

République Algérienne Démocratique Et Populaire  
Ministère De L'enseignement Supérieur Et De La Recherche Scientifique



Ecole Nationale Polytechnique

Département Génie Industriel  
Spécialité Management Industriel

## Projet De Fin d'Etudes En Vue De L'obtention Du Diplôme d'Ingénieur D'état En Génie Industriel



THÈME

Conception d'un réseau de distribution dans  
l'industrie automobile : Application du modèle p-médian  
et d'une solution de clustering hiérarchique

Cas d'application : Hyundai Motor Algérie

Présenté par :

M. AIT BENAMARA Nacer  
M<sup>elle</sup> BELHADI Meriem

Promoteur :

Dr. Iskander ZOUAGHI

Juin 2015

## ***Dédicaces***

« La vie invente pour vous, il suffit d'être au rendez-vous »

Merci Maman, Merci d'être une grande dame ! Merci d'être toujours en vie, merci pour ton courage, pour tes valeurs, pour ton professionnalisme, ta générosité et ta patience ! Merci d'être le ciment de notre famille ! Tes allers-retours sous la pluie quand je n'étais encore qu'une enfant ont finalement bien arrosé ma vie !

Merci Papa, d'avoir été un père aimant et attentionné. Merci d'avoir toujours cru en ta chaouiya !  
Merci Super Mamy et à Super Djadou , pour votre bienveillance ! Merci de m'avoir donné une mère qui a fait de moi ce que je suis !

Merci à Adel, pour m'avoir permis de grandir et d'apprendre de toi ces 5 dernières années. Ton amitié, ton soutien et ta protection m'ont permis de traverser bien des épreuves.

Je ne peux terminer cette dédicace sans remercier M. Zouaghi, pour avoir cru en moi lorsque je n'en étais plus capable ! Vous êtes notre arme de « restructuration » massive.

**Meriem**

Les pages suivantes clôtureront 18 années d'études au cours desquelles j'ai pu reposer sur l'inébranlable confiance et soutien de deux êtres auxquels je dois le moindre clignement des yeux. Les pages suivantes auraient très bien pu être rédigées par mes deux très chers parents, tant leur contribution à ma réussite est inaliénable. Je dédie ce travail en premier lieu à mes deux raisons d'être, et je leur réitère ici mon bonheur de les voir comblés de mes actions.

Je tiens très particulièrement à dédier ce travail (très négligeable au vu du sien) à mon illustre et immortel Grand-Père : Hadj Mouloud. Je remercie également mes oncles, particulièrement Abdelaziz, Hamou et Yazid pour leur soutien aux moments forts de mon expansion. Ce travail est aussi pour vous, mes chères sœurs, et à toi aussi, mon Grand Massinissa.

Une fière chandelle aussi à mes acolytes Hakim, Nassim et Yanis, pour leurs encouragements à aller de l'avant. Je salue aussi les seules personnes qui liront ces lignes sans aucun sérieux : Mes autres frères Azedine, Hakim, Massil, Salem et Ghiles !

Un dernier clin d'œil pour ma source d'inspiration ;) )

Je vous aime,

**Nacer**

## ***Remerciements***

**Avant d'aborder le contenu de notre travail, nous tenons à exprimer nos sincères remerciements à notre promoteur, Dr Iskander Zouaghi, pour ses orientations pertinentes, ses conseils judicieux sa grande disponibilité ayant contribué à la réussite de ce travail.**

**Nos vifs remerciements vont aussi à M. Lateb Ahmed, Directeur exécutif du cabinet EY Advisory Algérie, de nous avoir offert l'opportunité d'y effectuer notre stage de fin d'études. Nous saluons aussi notre encadreur au sein de l'entreprise EY Advisory Algérie, Mme Si Ahmed, de nous avoir pris sous son aile au cours de cette expérience. Les différentes tâches que nous avons à effectuer nous ont beaucoup servi et appris.**

**Nous remercions également les cadres de l'entreprise Hyundai Motor Algérie, pour les informations et données fournies, ainsi que pour leur intérêt à la valeur ajoutée de notre projet.**

**Nous exprimons notre gratitude envers Mme Aboun N. et Mme Nait Kaci S., membres du jury, pour leur patience à examiner notre travail, ainsi qu'à tout le personnel enseignant du département du Génie Industriel pour l'héritage scientifique qu'ils ont ancré en nous.**

**Meriem et Nacer**

## ملخص

الهدف من هذا العمل هو صياغة شبكة التوزيع لحساب ممثل علامة في صناعة السيارات. بعد تشخيص الحالة على أداء شبكة نقاط البيع، نبدأ بدراسة الوضع الحالي فيما يخص عملية التوزيع والأحمال المالية المرافقة. ثم نصمم نماذج رياضية لثلاث (03) سيناريوهات التي تسمح بتحديد العدد و الموقع المناسبين لمراكز التوزيع، و أيضًا إحالة نقاط الطلب إلى المراكز المختارة. في الأخير، نقترح حلّ يتمثل في جمع بعض نقاط الطلب لمعالجة مسألة تحميل الشاحنات و تخفيض الدور بين أمرين. تم حلّ هذه الإشكالية بواسطة خوارزمية p-median، و تم برمجتها بواسطة برنامج IBM CPLEX®.

