DP* est **2 fois plus importante (entre également et légèrement plus importante)** que celle du critère *LC* sur *DP*. On attribue donc la note de 2.

Le ratio de cohérence est égal à $0.069 < 0.1$. Les jugements émis sont cohérents.

- Le critère *IT Capability (ITC)* dépend des critères *Past Experiences (PE)* et *Financial Stability (FS)* appartenant au groupe *Company Performance (CP)*. Nous obtenons la matrice suivante :

Tableau IV.9. Comparaisons par paire de l'influence des critères du groupe *Company Performance* sur le critère *IT Capability*

Groupe : Company Performance (CP)			
<i>IT Capability</i>	PE	FS	Priorités
Past Experiences (PE)	1.00	0.87	0.46
Financial Stability (FS)	1.15	1.00	0.54

Le ratio de cohérence est égal à $0 < 0.1$. Les jugements émis sont cohérents.

- Le critère *Flexibility & Innovation (FI)* dépend des critères *Past Experiences (PE)*, *Financial Stability (FS)* et *Location (LC)*. Nous obtenons la matrice suivante :

Tableau IV.10. Comparaisons par paire de l'influence des critères du groupe *Company Performance* sur le critère *Flexibility & Innovation*

Groupe : Company performance (CP)				
<i>Flexibility & Innovation (FI)</i>	LC	PE	FS	Priorités
Location (LC)	1.00	0.45	0.41	0.17
Past Experiences (PE)	2.24	1.00	1.73	0.48
Financial Stability (FS)	2.45	0.58	1.00	0.35

Le ratio de cohérence est égal à $0.044 < 0.1$. Les jugements émis sont cohérents.

- Le critère *Management Quality (MQ)* dépend des critères *Past Experiences (PE)*, *Financial Stability (FS)* et *Location (LC)*. Nous obtenons la matrice suivante :

Tableau IV.11. Comparaisons par paire de l'influence des critères du groupe *Company Performance* sur le critère *Management Quality*

Groupe : Company performance (CP)				
<i>Management Quality (MQ)</i>	LC	PE	FS	Priorités
Location (LC)	1.00	1.00	0.33	0.21
Past Experiences (PE)	1.00	1.00	0.50	0.24
Financial Stability (FS)	3.00	2.00	1.00	0.55

Le ratio de cohérence est égal à $0.018 < 0.1$. Les jugements émis sont cohérents.

Comparaisons par paire de l'influence des éléments du groupe *Economic Performance (EP)* sur ceux du groupe *Operational Performance (OP)*

- Tous les critères du groupe *Operational Performance (OP)* ne dépendent que d'un seul élément du groupe *Economic Performance (EP)* qui est *Price (P)*. On ne peut donc pas faire de comparaison par paire.

Comparaisons par paire de l'influence des éléments du groupe *Relationship (R)* sur ceux du groupe *Operational Performance (OP)*

- Le critère *IT Capability (ITC)* dépend des critères *Good Communication (GC)* et *Compatibility (CPT)* du groupe *Relationship (R)*. Nous obtenons la matrice suivante :

Tableau IV.12. Comparaisons par paire de l'influence des critères du groupe *Relationship* sur le critère *IT Capability*

Groupe : Relationship (R)			
<i>IT Capability (ITC)</i>	GC	CPT	Priorités
Good communication (GC)	1.00	0.50	0.33
Compatibility (CPT)	2.00	1.00	0.67

Le ratio de cohérence est égal à $0 < 0.1$. Les jugements émis sont cohérents.

- Le critère *Management Quality (MQ)* dépend des critères *Good Communication (GC)* et *Compatibility (CPT)* du groupe *Relationship (R)*. Nous obtenons la matrice suivante :

Tableau IV.13. Comparaisons par paire de l'influence des critères du groupe *Relationship* sur le critère *Management Quality*

Groupe : Relationship (R)			
<i>Management Quality (MQ)</i>	GC	CPT	Priorités
Good Communication (GC)	1.00	3.00	0.75
Compatibility (CPT)	0.33	1.00	0.25

Le ratio de cohérence est égal à $0 < 0.1$. Les jugements émis sont cohérents.

- Le critère *Flexibility & Innovation (FI)* dépend des critères *Good Communication (GC)* et *Compatibility (CPT)* du groupe *Relationship (R)*. Nous obtenons la matrice suivante :

Tableau IV.14. Comparaisons par paire de l'influence des critères du groupe *Relationship* sur le critère *Flexibility & Innovation*

Groupe : Relationship (R)			
Flexibility & Innovation (FI)	GC	CPT	Priorités
Good Communication (GC)	1.00	0.58	0.37
Compatibility (CPT)	1.73	1.00	0.63

Le ratio de cohérence est égal à $0 < 0.1$. Les jugements émis sont cohérents.

- Le critère *Delivery Performance (DP)* dépend des critères *Good Communication (GC)* et *Compatibility (CPT)* du groupe *Relationship (R)*. Nous obtenons la matrice suivante :

Tableau IV.15. Comparaisons par paire de l'influence des critères du groupe *Relationship* sur le critère *Delivery Performance*

Groupe : Relationship (R)			
Delivery Performance (DP)	GC	CPT	Priorités
Good Communication (GC)	1.00	1.73	0.63
Compatibility (CPT)	0.58	1.00	0.37

Le ratio de cohérence est égal à $0 < 0.1$. Les jugements émis sont cohérents.

Comparaisons par paire de l'influence des éléments du groupe *Cluster (CL)* sur ceux du groupe *Operational Performance (OP)*

- Aucun des critères du groupe *Operational Performance (OP)* ne dépend des critères du groupe *Cluster (CL)*, il n'y a donc aucune matrice à remplir.

Comparaisons par paire de l'influence des éléments du groupe *Goal (G)* sur ceux du groupe *Operational Performance (OP)*

- Le groupe *Goal (G)* ne contient qu'un seul critère. De plus, ce dernier n'influence aucun des critères du groupe *Operational Performance (OP)*. Il n'y aura donc aucune matrice à remplir.

Comparaisons par paire de l'influence des éléments du groupe *Operational Performance (OP)* sur d'autres éléments du même groupe *Operational Performance (OP)*

- Le critère *Management Quality (MQ)* dépend des critères *Delivery Performance (DP)*, *Flexibility & Innovation (FI)* et *IT Capability (ITC)*. Nous obtenons la matrice suivante :

Tableau IV.16. Comparaisons par paire de l'influence des critères du groupe *Operational Performance* sur le critère *Management Quality*

Operational Performance (OP)				
Management Quality (MQ)	DP	ITC	FI	Priorités
Delivery Performance (DP)	1.00	3.87	1.73	0.54
IT Capability (ITC)	0.26	1.00	0.41	0.14
Flexibility & Innovation (FI)	0.58	2.45	1.00	0.32

Le ratio de cohérence étant égal à $0.00089 < 0.1$, les jugements émis sont cohérents.

- Le critère *Flexibility & Innovation (FI)* ne dépend que d'un seul critère du groupe *Operational Performance (OP)* qui est *IT Capability (ITC)*. On ne peut donc pas faire de comparaison par paire.
- Le critère *Delivery Performance (DP)* dépend des critères *Management Quality (MQ)*, *Flexibility & Innovation (FI)* et *IT Capability (ITC)* appartenant à son groupe. Nous obtenons la matrice suivante :

Tableau IV.17. Comparaisons par paire de l'influence des critères du groupe *Operational Performance* sur le critère *Delivery Performance*

Groupe : Operational Performance (OP)				
Delivery Performance (DP)	ITC	FI	MQ	Priorités
IT Capability (ITC)	1.00	0.82	0.17	0.14
Flexibility & Innovation (FI)	1.22	1.00	0.45	0.22
Management Quality (MQ)	5.92	2.24	1.00	0.64

Le ratio de cohérence est égal à $0.063 < 0.1$. Les jugements émis sont cohérents.

- Le critère *IT Capability (ITC)* ne dépend que d'un seul critère du groupe *Operational Performance (OP)* qui est *Flexibility & Innovation (FI)*. On ne peut donc pas faire de comparaison par paire pour les trois critères.

Nous avons effectué la même démarche pour les critères des autres groupes. Les résultats se trouvent en annexe IV.2. page 165.

IV.2.3. Construction de la supermatrice :

La structure de la supermatrice initiale est indiquée dans la figure suivante :

$$\mathbf{W} = \begin{array}{c} \begin{array}{cccccc} \mathbf{G}_1 & \mathbf{G}_2 & \mathbf{G}_3 & \mathbf{G}_4 & \mathbf{G}_5 & \mathbf{G}_6 \\ \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ W_{21} & W_{22} & W_{23} & W_{24} & W_{25} & 0 \\ W_{31} & W_{32} & W_{33} & W_{34} & 0 & 0 \\ W_{41} & W_{42} & W_{43} & W_{44} & W_{45} & 0 \\ W_{51} & W_{52} & W_{53} & W_{54} & W_{55} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} & \begin{array}{c} \mathbf{G}_1 \\ \vdots \\ \mathbf{G}_6 \end{array} \end{array} \end{array}$$

Figure IV.3. Supermatrice initiale

- **G1** : Cluster (CL)
- **G2** : Company Performance (CP)
- **G3** : Economic Performance (EP)
- **G4** : Operational Performance (OP)
- **G5** : Relationship (R)
- **G6** : Goal (G)

La matrice W contient les éléments W_{ij} ($i=1..6$ et $j=1..6$) qui représentent des sous matrices. Chaque sous matrice est le résultat des comparaisons par paire effectuées dans l'étape précédente. En effet, chaque vecteur de priorité (vecteur propre) calculé pour chaque matrice sera incorporé dans la supermatrice.

A titre d'exemple, le bloc ou sous matrice W_{43} signifie que le groupe $G3$ est influencé par le groupe $G4$. Lorsqu'il n'y a aucune interaction entre deux groupes, la sous matrice correspondante prend la valeur 0. Par exemple, le groupe $G5$ *Relationship (R)* n'est pas influencé par le groupe $G3$ *Economic Performance (EP)*, ce qui justifie la valeur 0 de W_{35} dans la supermatrice ci-dessus. Le tableau suivant représente la supermatrice initiale obtenue grâce au logiciel Super Decisions :

Prenons le bloc G2-G4 comme exemple, le vecteur coloré est un vecteur de priorité issu de la matrice de comparaison par paires des éléments du groupe *Company Performance (CP)* qui influencent le critère *Delivery Performance (DP)*. (Voir tableau IV.18)

On procède de la même manière pour remplir toute la supermatrice.

IV.2.4. Pondération de la supermatrice :

En général, la supermatrice initiale n'est pas pondérée, c'est-à-dire que la somme des éléments de chaque colonne peut ne pas être égale à 1 (voir Tableau IV.16). Cela s'explique par le fait que chaque colonne soit composée de vecteurs propres eux-mêmes normalisés (somme des composantes du vecteur égale à 1).

De ce fait, pour pondérer la supermatrice, il faut établir une matrice des priorités relatives aux groupes. Pour obtenir cette matrice, les experts ont également dû remplir toutes les matrices de comparaisons par paire des groupes et non de leurs éléments et ce, en répondant à la question suivante :

- Pour un groupe donné, quel est l'influence relative de chacun des groupes dont il dépend ?