**كلمات مفتاحية :** صياغة شبكة التوزيع، صناعة السيارات، الأمثلية، خوارزمية p-median، إجماع تسلسلي.

## Résumé

L'objectif de ce travail est l'élaboration d'un réseau de distribution pour un concessionnaire dans l'industrie automobile. Suite à un diagnostic effectué sur la performance du réseau de points de vente, nous entamons une simulation de la structure actuelle de l'activité de distribution, ainsi que les charges de transport supportées. Puis, nous développons des modélisations mathématiques de trois (03) scénarios qui permettent de déterminer le nombre et la localisation optimaux des centres de distribution, ainsi que l'affectation optimale des points de demande vers les centres sélectionnés. Par la suite, nous proposons une solution de clustering hiérarchique des points de demande pour remédier à la question de chargement des camions et la réduction de la période de commandes. La résolution est effectuée avec l'algorithme p-médian, et programmée sur le solveur IBM CPLEX®.

**Mots clés :** Réseau de distribution, Industrie automobile, optimisation, p-médian, clustering hiérarchique.

## Abstract

The aim of this work is to design a distribution network for a dealer in the automotive industry. After a diagnostic made about the performance of the outlets network, we start with a simulation of the current structure of the distribution activity, with a focus on the transportation costs. Then, we develop a mathematic modeling of three (03) scenarios, which provides the optimal number and location of the distribution centers, and the allocation of dealers to selected centers. Thereafter, we propose a solution of hierarchical clustering of dealers into clusters to assure a full truckload and to reduce order period issues. The resolution is performed by a p-median algorithm and programmed with the IBM CPLEX® Solver.

**Key words:** Distribution Network Design, Automotive industry, Optimization, p-median, hierarchical clustering.

# TABLE DES MATIERES

INTRODUCTION GENERALE	2
<b>CHAPITRE 1 : STRUCTURES D'ACCUEIL ET INDUSTRIE AUTOMOBILE</b>	<b>8</b>
1.1 Présentation de EY Advisory Algérie	8
1.1.1 EY dans le monde	8
1.1.2 EY en Algérie	9
1.2 Présentation de l'industrie automobile	9
1.2.1 La distribution automobile	9
1.2.2 Acteurs de la chaîne logistique dans l'industrie automobile	10
1.2.3 Services proposés par les succursales et agents	12
1.2.4 Rôle du point de vente dans la chaîne de distribution automobile	13
1.3 L'Industrie automobile en Algérie	14
1.4 Présentation de Hyundai Motor Algérie	17
<b>CHAPITRE 2 : DIAGNOSTIC DU RESEAU DE DISTRIBUTION</b>	<b>19</b>
2.1 Définition des objectifs globaux de l'audit	20
2.2 Axes d'amélioration identifiés	22
2.3 Structure du réseau de distribution HMA	24
2.3.1 HMA dans la chaîne logistique globale de Hyundai Motor Company	25
2.3.2 Structure actuelle de la distribution nationale de HMA	26
2.3.3 Nature de la relation HMA – Agents en matière de distribution	27
2.4 Discussion autour d'une restructuration du canal de distribution	28
<b>CHAPITRE 3 : DISTRIBUTION NETWORK DESIGN - PRESENTATION, APPORT ET ETAT DE L'ART</b>	<b>35</b>
3.1 Approche globale	36
3.1.1 Définition du Distribution Network Design	36
3.1.2 Enjeux économiques du Distribution Network Design	37
3.1.3 Apports du Distribution Network Design	39