Après avoir rempli les matrices, nous devons calculer les vecteurs de priorités de chacune d'elles et remplir ainsi la matrice de pondération (matrice de groupe) grâce à ces vecteurs propres.

Les matrices de comparaisons par paires des groupes se trouvent en Annexe IV.3 page 173.

Après calcul, nous obtenons la matrice de pondération ci-dessous :

Tableau IV.17. Matrice de pondération

	Cluster (CL)	Company Performance (CP)	Economic Performance (EP)	Operational Performance (OP)	Relationship (R)	Goal (G)
Cluster (CL)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1.0000
Company Performance (CP)	0.4201	0.3838	0.2122	0.2952	0.3252	0.0000
Economic Performance (EP)	0.1939	0.3198	0.5544	0.2241	0.0000	0.0000
Operational Performance (OP)	0.2502	0.2046	0.1581	0.3982	0.1881	0.0000
Relationship (R)	0.1358	0.0918	0.0753	0.0825	0.4867	0.0000
Goal (G)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

Cette matrice sera utilisée pour pondérer la supermatrice initiale de la façon suivante :

Prenons par exemple la colonne du groupe *Operational Performance (CP)* et plus particulièrement le bloc *Company Performance (CP) - Operational Performance (OP)*. Nous

allons multiplier toutes les valeurs de la sous matrice correspondante W_{24} par la valeur 0.2952 pour obtenir le nouveau bloc W'_{24} de la supermatrice pondérée.

Soit le bloc W_{24} :

$$W_{24} = \begin{bmatrix} 0.4911 & 0.3443 & 0.5359 & 0.5499 \\ 0.3211 & 0.1740 & 0 & 0.2098 \\ 0.1878 & 0.4817 & 0.4641 & 0.2402 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

Figure IV.4. Bloc W_{24} de la supermatrice initiale

Ce bloc sera multiplié par 0.2952 (valeur correspondante dans la matrice de pondération) pour obtenir une nouvelle sous matrice W'_{24} représentée ci-dessous :

$$W'_{24} = \begin{bmatrix} 0.1450 & 0.1016 & 0.1582 & 0.1624 \\ 0.0948 & 0.0514 & 0 & 0.0619 \\ 0.0554 & 0.1422 & 0.4641 & 0.2402 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

Figure IV.5. Bloc W'_{24} de la supermatrice pondérée

Nous répétons cette procédure pour tous les blocs W_{ij} pour obtenir enfin la supermatrice pondérée ci-dessous :

IV.2.5. Calcul de la supermatrice limite :

Dans cette étape, la supermatrice pondérée est multipliée par elle-même $2k+1$ fois (k étant très grand et choisi arbitrairement) jusqu'à ce que chaque valeur d'une ligne i de la supermatrice tende vers une constante a_j . À ce moment-là, toutes les colonnes de la supermatrice seront égales. L'état d'équilibre est ainsi atteint. La supermatrice limite est illustrée ci-dessous :

IV.2.6. Interprétation des résultats

Les résultats auxquels nous avons aboutis représentent le classement des critères de sélection d'un prestataire 3PL par ordre de priorité (ou d'importance) pour le cas de HA. Ils sont illustrés dans le tableau suivant :

Tableau IV.20. Résultats de la méthode ANP pour la classification des critères de sélection d'un 3PL

Critère	Priorité
Location (LC)	0.23555
Past Experiences (PE)	0.19724
Price (P)	0.18951
Financial Stability (FS)	0.10724
Negotiation Capability (NC)	0.10506
Good communication (GC)	0.03594
Flexibility & Innovation (FI)	0.02791
IT Capability (ITC)	0.02466
Compatibility (CPT)	0.02432
Delivery Performance (DP)	0.02423
Management Quality (MQ)	0.02168
Reputation (RP)	0.00667

Le critère le plus important avec une priorité de 0.2355 est *Location (LC)*. Ce résultat rejoint le travail que nous avons effectué dans le chapitre III. En effet, il est très important pour HA que le prestataire qu'elle va engager possède ou soit en mesure de proposer un entrepôt situé aux environs de Réghaia (le lieu où l'entrepôt a été localisé).

Les critères *Past Experiences (PE)* et *Price (P)* ont des priorités pratiquement égales. Cela concorde avec les exigences de HA car la décision d'externalisation demeure une décision stratégique comportant des risques qui peuvent être limités grâce à l'expérience du prestataire. De plus, il serait préférable que le coût à la tonne que propose le prestataire retenu soit inférieur ou du moins proche de celui que nous avons calculé dans le cas où HA n'externaliserait pas, à savoir **6950 DZD/Tonne**. Dans le cas contraire, il ne faudrait pas oublier que le prix n'est pas le seul facteur à prendre en compte mais qu'il y a d'autres avantages liés à l'externalisation comme le fait de pouvoir se concentrer sur le cœur de son métier.

Par ailleurs, le critère *Financial Stability (FS)* arrive en 4^{ème} position avec une priorité de 0.1072. En effet, HA forte de son expérience avec ses fournisseurs et transporteurs, accorde une importance capitale à leurs santés financières et il en va de même pour son futur prestataire 3PL. Cela lui permettra de prévenir les risques liés aux impayés mais aussi de s'assurer que le prestataire a les capacités financières pour fournir le service demandé et ne risque pas de faire faillite une fois la collaboration lancée.

Le critère *Negotiation Capability (NC)* arrive juste après avec une priorité de 0.1051. Cela est justifié par le fait que de nombreux paramètres comme le prix, le nombre de services proposés, ou encore le degré de personnalisation peuvent être remis en cause lors des négociations.

Le reste des critères liés à la performance opérationnelle et à la relation client présentent des priorités quasi-similaires. Bien qu'ils arrivent en bas du classement, ils doivent faire l'objet d'une grande attention car ils sont tous très fortement liés et la dégradation de l'un d'eux risque d'entraîner celles des autres et d'affecter de façon conséquente la performance proposée.

Il est important de noter que le modèle et le classement obtenus sont issus des jugements émis par de hauts responsables de HA et leur est propre. Les résultats pourraient être totalement différents tant en termes de classement qu'en termes de critères considérés et de leurs dépendances si les jugements avaient été soumis à l'appréciation de décideurs d'une autre entreprise.

- **Analyse de sensibilité**

Il est à noter que généralement, après le déroulement de la méthode ANP et la présentation des résultats, la stabilité de ces derniers est testée grâce à une analyse de sensibilité. Elle consiste à faire varier tour à tour la priorité d'un critère en fixant celle des autres et voir l'influence que cela pourrait avoir sur le classement des alternatives. Toutefois, comme nous sommes dans le cas d'un classement des critères et non dans le choix d'une alternative parmi plusieurs, faire varier la priorité des critères tour à tour reviendrait à changer directement leurs classements et ne présenterait pas un réel intérêt.

- **Incorporation des alternatives** : compte tenu du fait qu'il n'y ait pas de soumissionnaires et donc pas d'alternatives pour l'instant, nous avons dû adapter la méthode ANP en conséquence et l'appliquer à la classification des critères de sélection du meilleur 3PL. Toutefois, une fois l'appel d'offre lancé et les soumissions réceptionnées, il sera parfaitement possible d'utiliser le modèle que nous avons proposé pour choisir le meilleur soumissionnaire. Pour ce faire, il suffira d'incorporer quelques données supplémentaires, à savoir :
 - Dans l'étape 1, il est nécessaire de créer un autre groupe pour les alternatives (nommé G7) qui contiendra ces dernières (les soumissionnaires à l'appel d'offre). Ensuite, toutes les dépendances qui existent entre les alternatives et les différents critères devront être mises en évidence.
 - Dans l'étape 2, les décideurs devront remplir des matrices de jugements (comparaisons) supplémentaires issues des liens rajoutés dans l'étape 1 et ce, en répondant à la question suivante : « Étant donné une alternative, lequel des deux critères (liés à l'alternative) est plus dominant à l'égard de cette alternative ? »

Le reste des étapes suit la même logique utilisée dans la partie pratique tout en prenant en compte le groupe des alternatives.

La meilleure alternative sera celle qui aura la priorité la plus grande dans le bloc W₇₇ (Alternatives-Alternatives) de la matrice limite (voir figure IV.6).

$$\mathbf{W} = \begin{matrix} & \begin{matrix} G_1 & G_2 & G_3 & G_4 & G_5 & G_6 & G_7 \end{matrix} \\ \begin{matrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & W_{17} \\ W_{21} & W_{22} & W_{23} & W_{24} & W_{25} & 0 & W_{27} \\ W_{31} & W_{32} & W_{33} & W_{34} & 0 & 0 & W_{37} \\ W_{41} & W_{42} & W_{43} & W_{44} & W_{45} & 0 & W_{47} \\ W_{51} & W_{52} & W_{53} & W_{54} & W_{55} & 0 & W_{57} \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & W_{67} \\ W_{71} & W_{72} & W_{73} & W_{74} & W_{75} & W_{76} & W_{77} \end{matrix} \end{matrix}$$

Figure IV.6. Structure la supermatrice après incorporation du groupe *Alternatives*

Conclusion

Dans ce chapitre notre apport s'est situé à deux niveaux :

- Nous avons procédé à une classification ABC des produits finis sur la base de laquelle nous avons pu calculer leurs stocks de sécurité ainsi que les niveaux de point de commande et ce, à l'horizon 2020. Ces différents résultats devront être pris en compte par le futur prestataire 3PL et ce, dans le but de se conformer aux exigences du client et de proposer la meilleure prestation possible.
- Par ailleurs, le choix d'un 3PL étant une décision difficile, comportant des risques et pouvant avoir une incidence sur la performance future de l'entreprise, nous avons proposé et déroulé un outil d'aide à la décision multicritère par le biais de la méthode ANP. Nous avons soumis plusieurs critères issus de la littérature aux responsables de HA qui en ont retenu douze (12). Par la suite, nous avons construit le modèle ANP et recueilli l'ensemble des jugements émis par les décideurs pour aboutir à une classification des critères de sélection du meilleur prestataire logistique 3PL. Il est à noter que nous avons dû adapter la méthode à cet effet car les données sur les soumissionnaires (alternatives) ne sont pas disponibles pour le moment. Toutefois, nous avons pris soin de concevoir notre modèle de telle sorte à ce qu'il puisse être utilisé pour sélectionner la meilleure alternative une fois l'appel d'offres lancé.

Conclusion générale

Dans le monde et particulièrement en Algérie, le marché des produits d'entretien est connu pour sa rude concurrence et sa féroce guerre des prix. Ceci pousse farouchement les entreprises vers la quête de l'amélioration continue tant en termes de réduction des coûts qu'en termes d'amélioration de la qualité de leurs produits et de leur service clients. C'est dans ce contexte très instable qu'émergea une approche dont la maîtrise constitue, de nos jours, un enjeu essentiel pour la pérennité des entreprises. Il s'agit du Supply Chain Management, qui traite notamment de la conception et de la gestion des chaînes logistiques. Pour ce faire, et compte tenu de la complexité de ces dernières, on ne s'intéresse généralement qu'à la conception d'une partie de la SC uniquement. C'est dans ce cadre que s'inscrit notre projet. En effet, nous nous sommes particulièrement intéressés à la partie aval de la chaîne logistique de HA, une entreprise qui occupe une place importante sur le marché et qui a fait de la satisfaction client son crédo et de la réduction des coûts son cheval de bataille.

Dans un premier temps, nous avons effectué un audit selon le référentiel ASLOG au niveau de l'usine de Reghaia et avons eu plusieurs entretiens avec plusieurs membres appartenant à différents niveaux hiérarchiques (opérationnels, tactiques et stratégiques). Ceci nous a permis d'avoir une meilleure idée sur le fonctionnement de la Supply Chain aval de HA et de déceler différents dysfonctionnements, notamment : le manque d'espace de stockage, le manque de visibilité de la demande et quelques défaillances au niveau des processus (absence de préparation de commande, erreurs de chargements, etc.). De plus, nous avons pris connaissance de la décision stratégique qui concerne la fermeture de l'usine et l'entrepôt d'Ain Temouchent ainsi que celle d'un possible recours aux services d'un prestataire logistique 3PL.

Partant de cette situation et état des lieux, notre attention s'est portée sur deux principaux axes d'amélioration. Le premier a consisté en l'étude de la relocalisation d'entrepôts avec une proposition de plusieurs scénarios et un calcul détaillé des coûts logistiques y afférents (coûts de transport, coûts des palettes, coûts matériels et humains et coûts de location). Le deuxième axe, quant à lui, a consisté en l'exploration de la piste d'externalisation logistique. De ce fait, l'étude de l'existant et la problématique ont été présentées dans le chapitre I.

Pour mieux appréhender ces deux thématiques, nous avons eu recours à des recherches approfondies et des revues de littérature sur tout ce qui a été développé jusqu'à présent. Ceci a constitué l'objet du chapitre II de notre mémoire.

Par la suite, nous avons proposé un plan d'actions que nous avons décliné en deux chapitres.

Dans le chapitre III, nous avons traité la problématique de relocalisation des entrepôts tout en prenant en compte la décision de fermeture de l'usine et l'entrepôt de AT et ce, en proposant plusieurs scénarios, à savoir :

- Scénario 1 : Relocalisation d'un seul entrepôt qui desservira la région Ouest et ce, en utilisant la méthode du barycentre.
- Scénario 2 : Fermeture des entrepôts du Centre (REG, HAM et KEK) et relocalisation d'un seul grand entrepôt centralisé qui desservira les régions Ouest et Centre. La méthode utilisée est la même que dans le scénario 1.
- Scénario 3 : Fermeture des entrepôts de la région Centre et relocalisation d'un nombre optimal d'entrepôts. Pour ce faire, nous avons proposé un modèle mathématique qui

localise un nombre optimal d'entrepôts dans les régions Ouest et/ou Centre, détermine leurs capacités de stockage ainsi que les clients qui leur sont affectés. Ce modèle a pour fonction objectif la minimisation des coûts de transports sur deux échelons (usines vers entrepôts et entrepôts vers clients) et les coûts de location. L'implémentation a été effectuée grâce au logiciel IBM ILOG CPLEX 12.6.0 tout en prenant en compte les différentes contraintes.

D'après le calcul détaillé des différents coûts logistiques liés à chaque scénario, le scénario 3 a été, à priori, le meilleur des scénarios avec ouverture de 3 entrepôts.

Toutefois, HA souhaitait profiter de l'effet d'échelle induit par la centralisation. De plus, nous ne pouvions comparer les résultats de deux différents scénarios suivant deux différentes méthodes. C'est pour cela que nous avons appliqué le modèle mathématique aux cas de l'ouverture d'un seul entrepôt (scénario 3A) et de deux entrepôts (scénario 3B), parce que ce dernier pouvait constituer un compromis intéressant à explorer. Les résultats ont montré que c'est finalement le scénario 3A qui était le meilleur sur les 4 années à venir du point de vue coûts logistiques, c'est d'ailleurs ce dernier que HA a décidé de retenir.

Par ailleurs, la meilleure configuration étant d'ouvrir un seul entrepôt au niveau de REG et voulant se concentrer sur son cœur de métier, HA a décidé d'explorer la piste de l'externalisation logistique. Cette piste a constitué l'objet du chapitre IV.

En effet, l'entreprise compte lancer un appel d'offres dans les semaines à venir et prépare donc un cahier des charges. Ce dernier contiendra toutes les exigences auxquelles le futur prestataire devra se conformer. Parmi ces exigences, il y a celles relatives à la gestion des stocks et c'est à une partie de ces dernières que nous nous sommes intéressés à travers la classification ABC des produits, le calcul du Stock de Sécurité et du Point de Commande pour chaque SKU.

Une fois l'appel d'offres lancé, vient alors la décision du choix du meilleur prestataire 3PL parmi les soumissionnaires. Cette décision étant stratégique et prenant en compte des critères quantitatifs et qualitatifs interdépendants, nous avons proposé un outil d'aide à la décision multicritère par le biais de la méthode Analytic Network Process (ANP).

Toutefois, compte tenu du fait qu'il n'y ait pas de soumissionnaires (d'alternatives) pour le moment, nous avons dû adapter la méthode ANP et l'appliquer pour la classification des critères du meilleur prestataire 3PL tout en prenant soin de mettre en place l'architecture nécessaire pour pouvoir y incorporer les alternatives par la suite.

La construction du modèle ANP, la détermination des liens et des degrés d'influence entre chacun de ses éléments ont été effectuées en collaboration avec les responsables du département Planning & Logistics et du département Achat. Une fois la cohérence des jugements émis vérifiée, ces derniers ont été incorporés dans le logiciel Super Decisions qui nous a permis d'aboutir à un classement des critères de sélection du meilleur prestataire 3PL.

Pour conclure, nous dirons que ce projet est un tremplin pour l'achèvement de notre formation et la poursuite de notre rôle d'ingénieur. Tout au long de sa réalisation, nous avons pu développer plusieurs méthodes, acquérir de nouvelles connaissances que nous avons pu mettre en pratique et ressentir l'importance de l'aspect relationnel pour accomplir une mission en entreprise.

Enfin, nous espérons que ce travail pourra pallier aux problèmes que nous avons relevés et que HA, ainsi que d'autres étudiants, pourront en tirer profit. A cet effet, nous avons jugé utile de mettre en évidence quelques perspectives sur lesquelles il serait intéressant de se pencher lors de prochains travaux :

La première consisterait à proposer un système de mise en œuvre du Vendor Managed Inventory (VMI). En effet, HA s'est fixée comme objectif à long terme d'opter pour cette approche collaborative qui consiste à déléguer la responsabilité de la gestion des réapprovisionnements des distributeurs à l'entreprise, en se basant sur les informations communiquées sur les ventes et les stocks.

Le fait d'opter pour cette approche pourrait être très bénéfique pour l'entreprise car cela permettrait :

- D'avoir une meilleure visibilité sur la demande en raison du partage d'information avec ses fournisseurs en temps réel
- D'améliorer ses prévisions grâce à la visibilité et à la stabilité de la demande
- De réduire les coûts de stockage et particulièrement les stocks de sécurité car cette approche permet de maîtriser les pics de variation de la demande et de lisser la production grâce à une meilleure collaboration entre les acteurs de la SupplyChain
- D'améliorer son taux de service grâce à sa visibilité sur la demande réelle, ce qui lui permettra de livrer au client le bon produit au bon moment.

Toutefois, pour aboutir aux résultats attendus par l'application de cette approche, il est primordial de développer une relation de confiance entre HA et ses clients (distributeurs et MT) et d'établir préalablement les droits et les obligations de chacun.

La deuxième proposition que nous pouvons faire serait de poursuivre le travail que nous avons effectué concernant la décision d'externalisation. Dans un premier temps, il serait intéressant d'utiliser le modèle ANP que nous avons construit pour sélectionner la meilleure alternative pour les soumissionnaires à l'appel d'offres. Une fois la collaboration entre le prestataire sélectionné et l'entreprise lancée, se poserait alors la question de l'évaluation et du suivi de la performance. Pour cela, il serait intéressant de travailler sur la mise en place d'un tableau de bord. Ce dernier est un ensemble d'indicateurs renseignés périodiquement qui permettra un pilotage implicatif et proactif et un monitoring régulier de la performance du prestataire 3PL et ce, dans une optique d'amélioration continue.

Bibliographie

- Aguezzoul, A. (2007). The third party logistics selection: a review of literature. Intenational Logistics and Supply Chain Congress'. 08 et 09 novembre 2007. Istanbul.
- Aguezzoul, A. (2012). Overview on Supplier Selection of Goods versus 3PL Selection. Journal of Logistics Management.
- Baglin, G., Bruel, O., Garreau, A., Greif, M., Kerbache, L., & Van Delft, C. (2005). Management industriel et logistique "Conception et pilotage de la Supply Chain" (éd. 4ème). ECONOMICA.
- Bedja, R., & Djaout, I. (2008). Sélection multicritère de fournisseurs basée sur les méthodes AHP et ANP- Application : Kraft Foods Algérie. Mémoire du projet de fin d'études. Département Génie Industriel. Ecole Nationale Polytechnique, Alger.
- Benaïs, Y. (2016). Externaliser sa logistique : Zoom sur les risques d'une stratégie d'externalisation. Récupéré sur Supply Chain Magazine: <http://supplychainmagazine.fr/TOUTE-INFO/Lecteurs/Externaliser.pdf>
- Bomy, J. M. (2008). SCM: Et si l'on reparlait de gestion de stocks ?! Récupéré sur Supply Chain Magazine: <http://www.supplychainmagazine.fr/TOUTE-INFO/Lecteurs/Gestion-Stocks.pdf>
- Caillet, R. (2003). Analyse multicritère: étude de comparaison des méthodes existantes en vue d'une application en analyse de cycle de vie. Scientific Series. p.19. ISSN 1198-8177.
- Chen, K. Y., & Wu, W. T. (2011). - Applying analytic network process in logistics service provider selection a case study of the industry investing in southeast asia. International Journal of Electronic Business Management. Vol. 9, No. 1, pp. 24-36
- Chopra, S., & Meindl, P. (2007). Supply Chain Management, strategy, planning and operation. New Jersey: PEARSON.
- Christopher, M. (2011). Logistics & supply chain management. Financial Times Prentice Hall.
- Courtois, A., Pillet, M., & Martin-Bonnefou, C. (2003). Gestion de production. Paris: Editions d'Organisation.
- Ergül, E. U., & Yildiz, A. (2015). A two-phased multi-criteria decision-making approach for selecting the best smartphone. South African Journal of Industrial Engineering. vol.26 n.3. pp. 194-215. ISSN 1012-277X.
- García-Melón, M., Ferrís-Oñate, J., Aznar-Bellver, J., Aragonés-Beltrán, P., & Poveda-Bautista, R. (2007). Farmland appraisal based on the analytic network process. Springer Science.
- Geoffrion, A., & Graves, W. (1974). Multicommodity distribution system design by benders decomposition. Management Science, Vol 20, No. 5, Theory Series, Mathematical Programming (Jan., 1974), 822-844.