3.2	Procédure d'implémentation du Distribution Network Design	42
3.3	Etat de l'art	44
3.3.1	Notions essentielles	45
3.3.2	Méthodes de résolution des problématiques de DND	47
3.3.3	Revue de littérature des travaux de Distribution Network Design	49
3.4	Utilisation de l'approche de clustering dans le Distribution Network Design	52
3.4.1	Principe fondamental du clustering	52
3.4.2	Techniques de Clustering	53
3.4.3	Types de mesures de la similarité de la distance	54
3.4.4	Analyse de la qualité d'un cluster	55
<b>CHAPITRE 4 : CONCEPTION DES MODELES MATHÉMATIQUES</b>		<b>57</b>
4.1	Tenants de la politique de distribution	58
4.1.1	Type de partenariats concessionnaires – agents agréés	58
4.1.2	Affectation exclusive	59
4.2	Discussion des modèles envisagés	60
4.2.1	Affectation vers les parcs actuels uniquement	60
4.2.2	Sauvegarde de deux CD actuels, et ouverture d'autres CD	60
4.2.3	Conception d'un réseau de distribution sans contraintes de sauvegarde de CD	61
4.3	Exploration des données	61
4.3.1	Ensemble de données	62
4.3.2	Calcul des distances Centres de distribution – Agents	63
4.3.3	Choix des potentiels centres de distribution	66
4.4	Formulation des modèles mathématiques	72
4.4.1	Choix de la méthode de résolution	72
4.4.2	Scenario 1 : Affectation vers les centres de distribution actuels	74
4.4.3	Scenario 2 : Sauvegarde de deux centres actuels, ouverture d'autres centres	75
4.4.4	Scenario 3 : Sélection optimale des centres de distribution (Sans contraintes de sauvegarde)	77
4.5	Application de la démarche de clustering	78
4.5.1	Utilité du clustering	78
4.5.2	Processus de clustering développé pour cette étude	80
4.5.3	Algorithme de clustering hiérarchique proposé	83

<b>CHAPITRE 5 : RESULTATS ET ANALYSE DES SCENARIOS</b>	<b>89</b>
5.1 Critère d'optimisation	89
5.2 Choix du solveur	90
5.3 Présentation des résultats obtenus par scenario	92
5.3.1 Solutions sans clustering hiérarchique	92
5.3.2 Solutions avec clustering hiérarchique	100
5.4 Analyse des résultats	112
CONCLUSION GENERALE	116
BIBLIOGRAPHIE	121
ANNEXES	

# LISTE DES FIGURES

Figure 0.1 : Matrice de planification de la Supply Chain (Fleishmann et al, 2008)	3
Figure 0.2 : Procédure suivie pour la restructuration du réseau de distribution	5
Figure 1.1: Chaîne de distribution dans l'industrie automobile	10
Figure 1.2 : Répartition des parts de marché des constructeurs en Algérie pour l'année 2014	15
Figure 1.3 : Evolution des ventes de Véhicules Neufs de 2005 à 2014	16
Figure 2.1 : Evolution des parts de marché HMA 2005 – 2014	19
Figure 2.2 : Schéma d'approvisionnement de HMA en véhicules neufs	26
Figure 2.3 : Graphe représentant la dispersion dans les coûts de transport supportés par les agents	29
Figure 2.4 : Arguments recensés pour une restructuration du canal de distribution	33
Figure 3.1 : Représentation de l'apport du DND dans la réduction de la complexité de la chaîne logistique	37
Figure 3.2 : Facteurs influençant la conception d'un réseau de distribution	38
Figure 3.3 : Courbe des coûts logistiques en fonction du nombre de centres de distribution	41
Figure 3.4 : Procédure d'implémentation du problème de Distribution Network Design	44
Figure 3.5 : Critères de cohésion au sein d'un cluster	52
Figure 3.6 : Etapes du processus de clustering	53
Figure 4.1: Géo-codage des adresses des agents par Batch Geocodeur	65
Figure 4.2 : Localisation des agents agréés	65
Figure 4.3: Calcul des distances point à point sous Excel	66
Figure 4.4 : Etapes pour la prise de décision des localisations des DC potentiels.	67
Figure 4.5 : Dispersion de la demande travers les 4 régions Nord, Est, Ouest, Sud	68
Figure 4.6 : Méthode de délimitation de la zone potentielle d'emplacement d'un potentiel centre de distribution	69
Figure 4.7: Zone potentielle d'emplacement des 6 DC potentiels pour la région Centre	70
Figure 4.8: Contribution de chaque agent dans la demande régionale (Centre)	70
Figure 4.9: Carte représentant les centre de distributions potentiels et des agents HMA agréés	72