- Ghanes, K., & Nafi, Y. (2010, Juin). Contribution à l'amélioration de la performance de la chaîne logistique par la mise en place du VMI. Application : Kraft Foods Algérie. Mémoire du projet de fin d'études. Département Génie Industriel. Ecole Nationale Polytechnique, Alger.
- Ghiani , G., Laporte , G., & Musmanno, R. (2013). Introduction to Logistics Systems Management- Second edition. New York: John Wiley & Sons, Ltd.
- Gonda Tozay, J. (2011). Warehouse Location and Desing Decisions among large scale manufacturing firms in Nairobi, Kenya.
- Gupta, R., Sachdeva , A., & Bhardwaj, A. (2011). Criteria of Selecting 3pl Provider: A Literature Review. International Journal of Mechanical, Aerospace, Industrial, Mechatronic and Manufacturing Engineering. Vol:5, No:11, p.2345-2349.
- Hakimi , S., & Kariv, O. (1979). An algorithmic approach to network location problems. The p-medians. SIAM Journal on Applied Mathematics. Vol 37, p. 539–560.
- Hammami, A. (2003). Etude technico-économique d'une chaîne logistique dans une entreprise réseau. Thèse de doctorat. Ecole Nationale des Mines de Saint-Etienne, Université Laval, France.
- Handler , G., & Mirchandani , P. (1979). Location on Networks. MIT Press.
- Hohmann, C. (2014, Juillet 27). La méthode du barycentre. Récupéré sur Christian Hohmann: <http://christian.hohmann.free.fr/index.php/lean-entreprise/la-boite-a-outils-lean/422-la-methode-du-barycentre>
- Hwang, B. N., & Shen, Y. C. (2015). Decision Making for Third Party Logistics Supplier Selection in Semiconductor Manufacturing Industry: Selection in Semiconductor Manufacturing Industry . Hindawi Publishing Corporation- Mathematical Problems in Engineering.
- Ivanaj, V., & Masson-Franzil, Y. (2006). Externalisation des activités logistiques : analyse conceptuelle et propositions testables dérivées de la théorie des coûts de transaction. Université Nancy 2 Cahier de Recherche n°2006-03.
- Javel, G. (2010). Organisation et gestion de la production - 4ème édition-. Paris: DUNOD.
- Lambert, D. M., & Cooper, M. C. (2000). Issues in supply Chain Management. Industrial Marketing Management Elsevier Science Inc.
- Lambert, D. M., García-Dastugue, S. J., & Knemeyer, A. M. (2008). Supply Chain Management: Processes, Partnerships, Performance. Supply Chain Management Inst.
- Laporte, G., Nickel, S., & Saldanha de Gama, F. (2015). Location Science. Londres: Springer.
- Lasnier, G. (2004). Gestion des approvisionnements et des stocks dans la chaîne logistique. Hermès Science Publications.Paris.
- Lecoeuvre, D. (2011). Prévisions systémiques dans la supply chain globale. Techniques de l'ingénieur.

- Lehoux, N., & Vallée, P. (2004). *Analyse multicritère*. Ecole Polytechnique de Montréal, Canada.
- Lesmes, D., Castillo, M., & Zarama, R. (2009). Application of the analytic network process (anp) to establish weights in order to re-accredit a program of a university. *Proceedings of the International Symposium on the Analytic Hierarchy Process*.
- Mattiuzzo, N. (2008). La localisation des entrepôts- Notion de barycentre [en ligne]. Disponible sur: < http://www.lomag-man.org/barycentreintro/Telechargement/localisationdesentrepots_Barycentre_26987.pdf>.
- Maystre, L. Y., Pictet, J., & Simos, J. (1994). *Méthodes Multicritères ELECTRE : Descriptions, Conseils Pratiques et cas d'applications à la gestion environnementale*. Lausanne: Edition Presses Polytechnique et Universitaires Romandes.
- Melo, M. T., Nickel, S., & Saldanha-da-Gama, F. (2008). *Network Design Decisions in Supply Chain Planning*. *Berichte des Fraunhofer ITWM*.
- Mentzer, J. T. (2004). *Fundamental of Supply Chain Management*. SAGE Publications.
- Mentzer, J. T., DeWitt, W., Keebler, J. S., & Min, S. (2001). What is supply chain management. *Journal of Business Logistics*, Vol 22, Issue 2, p. 1–25
- Mousseau, V. (2005). A general framework for constructive learning preference elicitation in multiple criteria decision aid. *Cahier du LAMSADE n°229*.
- Ossadnik, W., Schinke, S., & Kaspar, R. H. (2015). *Group Decision and Negotiation*. Springer.
- Pernot, P. A. (2013). *Planification stratégique d'une Supply chain sous contraintes d'incertitude : affectation de la production contraintes d'incertitude : affectation de la production*. Thèse de doctorat. Université Blaise Pascal - Clermont-Ferrand II.
- Pimor, Y., & Fender, M. (2008). *Logistique: Production, Distribution, Soutien - 5ème édition*. Paris: DUNOD.
- Pujo, P., Ounnar, F., & Blanc, P. (2015, Novembre 8). *Pilotage des systèmes manufacturiers via une analyse multicritère intégrant produit, ressource et ordre*. Application au pilotage en flux tiré d'un Job Shop. Hal.
- Rattanawiboonsom, V. (2014). Effective Criteria for Selecting Third-Party logistics Providers: The Case of Thai Automotive Industry. *World Review of Business Research*. Vol. 4. No. 2. July 2014 Issue. p. 196 – 205
- Roux, M. (2008). *Entrepôts et magasins (éd. 4ème édition)*. Paris: Eyrolles.
- Roy, B. (1985). *Méthodologie multicritère d'aide à la décision*. Paris: Economica.
- Saadi, Y., & Talaboulma, L. (2011, Juin). *Sélection Multicritère de Fournisseurs basée sur la méthode ANP -Cas du groupe Cévital*. Mémoire du Projet de Fin d'Etudes d'ingénieurs. Département Génie Industriel, Ecole Nationale Polytechnique, Alger.

- Saaty, T. L. (1996). *The Analytic Network Process: Decision Making with Dependence and Feedback*. RWS Publications.
- Saaty, T. L. (2001). *Decision Making with Dependence and Feed Back the Analytical Network Process*, second edition. University of Pittsburg, Pittsburg.
- Saaty, T. L. (2005). *Theory and Applications of The Analytic Network: Decision Making With Benefits Opportunities, Costs And Risks*. USA: RWS Publications.
- Saaty, T. L. (2009). *Applications of Analytic Network Process in Entertainment*. Iranian Journal of Operations Research. Vol. 1, No. 2, , p.41-55
- Saaty, T. L., & Vargas, L. G. (2013). *Decision Making with the Analytic Network Process: Economic, Political, Social and Technological Applications with Benefits, Opportunities, Costs and Risks*, Second edition. Londres: Operations Research & Management Science.
- Toregas, C., Swain, A., ReVelle, C., & Bergman, L. (1971). *The location of emergency service facilities*. Operations Research. Vol 19, No 5, p. 1363-1373.
- Vallin, P. (2006). *La logistique, modèles et méthodes de pilotages des flux* (éd. 4ème édition). ECONOMICA.
- Weber, A. (1909). *Theory of the Location of Industries*. Université de Chicago Press.
- Zouaghi, I. (2013). *Maturité supply chain des entreprises : conception d'un modèle d'évaluation et mise en oeuvre*. Thèse de doctorat. Université de Grenoble, France.

Webographie

- [Site 1] : CSCMP Supply Chain Management Definitions and Glossary. [en ligne]. [Consulté le 27 février 2016], Disponible sur <<https://CSCMP.org/supply-chain-management-definitions>>
- [Site 2] : Logistique pour tous.fr. 1PL ... 2PL ... 3PL ... 4PL ... externaliser ma logistique ?! mais qui propose quoi ?!: [en ligne] .[Consulté le 20 Mai 2016], Disponible sur <<http://logistique-pour-tous.fr/1pl-2pl-3pl-4pl-choisir/>>
- [Site 3] :Logistics and Supply Chain Management. [en ligne] [consulté le 23 avril 2016]. Disponible sur sur <<http://logisticsmgt.blogspot.com/2011/11/what-is-difference-between-1pl-2pl-3pl.html>>
- [Site 4] : Super Decisions Software. Creative Decisions Foundation [en ligne]. [consulté le 10 mai 2016]. Disponible sur <http://www.superdecisions.com/>

Annexes

Annexe III.1. Résultats du barycentre pour le scénario SC 1UNI	150
Annexe III.2. Résultats du barycentre pour le scénario SC 1UI	150
Annexe III.3. Résultats du barycentre pour le scénario SC 2UNI	152
Annexe III.4. Résultats du barycentre pour le scénario SC 2UI	152
Annexe III.5. Résolution du scénario 3 sous IBM CPLEX	153
Annexe III.6. Capacités des entrepôts localisés et affectation des clients à ces derniers : scénario 3.....	155
Annexe III.7. Calcul détaillé des coûts logistiques associés au scénarios 3	156
Annexe III.8. Résolution du scénario 3A sous IBM CPLEX	160
Annexe III.10. Capacités des entrepôts localisés et affectation des clients à ces derniers : scénario 3B (p=2).....	162
Annexe IV.1. Classification ABC selon le volume des ventes (prévision 2016).....	163
Annexe IV.2. Matrices de jugements du modèle ANP.....	165
Annexe IV.3. Les matrices de comparaison par paire de groupes.....	173

Annexes du Chapitre III**Annexe III.1. Résultats du barycentre pour le scénario SC 1UNI**

Distributeur	Demande mensuelle sur 2020 (en Tonnes)	Xi	Yi	Xi Pondéré	Yi Pondéré
Dist 1	143.26	27.97	-0.19	4 007.21	-26.78
Dist 2	-	-	-	26 111.23	101.61
Dist 3	-	-	-	15 328.78	-496.00
Dist 4	-	-	-	18 460.66	668.19
Dist 5	-	-	-	13 544.49	-511.68
Dist 6	-	-	-	51 023.27	-905.81
Dist 7	-	-	-	11 925.88	50.81
Dist 8	-	-	-	5 497.79	-385.03
Dist 9	-	-	-	25 908.81	405.21
Dist 10	-	-	-	10 432.60	-186.68
Dist 11	-	-	-	25 643.02	958.54
Dist 12	-	-	-	3 275.92	99.31
Dist 13	-	-	-	1 846.24	-542.19
Dist 14	-	-	-	1 718.51	-46.55
Dist 15	587.26	35.39	0.15	20 783.23	87.79
Résultat		35.1712	-0.1089	Sidi Bel Abbès	

Annexe III.2. Résultats du barycentre pour le scénario SC 1UI

Distributeur/ usine	Demande mensuelle sur 2020 (en Tonnes)/flux mensuels échangés entre usines et entrepôt(s)	Xi	Yi	Xi Pondéré	Yi Pondéré
Dist 1	143.26	27.97	-0.19	4 007.21	-26.78
Dist 2	-	-	-	26 111.23	101.61
Dist 3	-	-	-	15 328.78	-496.00
Dist 4	-	-	-	18 460.66	668.19
Dist 5	-	-	-	13 544.49	-511.68
Dist 6	-	-	-	51 023.27	-905.81
Dist 7	-	-	-	11 925.88	50.81
Dist 8	-	-	-	5 497.79	-385.03
Dist 9	-	-	-	25 908.81	405.21
Dist 10	-	-	-	10 432.60	-186.68
Dist 11	-	-	-	25 643.02	958.54
Dist 12	-	-	-	3 275.92	99.31
Dist 13	-	-	-	1 846.24	-542.19
Dist 14	-	-	-	1 718.51	-46.55
Dist 15	-	-	-	20 783.23	87.79
Usine REG	-	-	-	191 842.76	17 432.16
Usine CEL	1 696.51	36.15	6.20	61 322.96	10 510.12
Résultat		35.895 6	1.998 9	Theniet El Had- Tissemsilt	

Annexe III.3. Résultats du barycentre pour le scénario SC 2UNI

Distributeur	Demande mensuelle sur 2020 (en Tonnes)	Xi	Yi	Xi Pondéré	Yi Pondéré
Dist 1	619.41	36.07	1.99	22 343.83	1 231.48
Dist 2	-	-	-	3 492.71	434.30
Dist 3	-	-	-	71 664.87	5 964.23
Dist 4	-	-	-	25 520.82	3 511.53
Dist 5	-	-	-	16 954.90	1 301.63
Dist 6	-	-	-	11 308.56	1 242.90
Dist 7	-	-	-	26 658.26	2 684.78
Dist 8	-	-	-	24 610.27	2 319.72
Dist 9	-	-	-	16 864.51	1 286.51
Dist 10	-	-	-	18 700.93	1 221.22
Dist 11	-	-	-	23 556.96	2 663.71
Dist 12	-	-	-	26 610.84	2 943.21
Dist 13	-	-	-	21 755.59	2 582.39
Dist 14	-	-	-	4 007.21	-26.78
Dist 15	-	-	-	26 111.23	101.61
Dist 16	-	-	-	15 328.78	-496.00
Dist 17	-	-	-	18 460.66	668.19
Dist 18	-	-	-	13 544.49	-511.68
Dist 19	-	-	-	51 023.27	-905.81
Dist 20	-	-	-	11 925.88	50.81
Dist 21	-	-	-	5 497.79	-385.03
Dist 22	-	-	-	25 908.81	405.21
Dist 23	-	-	-	10 432.60	-186.68
Dist 24	-	-	-	25 643.02	958.54
Dist 25	-	-	-	3 275.92	99.31
Dist 26	-	-	-	1 846.24	-542.19
Dist 27	-	-	-	1 718.51	-46.55
Dist 28	587.26	35.39	0.15	20 783.23	87.79
Résultat		35.633133	1.8718454	Ouled Bessam - Tissemsilt	

Annexe III.4. Résultats du barycentre pour le scénario SC 2UI

Distributeur/ usine	Demande mensuelle sur 2020 (en Tonnes)/flux mensuels échangés entre usines et entrepôt(s)	Xi	Yi	Xi Pondéré	Yi Pondéré
Dist 1	619.41	36.07	1.99	22 343.83	1 231.48
Dist 2	-	-	-	3 492.71	434.30
Dist 3	-	-	-	71 664.87	5 964.23
Dist 4	-	-	-	25 520.82	3 511.53
Dist 5	-	-	-	16 954.90	1 301.63
Dist 6	-	-	-	11 308.56	1 242.90
Dist 7	-	-	-	26 658.26	2 684.78
Dist 8	-	-	-	24 610.27	2 319.72
Dist 9	-	-	-	16 864.51	1 286.51
Dist 10	-	-	-	18 700.93	1 221.22
Dist 11	-	-	-	23 556.96	2 663.71
Dist 12	-	-	-	26 610.84	2 943.21
Dist 13	-	-	-	21 755.59	2 582.39
Dist 14	-	-	-	4 007.21	-26.78
Dist 15	-	-	-	26 111.23	101.61
Dist 16	-	-	-	15 328.78	-496.00
Dist 17	-	-	-	18 460.66	668.19
Dist 18	-	-	-	13 544.49	-511.68
Dist 19	-	-	-	51 023.27	-905.81
Dist 20	-	-	-	11 925.88	50.81
Dist 21	-	-	-	5 497.79	-385.03
Dist 22	-	-	-	25 908.81	405.21
Dist 23	-	-	-	10 432.60	-186.68
Dist 24	-	-	-	25 643.02	958.54
Dist 25	-	-	-	3 275.92	99.31
Dist 26	-	-	-	1 846.24	-542.19
Dist 27	-	-	-	1 718.51	-46.55
Dist 28	-	-	-	20 783.23	87.79
Usine REG	-	-	-	412 871.88	37 516.40
Usine CEL	3 649.09	36.15	6.20	131 901.59	22 606.57
Résultat		36.1082339	2.9401681	Berrouaghia - Médéa	

Annexe III.5. Résolution du scénario 3 sous IBM CPLEX

a. Fichier de données

```

/*****
* OPL 12.6.0.0 Data
* Author: pchaswell
* Creation Date: 8 mai 2016 at 00:35:50
*****/
SheetConnection my_sheet ("données-SC3-final -2020.xlsx");

client from SheetRead (my_sheet,"client");
entrepot from SheetRead (my_sheet,"entrepot");
usine from SheetRead (my_sheet,"usine");
produit from SheetRead (my_sheet,"produit");

demande from SheetRead(my_sheet,"demande");

cout_outbound_liquide from SheetRead(my_sheet,"cout_liquide");
cout_outbound_poudre from SheetRead(my_sheet,"cout_poudre");
cout_inbound from SheetRead (my_sheet,"cout_inbound_liquide");
capa_min from SheetRead (my_sheet,"CMIN");
capa_max from SheetRead (my_sheet,"CMAX");
capa_prod from SheetRead (my_sheet,"PMAX");

location from SheetRead (my_sheet,"location");
alpha from SheetRead (my_sheet,"alpha");

```

b. Programme

```

/*****
* OPL 12.6.0.0 Model
* Author: pchaswell
* Creation Date: 8 mai 2016 at 00:35:50
*****/
//Data
{string}client=...;
{string}entrepot=...;
{string}usine=...;
{string}produit=...;

float demande[client][produit]=...;

float cout_outbound_liquide[client][entrepot]=...;
float cout_outbound_poudre[client][entrepot]=...;
float cout_inbound[usine][entrepot]=...;

float capa_min[entrepot]=...;
float capa_max[entrepot]=...;
float capa_prod [usine][produit]=...;

float location[entrepot]=...;
float alpha [produit]=...;

//variables
dvar boolean affectation[client][entrepot];
dvar boolean ouvrir_entrepot[entrepot];
dvar float+ quantity_usine_entrepot[usine][entrepot][produit];
dvar float capa[entrepot][produit] ;

//objective

```

```

minimize sum (c in client, e in entrepot) cout_outbound_liquide[c][e]*affectation[c][e]+sum (c in client, e in
entrepot) cout_outbound_poudre[c][e]*affectation[c][e]+sum (u in usine, e in entrepot, h in produit )
cout_inbound[u][e]* quantity_usine_entrepot[u][e][h]+sum (e in entrepot, h in produit) location[e]*capa[e][h];

```

```

//contraintes

```

```

subject to {

```

```

forall (c in client)

```

```

  ctUnicite:

```

```

  sum (e in entrepot)

```

```

    affectation [c][e]==1;

```

```

forall (c in client , e in entrepot)

```

```

  ctAffectation:

```

```

affectation[c][e]<= ouvrir_entrepot[e];

```

```

forall (e in entrepot, h in produit)

```

```

  ctSatisfaction:

```

```

sum(u in usine) quantity_usine_entrepot[u][e][h]>=sum (c in client)demande[c][h]*affectation[c][e];

```

```

forall (e in entrepot, h in produit)

```

```

  ctCapaEntrepot1:

```

```

capa[e][h]>=alpha[h]*sum (u in usine) quantity_usine_entrepot[u][e][h] ;

```

```

forall (e in entrepot)

```

```

  CtProduit1:

```

```

  quantity_usine_entrepot["Usine Reg"][e]["poudre"]==0;

```

```

forall (e in entrepot)

```

```

  ctProduit2:

```

```

  quantity_usine_entrepot["Usine CEL"][e]["liquide"]==0;

```

```

forall (e in entrepot)

```

```

  ctCapaEntrepot2:

```

```

  capa_min[e]*ouvrir_entrepot[e]<=sum (h in produit) capa[e][h];

```

```

forall (e in entrepot)

```

```

  ctCapaEntrepot3:

```

```

sum (h in produit) capa[e][h]<= capa_max[e]*ouvrir_entrepot[e];

```

```

forall (u in usine, h in produit)

```

```

  ctProdmax:

```

```

  sum (e in entrepot) quantity_usine_entrepot[u][e][h]<=capa_prod[u][h];

```

```

}

```

Annexe III.6. Capacités des entrepôts localisés et affectation des clients à ces derniers : scénario 3

a. Affectation des clients aux entrepôts localisés

Client	Entrepôt
Dist 16	Ain Defla
Dist 17	
Dist 28	
Dist 15	
Dist 19	
Dist 22	
Dist 20	
Dist 23	
Dist 18	
Dist 6	
Dist 8	Msila
Dist 11	
Dist 13	
Dist 14	
Dist 21	
Dist 27	
Dist 26	
Dist 1	
Dist 3	REG
Dist 2	
Dist 4	
Dist 5	
Dist 7	
Dist 9	
Dist 10	
Dist 12	
Dist 25	
Dist 24	

b. Capacités des entrepôts en palettes pour le scénario 3 à l'horizon 2020

Capacité des entrepôts	Ain Defla	REG	Msila
2017	##	##	##
2018	##	##	##
2019	##	##	##
2020	##	##	##

Annexe III.7. Calcul détaillé des coûts logistiques associés au scénarios 3

a. Calcul des coûts matériels et humains annuels du scénario 3 à l'horizon 2020

		2019						2020					
		Ain Defla		REG		Msila		Ain Defla		REG		Msila	
		Besoins	Coûts (en DZD)	Besoins	Coûts (en DZD)	Besoins	Coûts (en DZD)	Besoins	Coûts (en DZD)	Besoins	Coûts (en DZD)	Besoins	Coûts (en DZD)
Ressources matérielles	Reach Truck	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##
	Diesel FL	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##
	PPM	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##
	Order Picker	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##
	Total	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##
Ressources humaines	DC & Project Manager	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##
	HSE & QA Manager	##		##		##		##					
	Stock Controller Supervisor	##		##		##		##					
	Transport responsable	##		##		##		##					
	Supervisors	##		##		##		##					
	Operators	##		##		##		##					
	Reach Truck Drivers	##		##		##		##					
	FL Drivers	##		##		##		##					
	PPM Drivers	##		##		##		##					
	Pickers	##		##		##		##					
	Total	##		##		##		##					

		2019						2020					
		Ain Defla		REG		Msila		Ain Defla		REG		Msila	
		Besoins	Coûts (en DZD)	Besoins	Coûts (en DZD)	Besoins	Coûts (en DZD)	Besoins	Coûts (en DZD)	Besoins	Coûts (en DZD)	Besoins	Coûts (en DZD)
Ressources matérielles	Reach Truck	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##
	Diesel FL	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##
	PPM	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##
	Order Picker	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##
	Total	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##
Ressources humaines	DC & Project Manager	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##
	HSE & QA Manager	##		##		##		##		##			
	Stock Controller Supervisor	##		##		##		##		##			
	Transport responsible	##		##		##		##		##			
	Supervisors	##		##		##		##		##			
	Operators	##		##		##		##		##			
	Reach Truck Drivers	##		##		##		##		##			
	FL Drivers	##		##		##		##		##			
	PPM Drivers	##		##		##		##		##			
	Pickers	##		##		##		##		##			
Total	##	##	##	##	##								

b. Coûts annuels de location et de transport pour le scénario 3 à l'horizon 2020 issus des résultats de la programmation sur IBM CPLEX