Figure 4.10: Nombre d'articles traitant du p-médian par année - source: The Scientific Litterature Library	73
Figure 4.11 : Evolution des coûts unitaires supporté par un agent appartenant ou non à un cluster	79
Figure 4.12: Regroupement des agents par l'approche du clustering	79
Figure 4.13: Besoin mensuel en camions transporteurs par agent durant l'année 2014	81
Figure 4.14 : Distance entre agents appartenant à la région centre	82
Figure 5.1: Moyennes des coûts de transport sur les plans régional et national (Scenario 1)	93
Figure 5.2: Affectation des agents aux 5 DC existants (scenario 1)	94
Figure 5.4 : Capture d'écran CPLEX : Centres de distribution sélectionnés (Scenario 2)	96
Figure 5.5: Affectation des agents vers les centres de distribution sélectionnés (Scenario 2)	96
Figure 5.6 : Moyenne des coûts par agent, par région (Scenario 2)	97
Figure 5.7 : Coûts supportés suivant le paramètre p (Scenario 3)	98
Figure5.8 : Capture d'écran CPLEX : Centres de distribution sélectionnés (Scenario 3)	99
Figure5.9 : Affectation des agents vers les centres de distribution sélectionnés (Scenario 2)	99
Figure 5.10 : Moyenne des coûts par agent, par région (Scenario 3)	100
Figure 5.11: Inputs pour déterminer les clusters approvisionnés directement	101
Figure 5.12 : Exemple des résultats de clusterisation retournée	102
Figure 5.13:Seconde phase du clustering pour la retraitement des clusters non traités	103
Figure 5.14 : Résultats de géocodage des clusters sous le BatchGeocodeur 2007	104
Figure 5.15 : Agents regroupés en 21 clusters	104
Figure 5.16 : Modèle p-médian écrit en langage OPL sous le solveur IBM ILOG CPLEX	106
Figure 5.17 : Les DC ouverts pour p=3	106
Figure 5.18 : Vérification des contraintes pour l'affectation des clusters aux DC	107
Figure 5.19 : Coûts primaire et secondaire généré pour chaque p	108
Figure 5.20 : Dispersion des coûts supportés par les clusters pour l'ouverture de 3 DC	109
Figure 5.21: Dispersion des coûts supportés par les clusters pour l'ouverture de 4 DC	109
Figure 5.22 : Clusters affectés aux 4 centres de distribution ouverts	111

# LISTE DES TABLEAUX

Tableau 2.1 : Infrastructures logistiques de HMA	27
Tableau 2.2 : Age des véhicules du parc de Jijel, au 31 Mars 2015	32
Tableau 4.1 : Coût de transport au Km par segment	63
Tableau 4.2 : Spécificités des résultats retournés du Batch Géocodeur 2007	64
Tableau 4.3 : Nombre de centres de distribution potentiels à placer dans chaque région	68
Tableau 4.4 : Zone potentielle d'emplacement des 17 centres potentiels	71
Tableau 4.5 : Distance moyenne entre 2 agents appartenant à la même région	82
Tableau 5.1 : Résultats de la première phase du clustering	102
Tableau 5.2 : Résultats de la deuxième phase du clustering	103
Tableau 5.3 : Calcul des coûts primaires et secondaires pour chaque p	107
Tableau 5.4 : Clusters affectés aux 4 centres de distribution ouverts	110
Tableau 5.5 : Récapitulatif des coûts moyens par agent, par solution proposée	115

# **INTRODUCTION GÉNÉRALE**

## INTRODUCTION GENERALE

Dans un contexte de continues mutations de l'environnement économique, et de rudes restrictions financières à l'aune d'une saturation des marchés, les activités de gestion de la chaîne logistique attirent aujourd'hui une attention particulière de la part des managers et chefs d'entreprises. En effet, après un modèle fordiste ayant régné jusqu'au début des années 1970, et dans lequel une production de masse prônait sur toute autre considération, et suite à l'apparition d'un modèle toyotiste ayant pour objectif une réduction des gaspillages, les entreprises font aujourd'hui face à une large mondialisation, une forte diversité des produits et une baisse considérable de leur cycle de vie (Le Goupil, 2014). Aujourd'hui, les prix sont continuellement poussés à la baisse, au vu du contexte concurrentiel des marchés, et la réglementation régissant les activités logistiques se sont intensifiées au début des années 2000. Les coûts logistiques supportés par les entreprises est en moyenne de l'ordre de 8,8 % de leur chiffre d'affaires net (Festinger, 2009). Ces évolutions ont abouti à l'apparition d'une science de gestion tournée considérablement vers les activités logistiques et la collaboration entre différentes parties prenantes qui contribuent à la création de valeur pour le client final : le Supply Chain Management (SCM).

Une définition exhaustive de cette discipline ne peut être donnée, tant les approches des chercheurs envers le SCM diffèrent, et ses applications se multiplient de plus en plus. Plusieurs définitions de ce concept sont présentes dans la littérature. Nous reprenons ici une définition de Christopher (2005) qui décrit les objectifs des activités logistiques comme étant la livraison d'un produit à un client avec le meilleur niveau de service, au plus bas coût possible. Christopher (2005) poursuit par une définition du Supply Chain Management comme étant « la gestion des relations en amont et en aval avec les fournisseurs et les clients pour délivrer une valeur supérieure au client à moindre coût dans la chaîne logistique globale ». Comme cité précédemment, les applications du SCM sont très diversifiées, et se retrouvent classées en trois niveaux de décision : stratégique (long terme), tactique (moyen terme) et opérationnel (court terme). Le SCM englobe quatre (04) principales activités transversales à ces trois niveaux de décision : Approvisionnement, production, distribution et ventes (Fleischmann, Meyr, & Wagner, 2008). Une interaction entre ces activités et à travers les trois niveaux de décision sont caractérisés par un flux d'information et un flux physique. La matrice de planification de la chaîne logistique est présentée dans la figure 0.1.

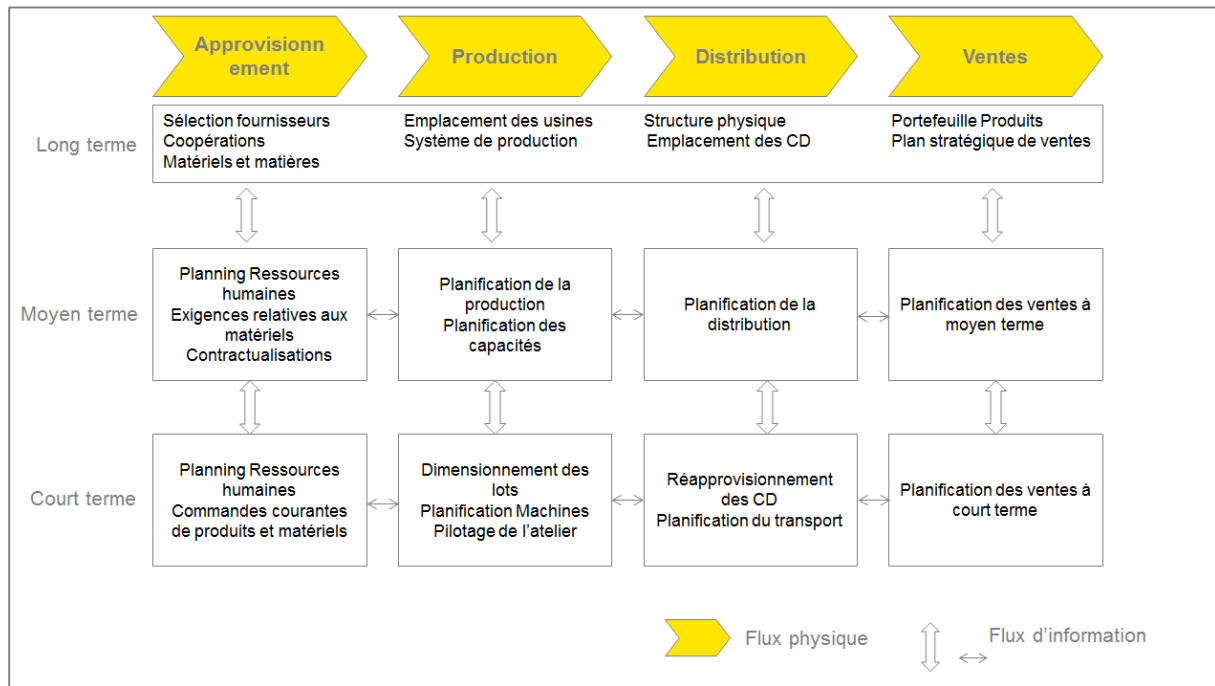


Figure 0.1 : Matrice de planification de la Supply Chain (Fleishmann et al, 2008)

La distribution est le processus utilisé par l'entreprise pour acheminer son produit vers le consommateur. La politique de distribution prônée par une entreprise peut avoir des impacts conséquents sur sa réussite, et sa persévérance sur un marché. C'est une fonction créatrice de valeur dans le sens où elle permet d'ajuster l'offre et la demande par la création de services et la réduction des disparités géographiques entre le fabricant et le consommateur (Blum, 2011). La distribution fait référence aux étapes permettant de déplacer et stocker un produit à partir de l'échelon du fournisseur jusqu'à l'échelon du client dans la chaîne logistique (Chopra & Meindl, 2001). En général, le SCM implique la prise de décision concernant l'emplacement (où produire ?), la diversification des produits (quels produits ?) et les volumes (quelles quantités produire ?). D'autres types de décisions concernent les systèmes d'informations (Comment partager l'information avec les parties prenantes du processus ?) ainsi que la localisation des infrastructures (Ferretti, Zanoni, & Zavanella, 2006).

Les décisions relatives à la localisation d'infrastructures sont parmi les plus critiques et difficiles décisions requises pour la conception d'une chaîne logistique efficace (Daskin, Snyder, & Berger, 2005). Dans notre travail, nous nous concentrons sur l'activité de la distribution, et traitons un domaine critique du Supply Chain Management, qui est la Conception de Réseau de Distribution (Distribution Network Design (DND)). Ce domaine

permet de répondre à des questions prépondérantes pour la gestion de l'activité de la distribution :

- Combien d'échelons doivent être prévus ?
- Combien de Centres de Distribution doivent être ouverts ?
- Quel est l'emplacement de ces Centres de distribution ?
- Quel groupe de clients devra être desservi par chaque Centre de Distribution ?
- Quels sont les méthodes de transport à prévoir ?
- Etc.

La principale finalité de ce domaine est la détermination d'une stratégie menant à une distribution efficiente des produits finis vers le consommateur final à moindre coût. En effet, plusieurs facteurs influencent la conception d'un réseau de distribution, et qui pourraient être divisés en deux groupes (Chopra & Meindl, 2001). Le premier concerne les coûts supportés et le deuxième concerne le niveau de service offert au client (Voir chapitre 3, page 37).