Années	Coûts de location et de transport (en DZD)
2 017	##
2 018	##
2 019	##
2 020	##

Annexe III.8. Résolution du scénario 3A sous IBM CPLEX

a. Fichier de données

```

/*****
* OPL 12.6.0.0 Data
* Author: pchaswell
* Creation Date: 8 mai 2016 at 00:35:50
*****/
SheetConnection my_sheet ("données-SC3-final -2020.xlsx");

client from SheetRead (my_sheet,"client");
entrepot from SheetRead (my_sheet,"entrepot");
usine from SheetRead (my_sheet,"usine");
produit from SheetRead (my_sheet,"produit");

demande from SheetRead(my_sheet,"demande");

cout_outbound_liquide from SheetRead(my_sheet,"cout_liquide");
cout_outbound_poudre from SheetRead(my_sheet,"cout_poudre");
cout_inbound from SheetRead (my_sheet,"cout_inbound_liquide");
capa_min from SheetRead (my_sheet,"CMIN");
capa_max from SheetRead (my_sheet,"CMAX");
capa_prod from SheetRead (my_sheet,"PMAX");

location from SheetRead (my_sheet,"location");
alpha from SheetRead (my_sheet,"alpha");

```

b. Programme

```

/*****
* OPL 12.6.0.0 Model
* Author: pchaswell
* Creation Date: 8 mai 2016 at 00:35:50
*****/
//Data
int p=1;
{string} client=...;
{string} entrepot=...;
{string} usine=...;
{string} produit=...;

float demande[client][produit]=...;
float cout_outbound_liquide[client][entrepot]=...;
float cout_outbound_poudre[client][entrepot]=...;

```

```

float cout_inbound[usine][entrepot]=...;

float capa_min[entrepot]=...;
float capa_max[entrepot]=...;
float capa_prod [usine][produit]=...;

float location[entrepot]=...;
float alpha [produit]=...;

//variables
dvar boolean affectation[client][entrepot];
dvar boolean ouvrir_entrepot[entrepot];
dvar float+ quantity_usine_entrepot[usine][entrepot][produit];
dvar float capa[entrepot][produit] ;

//objective
minimize sum (c in client, e in entrepot) cout_outbound_liquide[c][e]*affectation[c][e]+sum (c in client, e in
entrepot) cout_outbound_poudre[c][e]*affectation[c][e]+sum (u in usine, e in entrepot,h in produit )
cout_inbound[u][e]* quantity_usine_entrepot[u][e][h]+sum (e in entrepot, h in produit) location[e]*capa[e][h];

//contraintes
subject to {
forall (c in client)
  ctUnicite:
  sum (e in entrepot)
  affectation [c][e]==1;

forall (c in client , e in entrepot)
  ctAffectation:
  affectation[c][e]<= ouvrir_entrepot[e];

sum (e in entrepot) ouvrir_entrepot[e] == p;

forall (e in entrepot, h in produit)
  ctSatisfaction:
  sum(u in usine) quantity_usine_entrepot[u][e][h]>=sum (c in client)demande[c][h]*affectation[c][e];

forall (e in entrepot, h in produit)
  ctCapaEntrepot1:
  capa[e][h]>=alpha[h]*sum (u in usine) quantity_usine_entrepot[u][e][h] ;

forall (e in entrepot)
  CtProduit1:
  quantity_usine_entrepot["Usine Reg"][e]["poudre"]==0;

forall (e in entrepot)
  ctProduit2:
  quantity_usine_entrepot["Usine CEL"][e]["liquide"]==0;

forall (e in entrepot)
  ctCapaEntrepot2:
  capa_min[e]*ouvrir_entrepot[e]<=sum (h in produit) capa[e][h];

forall (e in entrepot)
  ctCapaEntrepot3:
  sum (h in produit) capa[e][h]<= capa_max[e]*ouvrir_entrepot[e];

forall (u in usine, h in produit)
  ctProdmax:
  sum (e in entrepot) quantity_usine_entrepot[u][e][h]<=capa_prod[u][h]; }

```

Annexe III.9. Résolution du scénario 3B sous logiciel IBM CPLEX

a. Fichier de données

```

/*****
* OPL 12.6.0.0 Data
* Author: pchaswell
* Creation Date: 8 mai 2016 at 00:35:50
*****/
SheetConnection my_sheet ("données-SC3-final -2020.xlsx");

client from SheetRead (my_sheet,"client");
entrepot from SheetRead (my_sheet,"entrepot");
usine from SheetRead (my_sheet,"usine");
produit from SheetRead (my_sheet,"produit");

demande from SheetRead(my_sheet,"demande");

cout_outbound_liquide from SheetRead(my_sheet,"cout_liquide");
cout_outbound_poudre from SheetRead(my_sheet,"cout_poudre");
cout_inbound from SheetRead (my_sheet,"cout_inbound_liquide");
capa_min from SheetRead (my_sheet,"CMIN");
capa_max from SheetRead (my_sheet,"CMAX");
capa_prod from SheetRead (my_sheet,"PMAX");

location from SheetRead (my_sheet,"location");
alpha from SheetRead (my_sheet,"alpha");

```

b. Programme

```

/*****
* OPL 12.6.0.0 Model
* Author: pchaswell
* Creation Date: 8 mai 2016 at 00:35:50
*****/
//Data
int p=2;
{string}client=...;
{string}entrepot=...;
{string}usine=...;
{string}produit=...;

float demande[client][produit]=...;

float cout_outbound_liquide[client][entrepot]=...;
float cout_outbound_poudre[client][entrepot]=...;
float cout_inbound[usine][entrepot]=...;

float capa_min[entrepot]=...;
float capa_max[entrepot]=...;
float capa_prod [usine][produit]=...;

float location[entrepot]=...;
float alpha [produit]=...;

//variables
dvar boolean affectation[client][entrepot];
dvar boolean ouvrir_entrepot[entrepot];
dvar float+ quantity_usine_entrepot[usine][entrepot][produit];
dvar float capa[entrepot][produit] ;

```

```
//objective
minimize sum (c in client, e in entrepot) cout_outbound_liquide[c][e]*affectation[c][e]+sum (c in client, e in
entrepot) cout_outbound_poudre[c][e]*affectation[c][e]+sum (u in usine, e in entrepot, h in produit )
cout_inbound[u][e]* quantity_usine_entrepot[u][e][h]+sum (e in entrepot, h in produit) location[e]*capa[e][h];

//contraintes
subject to {

forall (c in client)
  ctUnicite:
  sum (e in entrepot)
    affectation [c][e]==1;

forall (c in client , e in entrepot)
  ctAffectation:
  affectation[c][e]<= ouvrir_entrepot[e];

sum (e in entrepot) ouvrir_entrepot[e] == p;

forall (e in entrepot, h in produit)
  ctSatisfaction:
  sum(u in usine) quantity_usine_entrepot[u][e][h]>=sum (c in client)demande[c][h]*affectation[c][e];

forall (e in entrepot, h in produit)
  ctCapaEntrepot1:
  capa[e][h]>=alpha[h]*sum (u in usine) quantity_usine_entrepot[u][e][h] ;

forall (e in entrepot)
  CtProduit1:
  quantity_usine_entrepot["Usine Reg"][e]["poudre"]==0;

forall (e in entrepot)
  ctProduit2:
  quantity_usine_entrepot["Usine CEL"][e]["liquide"]==0;

forall (e in entrepot)
  ctCapaEntrepot2:
  capa_min[e]*ouvrir_entrepot[e]<=sum (h in produit) capa[e][h];

forall (e in entrepot)
  ctCapaEntrepot3:
  sum (h in produit) capa[e][h]<= capa_max[e]*ouvrir_entrepot[e];

forall (u in usine, h in produit)
  ctProdmax:
  sum (e in entrepot) quantity_usine_entrepot[u][e][h]<=capa_prod[u][h];
```

Annexe III.10. Capacités des entrepôts localisés et affectation des clients à ces derniers : scénario 3B (p=2)

a. Affectation des clients aux entrepôts localisés

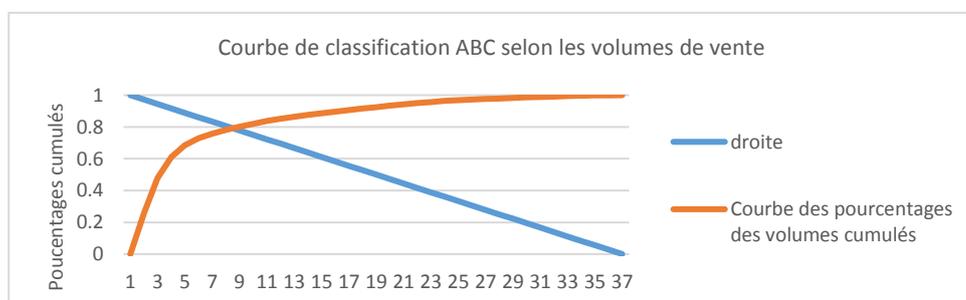
Client	Entrepôt
Dist 16	Ain Defla
Dist 21	
Dist 17	
Dist 28	
Dist 15	
Dist 27	
Dist 19	
Dist 22	
Dist 20	
Dist 23	
Dist 26	
Dist 18	
Dist 1	
Dist 3	
Dist 2	
Dist 4	
Dist 5	
Dist 6	
Dist 7	
Dist 8	
Dist 9	
Dist 10	
Dist 11	
Dist 12	
Dist 13	
Dist 14	
Dist 25	
Dist 24	

b. Capacités des entrepôts en palettes pour le scénario 3B à l'horizon 2020

Capacités des entrepôts	Ain Defla	REG
2017	##	##
2018	##	##
2019	##	##
2020	##	##

Annexes du Chapitre IV**Annexe IV.1. Classification ABC selon le volume et la valeur des ventes séparément****a. Classification ABC selon le volume des ventes (prévision 2016)**

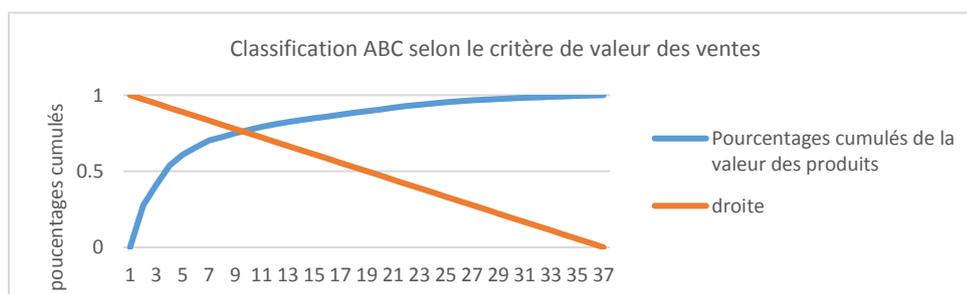
Produit SKU	Volume annuel	Pourcentage	Pourcentage cumulé	Classe
Produit 1	##	25.82%	25.8%	A
Produit 2	##	22.05%	47.9%	
Produit 3	##	13.22%	61.1%	
Produit 4	##	7.47%	68.6%	
Produit 5	##	4.41%	73.0%	
Produit 6	##	2.77%	75.7%	
Produit 7	##	2.46%	78.2%	
Produit 8	##	1.89%	80.1%	
Produit 9	##	1.88%	82.0%	B
Produit 10	##	1.84%	83.8%	
Produit 11	##	1.35%	85.2%	
Produit 12	##	1.26%	86.4%	
Produit 13	##	1.18%	87.6%	
Produit 14	##	1.05%	88.7%	
Produit 15	##	0.98%	89.6%	
Produit 16	##	0.96%	90.6%	
Produit 17	##	0.96%	91.5%	
Produit 18	##	0.95%	92.5%	
Produit 19	##	0.93%	93.4%	
Produit 20	##	0.88%	94.3%	
Produit 21	##	0.78%	95.1%	
Produit 22	##	0.67%	95.8%	
Produit 23	##	0.65%	96.4%	
Produit 24	##	0.43%	96.8%	
Produit 25	##	0.40%	97.2%	
Produit 26	##	0.40%	97.6%	
Produit 27	##	0.33%	98.0%	
Produit 28	##	0.33%	98.3%	
Produit 29	##	0.32%	98.6%	
Produit 30	##	0.27%	98.9%	
Produit 31	##	0.26%	99.1%	
Produit 32	##	0.25%	99.4%	
Produit 33	##	0.25%	99.6%	
Produit 34	##	0.23%	99.9%	
Produit 35	##	0.07%	99.9%	
Produit 36	##	0.07%	100.0%	



Avec CD=0.77

b. Classification ABC selon la valeur annuelle des ventes par SKU (prévision 2016)

Produit	Valeur annuelle	Pourcentage	Pourcentage cumulé	Classe
Produit 1	##	27.6%	27.6%	A
Produit 2	##	13.6%	41.2%	
Produit 3	##	12.7%	53.9%	
Produit 4	##	7.0%	60.9%	
Produit 5	##	4.8%	65.7%	
Produit 6	##	4.4%	70.1%	
Produit 9	##	2.4%	72.6%	
Produit 10	##	2.4%	74.9%	B
Produit 7	##	2.3%	77.2%	
Produit 13	##	1.9%	79.1%	
Produit 19	##	1.8%	80.9%	
Produit 36	##	1.4%	82.3%	
Produit 20	##	1.3%	83.6%	
Produit 18	##	1.3%	84.8%	
Produit 16	##	1.2%	86.0%	C
Produit 12	##	1.2%	87.2%	
Produit 11	##	1.2%	88.3%	
Produit 15	##	1.2%	89.5%	
Produit 23	##	1.1%	90.6%	
Produit 8	##	1.1%	91.7%	
Produit 17	##	1.0%	92.8%	
Produit 14	##	1.0%	93.8%	
Produit 22	##	0.8%	94.6%	
Produit 25	##	0.7%	95.3%	
Produit 21	##	0.7%	96.0%	
Produit 24	##	0.6%	96.5%	
Produit 27	##	0.5%	97.0%	
Produit 30	##	0.4%	97.4%	
Produit 35	##	0.4%	97.8%	
Produit 28	##	0.4%	98.2%	
Produit 32	##	0.4%	98.6%	
Produit 31	##	0.4%	98.9%	
Produit 29	##	0.3%	99.2%	
Produit 33	##	0.3%	99.5%	
Produit 34	##	0.2%	99.8%	
Produit 26	##	0.2%	100.0%	



Avec CD=0.75

Annexe IV.2. Matrices de jugements du modèle ANP

Les tableaux suivants représentent les calculs effectués pour les éléments des 5 autres groupes composant notre modèle ANP. Les matrices ci-dessous ont été remplies en répondant à deux questions essentielles :

- Etant donné un groupe, lequel de ses éléments (critères) a le plus d'influence sur lui ?
- Etant donné un critère (élément), lequel des deux éléments dont il dépend a le plus d'influence sur lui ?

I- Le groupe : *Company Performance (CP)*

1. Comparaison par paire de l'influence des éléments *Reputation (RP)*, *Financial Stability (FS)*, *Location (LC)* et *Past Experiences (PE)* sur leur groupe *Company Performance (CP)*

Groupe : <i>Company Performance (CP)</i>	PE	RP	LC	FS	Priorités
Past Experiences (PE)	1.00	1.00	3.16	0.33	0.22
Reputation (RP)	1.00	1.00	1.58	0.58	0.21
Location (LC)	0.32	0.63	1.00	0.22	0.10
Financial Stability (FS)	3.00	1.73	4.58	1.00	0.47

Le ratio de cohérence est égal à $0.037 < 0.1$. Les jugements émis sont cohérents.

2. Comparaison par paire de l'influence des éléments dont dépendent les critères du groupe *Company Performance (CP)*

2.1. Comparaisons par paire de l'influence des éléments du groupe *Operational Performance (OP)* sur ceux du groupe *Company Performance (CP)*

- Le critère *Past Experiences (PE)* ne dépend d'aucun critère du groupe *OP*, il n'y a donc pas de matrices à remplir.
- Le critère *Reputation (RP)* dépend des critères *IT Capability (ITC)*, *Management Quality (MQ)*, *Delivery Performance (DP)* et *Flexibility & Innovation (FI)*. Nous obtenons la matrice suivante :

Groupe : <i>Operational Performance (OP)</i>					
<i>Reputation (RP)</i>	DP	ITC	FI	MQ	Priorité
Delivery Performance (DP)	1.00	5.92	2.24	1.00	0.38
IT Capability (ITC)	0.17	1.00	0.33	0.17	0.06
Flexibility & Innovation (FI)	0.45	3.00	1.00	0.45	0.18
Management Quality (MQ)	1.00	5.92	2.24	1.00	0.38

Le ratio de cohérence est égal à $0.00074 < 0.1$. Les jugements émis sont cohérents.

- Le critère *Financial Stability (FS)* dépend d'aucun élément du groupe *Operational Performance (OP)*, il n'y a donc pas de matrices à remplir.
- Le critère *Location (LC)* ne dépend d'aucun élément du groupe *Operational Performance*, il n'y a donc pas de matrices à remplir.

2.2. Comparaisons par paire de l'influence des éléments du groupe *Economic Performance (EP)* sur ceux du groupe *Company Performance (CP)*

- Les critères *Past Experiences (PE)* et *Financial Stability (FS)* ne dépendent d'aucun critère du groupe *Economic Performance (EP)*, il n'y a donc aucune matrice à remplir.
- Le critère *Reputation (RP)* ne dépend que d'un seul critère du groupe *Economic Performance (EP)* qui est *Price (P)*. On ne peut donc pas faire de comparaison par paire.
- Le critère *Location (LC)* ne dépend que d'un seul critère du groupe *Economic Performance (EP)* qui est *Price (P)*. On ne peut donc pas faire de comparaison par paire.

2.3. Comparaisons par paire de l'influence des éléments du groupe *Relationship (R)* sur ceux du groupe *Company Performance (CP)*

- Les critères *Financial Stability (FS)*, *Location (LC)* et *Past Experiences (PE)* ne dépendent d'aucun critère du groupe *Relationship (R)*. Il n'y a donc aucune matrice à remplir.
- Le critère *Reputation (RP)* dépend des critères *Good Communication (GC)* et *Compatibility (CPT)* du groupe *Economic Performance (EP)*. Nous obtenons la matrice suivante :

Cluster : Relationship (R)			
Reputation (R)	GC	CPT	Priorités
Good Communication (GC)	1.00	0.58	0.37
Compatbility (CPT)	1.73	1.00	0.63

Le ratio de cohérence est égal à $0 < 0.1$. Les jugements émis sont cohérents.

2.4. Comparaisons par paire de l'influence des éléments du groupe *Cluster (CL)* sur ceux du groupe *Company Performance (CP)*

- Les critères *Financial Stability (FS)*, *Reputation (RP)*, *Location (LC)* et *Past Experiences (PE)* ne dépendent d'aucun critère du groupe *Cluster (CL)*. Il n'y a donc aucune matrice à remplir.

2.5. Comparaisons par paire de l'influence des éléments du groupe *Goal (G)* sur ceux du groupe *Company Performance (CP)*

- Le groupe *Goal (G)* ne contient qu'un seul critère. De plus, ce dernier n'influence aucun des critères du groupe *Company Performance (CP)*. Il n'y aura donc aucune matrice à remplir.

2.6. Comparaisons par paire de l'influence des éléments du groupe *Company Performance (CP)* sur d'autres éléments du même groupe *Company Performance (CP)*

- Le critère *Reputation (RP)* dépend des critères *Financial Stability (FS)*, *Past Experiences (PE)* et *Location (LC)* de son groupe *Company Performance (CP)*. Nous obtenons la matrice suivante :

Groupe : Company performance (CP)				
Reputation (RP)	PE	FS	LC	Priorités
Past Experiences (PE)	1.00	3.00	3.87	0.62
Financial Stability (FS)	0.33	1.00	2.00	0.24
Location (LC)	0.26	0.50	1.00	0.14

- Le critère *Location (LC)* dépend des critères *Past Experiences (EP)* et *Financial Stability (FS)* du groupe *Company Performance (CP)*. Nous obtenons la matrice suivante :

Groupe : Company Performance (CP)			
Location (LC)	PE	FS	Priorités
Past Experiences (PE)	1.00	0.45	0.31
Financial Stability (FS)	2.24	1.00	0.69

Le ratio de cohérence est égal à $0 < 0.1$. Les jugements émis sont cohérents.

- Le critère *Financial Stability (FS)* ne dépend que d'un seul critère du groupe *Company Performance (CP)* qui est *Past Experience (PE)*. On ne peut donc pas faire de comparaison par paire.
- Le critère *Past Experience (PE)* ne dépend que d'un seul critère du groupe *Company Performance (CP)* qui est *Location (LC)*. On ne peut donc pas faire de comparaison par paire.

II- Le groupe : *Relationship (R)*

1. Comparaison par paire de l'influence des éléments *Compatibility (CPT)* et *Good Communication (GC)* sur leur groupe *Relationship (R)*

Groupe : Relationship (R)	GC	CPT	Priorités
Good Communication (GC)	1.00	2.24	0.69
Compatibility (CPT)	0.45	1.00	0.31

Le ratio de cohérence étant égal à $0 < 0.1$, les jugements émis sont cohérents.

2. Comparaison par paire de l'influence des éléments dont dépendent les critères du groupe *Relationship (R)*

2.1. Comparaisons par paire de l'influence des éléments du groupe *Operational Performance (OP)* sur ceux du groupe *Relationship (R)*

- Le critère *Good Communication (GC)* ne dépend que d'un seul critère du groupe *Operational Performance (OP)* qui est *IT Capability (ITC)*. On ne peut donc pas faire de comparaison par paire.
- Le critère *Compatibility (CPT)* dépend des critères *Management Quality (MQ)*, *Flexibility & Innovation (FI)*, *IT Capability (ITC)* et *Delivery Performance (DP)* appartenant au groupe *Operational Performance (OP)*. Nous obtenons donc la matrice suivante :

Groupe : Operational Performance (OP)					
Compatibility (CPT)	DP	ITC	FI	MQ	Priorités
Delivery Performance (DP)	1.00	3.87	1.73	1.00	0.37
IT Capability (ITC)	0.26	1.00	0.58	0.58	0.13
Flexibility & Innovation (FI)	0.58	1.73	1.00	0.50	0.19
Management Quality (MQ)	1.00	1.73	2.00	1.00	0.31

Le ratio de cohérence étant égal à $0.029 < 0.1$. Les jugements émis sont cohérents.