Le présent projet a été implémenté pour le compte de la concession automobile Hyundai Motor Algérie (HMA). Nous sommes intervenus auprès de cette entreprise en tant que consultants du cabinet EY Advisory Algérie. La collaboration entre les deux parties entre dans le cadre d'un projet de transformation pour HMA. Notre apport dans le projet en question s'articule autour d'un diagnostic de la politique de distribution prônée par HMA. Un diagnostic est effectué sur la structure actuelle de la fonction de distribution, au travers d'entretiens avec les membres du réseau interne et externe. L'objectif visé par notre démarche est de proposer une restructuration du réseau de distribution, par une relocalisation des centres de distributions de véhicules neufs (VN), et une affectation des points de vente vers ces centres, de telle sorte à optimiser les charges logistiques supportées par les deux parties : HMA et les points de vente agréés. Nous proposons ici une application concrète de la solution de Distribution Network Design, et dont les apports sont illustrés et mis en valeur à travers une analyse par scénarios. La figure 0.2 illustre les étapes suivies dans notre projet.

Le premier scénario proposé consiste en une utilisation plus adéquate et optimale des infrastructures logistiques actuellement disponibles. Nous nous proposons de passer par cette étape pour mettre le point sur la nécessité d'une réflexion autour d'une reconception du réseau de distribution. Par la suite, nous entamons une problématique permettant de localiser des centres de distribution à travers le territoire national, et y affecter les points de vente de façon optimale. Dans ce cas, deux scénarios sont étudiés : le premier scénario sus-cité envisage une

sauvegarde de deux actuels centres de distribution, et d'en ouvrir d'autres, et le second enlève cette contrainte de sauvegarde de ces deux centres de distribution. Le premier scénario est étudié au vu de l'importance et criticité de ces deux parcs sur l'activité de HMA. Le second (troisième, en tout) retire cette contrainte pour se rapprocher le plus possible de l'optimum en matière de charges logistiques, et particulièrement de transport. Pour cela, une modélisation mathématique du problème est effectuée, et résolue avec un algorithme p-médian permettant de sélectionner un nombre  $p$  de centres de distribution parmi  $n$  potentiels. L'algorithme p-médian permet aussi l'affectation des points de vente vers les centres de distribution sélectionnés. Par la suite, nous développons une démarche menant à regrouper les agents en clusters, pour les considérer comme étant un même centre de demande. Le clustering est une pratique très performante et innovante dans la gestion des flux physiques, et particulièrement lorsqu'il s'agit de l'activité de transport. L'intérêt de cette démarche est la mutualisation des demandes, mais aussi de remédier aux problèmes de taux de chargement des camions-

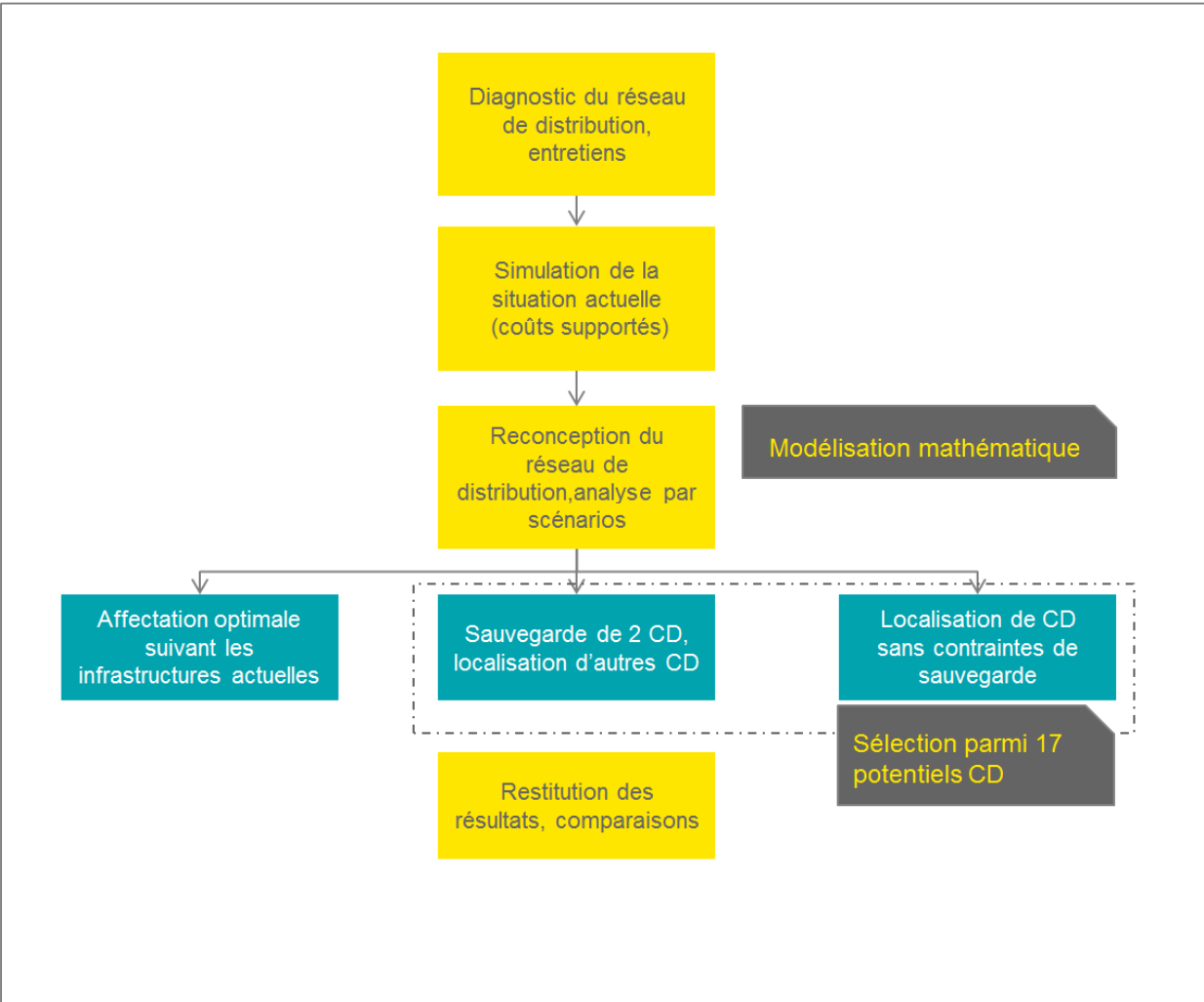


Figure 0.2 : Procédure suivie pour la restructuration du réseau de distribution

porteurs. Ces arguments seront développés de manière détaillée dans le chapitre 3. Les travaux effectués permettent une réduction des coûts de transport supportés par les agents, allant de 41% à 58%, suivant les scénarios.

Pour arriver à ce résultat, nous présentons dans ce document, les étapes ayant mené à l'identification de la problématique, son importance et sa pertinence, ainsi qu'à l'élaboration des modèles mathématiques construits pour les différents scénarios. Le présent document est constitué comme suit :

Le chapitre premier est une présentation du cabinet de conseil EY Advisory Algérie, au sein duquel nous sommes intervenus pour le compte de Hyundai Motor Algérie. Une présentation de cette entreprise est faite dans le même chapitre, ainsi que de l'industrie automobile dans sa globalité, et le marché automobile en Algérie, en particulier. Le chapitre deuxième traite du diagnostic du réseau de distribution. Les objectifs de notre intervention auprès des pointes de vente y sont présentés. Une distinction est effectuée entre les objectifs ayant trait à la collaboration entre le cabinet EY et HMA, et ceux que nous nous sommes fixés. Cela dit, nous considérons que notre démarche s'inscrit dans une continuité logique avec les tenants de la collaboration entre les deux parties, car la valeur ajoutée de ce travail mène indirectement à l'amélioration de la perception du client envers la marque, à travers une meilleure disponibilité du produit, et une réduction des temps de réponse à ses doléances. Le chapitre 3 contient un développement des notions nécessaires pour la compréhension des problématiques de Distribution Network Design (DND), les enjeux de son utilisation ainsi que ses apports. Une revue de littérature est aussi effectuée, afin de relater les travaux réalisés dans cette discipline, ainsi que les méthodes utilisées pour la résolution de ce type de problèmes. Dans le chapitre 4, nous concevons le modèle mathématique ayant permis la résolution de ce problème pour chaque scénario, en argumentant toutes les modélisations effectuées et les hypothèses posées. Le chapitre 5 présente en détail les résultats obtenus suivant les scénarios, en mettant l'accent sur les réductions possibles pour chaque scénario. Le travail effectué est restitué de façon synthétique dans la conclusion générale.



# **CHAPITRE 1 :**

## **Structures d'accueil et industrie automobile**

# **CHAPITRE 1 : STRUCTURES D'ACCUEIL ET INDUSTRIE AUTOMOBILE**

## **Introduction**

Avant d'entamer le projet présenté par le document, il est primordial de s'arrêter sur les structures d'accueil (Au nombre de deux, pour notre cas) pour s'imprégner du cadre et du contexte de travail. Nous présentons en premier le cabinet de conseil EY Advisory Algérie, nous ayant reçu à plein temps. Nous sommes intervenus auprès d'un concessionnaire automobile installé en Algérie, en l'occurrence Hyundai Motor Algérie. Avant de présenter cette entreprise, nous introduisons l'industrie automobile, particulièrement l'activité de distribution, ainsi que les parties prenantes et services proposés dans cette industrie.