2.2. Comparaisons par paire de l'influence des éléments du groupe *Company Performance (CP)* sur ceux du groupe *Relationship (R)*

- Le critère *Compatibility (CPT)* dépend des critères *Past Experiences (PE)* et *Location (LC)* appartenant au groupe *Company Performance (CP)*. Nous obtenons la matrice suivante :

Groupe : Company performance (CP)			
Compatibility (CPT)	PE	LC	Priorités
Past Experiences (PE)	1.00	0.87	0.46
Location (LC)	1.15	1.00	0.54

Le ratio de cohérence étant égal à $0 < 0.1$. Les jugements émis sont cohérents.

- Le critère *Good Communication (GC)* ne dépend que d'un seul critère du groupe *Company Performance (CP)* qui est *Past Experiences (PE)*. On ne peut donc pas faire de comparaison par paire.

2.3. Comparaisons par paire de l'influence des éléments du groupe *Economic Performance (EP)* sur ceux du groupe *Relationship (R)*

- Les critères *Compatibility (CPT)* et *Good Communication (GC)* ne dépendent d'aucun critère du groupe *Economic Performance (EP)*. Il n'y aura donc pas de matrice à remplir.

2.4. Comparaisons par paire de l'influence des éléments du groupe *Cluster (CL)* sur ceux du groupe *Relationship (R)*

- Les critères *Compatibility (CPT)* et *Good Communication (GC)* ne dépendent d'aucun critère du groupe *Cluster (CL)*. Il n'y aura donc pas de matrice à remplir.

2.5. Comparaisons par paire de l'influence des éléments du groupe *Goal (G)* sur ceux du groupe *Relationship (R)*

- Le groupe *Goal (G)* ne contient qu'un seul critère. De plus, ce dernier n'influence aucun des critères du groupe *Relationship (R)*. Il n'y aura donc aucune matrice à remplir.

2.6. Comparaisons par paire de l'influence des éléments du groupe *Relationship (R)* sur d'autres éléments du même groupe *Relationship (R)*

- Le critère *Compatibility (CPT)* ne dépend que d'un seul critère de son groupe *Relationship (R)* qui est *Good Communication (GC)*. On ne peut donc pas faire de comparaison par paire.
- Le critère *Good Communication (GC)* ne dépend que d'un seul critère de son groupe *Relationship (R)* qui est *Compatibility (CPT)*. On ne peut donc pas faire de comparaison par paire.

III- Le groupe : *Economic Performance (EP)*

1. Comparaison par paire de l'influence des éléments *Price (P)* et *Negotiation Capability (NC)* sur leur groupe *Economic Performance (EP)*

Groupe : <i>Economic Performance (EP)</i>	P	CN	Priorités
Price (P)	1.00	1.29	0.56
Negotiation Capability (NC)	0.77	1.00	0.44

Le ratio de cohérence étant égal à $0 < 0.1$, les jugements émis sont cohérents.

2. Comparaison par paire de l'influence des éléments dont dépendent les critères du groupe *Economic Performance (EP)*

2.1. Comparaisons par paire de l'influence des éléments du groupe *Operational Performance (OP)* sur ceux du groupe *Economic Performance (EP)*

- Le critère *Negotiation Capability (NC)* dépend des critères *Management Quality (MQ)*, *Flexibility & Innovation (FI)*, *Delivery Performance (DP)* et *IT Capability (ITC)*. Nous obtenons la matrice suivante :

Groupe : Operational Performance (OP)					
<i>Negotiation Capability (CPT)</i>	DP	ITC	FI	MQ	Priorités
Delivery Performance (DP)	1.00	3.87	1.73	1.41	0.38
IT Capability (ITC)	0.26	1.00	0.33	0.29	0.09
Flexibility & Innovation (FI)	0.58	3.00	1.00	0.58	0.22
Management Quality (MQ)	0.71	3.46	1.73	1.00	0.31

Le ratio de cohérence étant égal à $0.01 < 0.1$, les jugements émis sont cohérents.

- Le critère *Price (P)* dépend des critères *Management Quality (MQ)*, *Flexibility & Innovation (FI)*, *Delivery Performance (DP)* et *IT Capability (ITC)*. Nous obtenons la matrice suivante :

Groupe : Operational Performance (OP)					
<i>Price (P)</i>	DP	ITC	FI	MQ	Priorités
Delivery Performance (DP)	1.00	5.00	1.00	1.73	0.37
IT Capability (ITC)	0.20	1.00	0.33	0.20	0.07
Flexibility & Innovation (FI)	1.00	3.00	1.00	1.00	0.28
Management Quality (MQ)	0.58	5.00	1.00	1.00	0.28

Le ratio de cohérence étant égal à $0.027 < 0.1$, les jugements émis sont cohérents.

2.2. Comparaisons par paire de l'influence des éléments du groupe *Company Performance* (CP) sur ceux du groupe *Economic Performance* (EP)

- Le critère *Negotiation Capability* (NC) dépend des critères *Past Experiences* (PE) et *Financial Stability* (FS) appartenant au groupe *Company Performance* (CP). Nous obtenons la matrice suivante :

Groupe : Company performance (CP)			
Negotiation Capability (NC)	PE	FS	Priorités
Past Experiences (PE)	1.00	4.47	0.82
Financial Stability (FS)	0.22	1.00	0.18

Le ratio de cohérence étant égal à $0 < 0.1$, les jugements émis sont cohérents.

- Le critère *Price* (P) dépend des critères *Reputation* (RP), *Past Experiences* (PE) et *Location* (LC) appartenant au groupe *Company Performance* (CP). Nous obtenons la matrice suivante :

Groupe : Company Performance (CP)				
Price (P)	PE	RP	LC	Priorités
Past Experiences (PE)	1.00	0.58	0.22	0.12
Reputation (RP)	1.73	1.00	0.18	0.17
Location (LC)	4.58	5.48	1.00	0.71

Le ratio de cohérence étant égal à $0.057 < 0.1$, les jugements émis sont cohérents.

2.3. Comparaisons par paire de l'influence des éléments du groupe *Relationship* (R) sur ceux du groupe *Economic Performance* (EP)

- Le critère *Price* (P) ne dépend que d'un seul critère du groupe *Relationship* (R) qui est *Good Communication* (GC). On ne peut donc pas faire de comparaison par paire.
- Le critère *Negotiation Capability* (NC) dépend des critères *Good Communication* (GC) et *Compatibility* (CPT) du groupe *Relationship* (R). Nous obtenons la matrice suivante :

Groupe : Relationship (R)			
Negotiation Capability (NC)	GC	CPT	Priorités
Good Communication (GC)	1.00	2.24	0.69
Compatibility (CPT)	0.45	1.00	0.31

Le ratio de cohérence étant égal à $0 < 0.1$, les jugements émis sont cohérents.

2.4. Comparaisons par paire de l'influence des éléments du groupe *Cluster (CL)* sur ceux du groupe *Economic Performance (EP)*

- Les critères *Price (P)* et *Negotiation Capability (NC)* ne dépendent d'aucun critère du groupe *Cluster*. Il n'y aura donc aucune matrice à remplir.

2.5. Comparaisons par paire de l'influence des éléments du groupe *Goal (G)* sur ceux du groupe *Economic Performance (EP)*

- Le groupe *Goal (G)* ne contient qu'un seul critère. De plus, ce dernier n'influence aucun des critères du groupe *Economic Performance (EP)*. Il n'y aura donc aucune matrice à remplir.

2.6. Comparaisons par paire de l'influence des éléments du groupe *Economic Performance (EP)* sur d'autres éléments du même groupe *Economic Performance (EP)*

- Le critère *Negotiation Capability (NC)* ne dépend que d'un seul critère de son groupe *Economic Performance (EP)* qui est *Price (P)*. On ne peut donc pas faire de comparaison par paire.
- Le critère *Price (P)* ne dépend que d'un seul critère de son groupe *Economic Performance (EP)* qui est *Negotiation Capability (NC)*. On ne peut donc pas faire de comparaison par paire.

IV- Le groupe : *Goal (G)*

Le groupe *Goal (G)* est composé d'un seul élément nommé *Ranking 3PL selection criteria* qui est influencé par les éléments *Company Performance (CP)*, *Operational Performance (OP)*, *Economic Performance (EP)* et *Relationship (R)* appartenant au groupe *Cluster (CL)*. La seule matrice que nous obtenons est la suivante :

Groupe : Goal	CP	OP	R	EP	Priorités
Company Performance (CP)	1.00	2.00	1.73	1.00	0.34
Operational Performance (OP)	0.50	1.00	1.00	1.00	0.20
Relationship (R)	0.58	1.00	1.00	1.15	0.22
Economic Performance (EP)	1.00	1.00	0.87	1.00	0.24

Le ratio de cohérence étant égal à $0.024 < 0.1$, les jugements émis sont cohérents

Annexe IV.3. Les matrices de comparaison par paire de groupes

La question à laquelle nous devons répondre est :

- Pour un groupe donné, quel est l'influence relative de chacun des groupes dont il dépend ?

G1 : Cluster (CL)	EP	CP	OP	R	Priorités
Economic Performance (EP)	1.00	0.50	1.00	1.00	0.19
Company Performance (CP)	2.00	1.00	1.73	3.46	0.42
Operational Performance (OP)	1.00	0.58	1.00	2.45	0.25
Relationship (R)	1.00	0.29	0.41	1.00	0.14

Le ratio de cohérence est de $0.028 < 0.1$. Les jugements émis sont cohérents.

G2 : Economic Performance (EP)	EP	CP	OP	R	Priorités
Company Performance (CP)	1.00	1.73	0.29	3.00	0.21
Operational Performance (OP)	0.58	1.00	0.26	3.00	0.16
Economic Performance (EP)	3.46	3.87	1.00	5.00	0.55
Relationship (R)	0.33	0.33	0.20	1.00	0.08

Le ratio de cohérence est de $0.041 < 0.1$. Les jugements émis sont cohérents.

G3 : Company Performance	EP	CP	OP	R	Priorités
Company performance (CP)	1.00	1.73	1.73	3.00	0.38
Operational Performance (OP)	0.58	1.00	0.58	2.45	0.21
Economic Performance (EP)	0.58	1.73	1.00	4.47	0.32
Relationship (R)	0.33	0.41	0.22	1.00	0.09

Le ratio de cohérence est de $0.031 < 0.1$. Les jugements émis sont cohérents.

G4 : Operational Performance	Operational Performance (OP)	Economic Performance (EP)	Company Performance (CP)	Relationship (R)	Priorités
Operational Performance (OP)	1.00	1.73	1.73	3.87	0.40
Economic Performance (EP)	0.58	1.00	0.58	3.46	0.22
Company Performance (CP)	0.58	1.73	1.00	3.46	0.30
Relationship (R)	0.26	0.29	0.29	1.00	0.08

Le ratio de cohérence est de $0.023 < 0.1$. Les jugements émis sont cohérents.

G5 : Relationship	CP	OP	R	Priorités
Company Performance (CP)	1.00	2.00	0.58	0.32
Operational Performance (OP)	0.50	1.00	0.45	0.19
Relationship (R)	1.73	2.24	1.00	0.49

Le ratio de cohérence est de $0.021 < 0.1$. Les jugements émis sont cohérents.

- Le groupe *Goal (G)* ne dépend que d'un seul groupe *Cluster (CL)*. On ne peut donc pas faire de comparaison par paire.