## **1.1 Présentation de EY Advisory Algérie**

### **1.1.1 EY dans le monde**

Les racines d'EY remontent aux années 1890, et aux origines de ses fondateurs, Arthur Young et Alwin C. Ernst. Arthur Young est né à Glasgow, en Écosse. Diplômé en droit, il s'est rapidement tourné vers l'univers de la banque et de l'investissement. En 1890, il a émigré aux États-Unis pour poursuivre sa carrière dans la comptabilité, avant de fonder avec son frère Stanley, en 1906, un bureau de comptabilité, Arthur Young & Company. Alwin C. Ernst est né à Cleveland, aux États-Unis. Après avoir quitté l'école, il a exercé le métier de comptable, avant de fonder en 1903 avec son frère Théodore un petit cabinet de comptabilité, Ernst & Ernst. Les deux entreprises n'ont pas tardé à conquérir le marché mondial. Dès 1924, ils se sont alliés avec d'éminents cabinets britanniques : Young avec Broads Paterson & Co, et Ernst avec Whinney Smith & Whinney.

En 1989, le numéro quatre fusionne avec le numéro cinq de l'époque, Arthur Young, pour créer Ernst & Young (EY). Ce rapprochement participe à la concentration du secteur de l'audit comptable, qui a vu passer en quelques années des Big Ten aux Big Four.

Aujourd'hui EY est une organisation mondiale de 190.000 personnes, présente dans plus de 150 pays, et dispose de plus de 700 bureaux à travers le monde. EY a réalisé, en 2013/2014 un chiffre d'affaire de 27,4 milliards de Dollars.

### **1.1.2 EY en Algérie**

L'entreprise EY est présente en Algérie depuis près de 30 ans. Elle est composée d'une structure à 100% locale constituée de 80 collaborateurs. EY accompagne aussi bien des institutions et des entreprises publiques et privées, que des entreprises étrangères implantées en Algérie. Les services proposés par EY en Algérie sont diversifiés, et englobent les quatre principales disciplines proposées par le cabinet à travers le monde : Audit, Conseil, Droit et fiscalité et transactions. Le cabinet est sollicité particulièrement pour des interventions dans les domaines de la stratégie et marketing, systèmes d'information et risques informatiques, organisation, services financiers et assurances.

## **1.2 Présentation de l'industrie automobile**

Dans ce point, nous abordons l'industrie automobile à travers la présentation de l'activité de distribution, et les parties prenantes dans la chaîne logistique. Pour une meilleure connaissance de l'industrie automobile, nous présentons les différents services proposés par les points de vente, ainsi que leur importance dans la réussite d'une concession automobile.

### **1.2.1 La distribution automobile**

L'automobile se caractérise par un réseau de distribution assez particulier, et fait exception dans le commerce de produits de grande consommation (Martinez, 2015). En effet, la distribution automobile se distingue par des caractéristiques d'une structure rigoureuse et organisée. L'appellation *distribution organisée* est souvent citée dans la littérature pour désigner une politique de distribution définie par le fournisseur, instaurant un certain nombre de critères qualitatifs et quantitatifs à ses partenaires. Si l'on prend l'exemple de la distribution informatique, qui est une distribution de grande consommation au même titre que la distribution automobile, il est très fréquent qu'il y ait des politiques différentes qui sont appliquées par les fabricants, tant entre eux que vers leurs réseaux de distribution. Par exemple, le géant Dell s'est approprié la part du lion dans le marché de l'informatique, avec un chiffre d'affaire de l'ordre de \$ 56,9 Milliards en 2013. Son succès repose largement sur son concept novateur de « direct model » : il s'agit de vendre les produits directement aux

clients sur Internet ou par téléphone en diminuant voire en supprimant totalement les intermédiaires et en évitant la distribution dite « traditionnelle ». Mais aussi, au sein même de son réseau de distribution, Dell a tenu à faire la distinction entre ses petits clients et les grands clients comme les gouvernements et les grandes entreprises. Ce modèle de distribution est une stratégie que Dell a bien pu mettre en œuvre, tandis que d'autres constructeurs établissent leur propre stratégie de distribution. Cela est relativement rare dans l'industrie et la distribution automobile.

### 1.2.2 Acteurs de la chaîne logistique dans l'industrie automobile

La chaîne logistique dans l'industrie automobile fait intervenir plusieurs parties. Il existe deux formes différentes de collaboration entre elles : Les intervenants peuvent avoir une indépendance juridique vis-à-vis du constructeur, et dans ce cadre, la collaboration se fait au travers de contrats de concession établis entre un échelon et un autre (cela est souvent le cas dans les pays à potentiel moyen pour le constructeur) ; d'autres configurations possibles font intervenir des parties juridiquement dépendantes du constructeur. Cette politique est

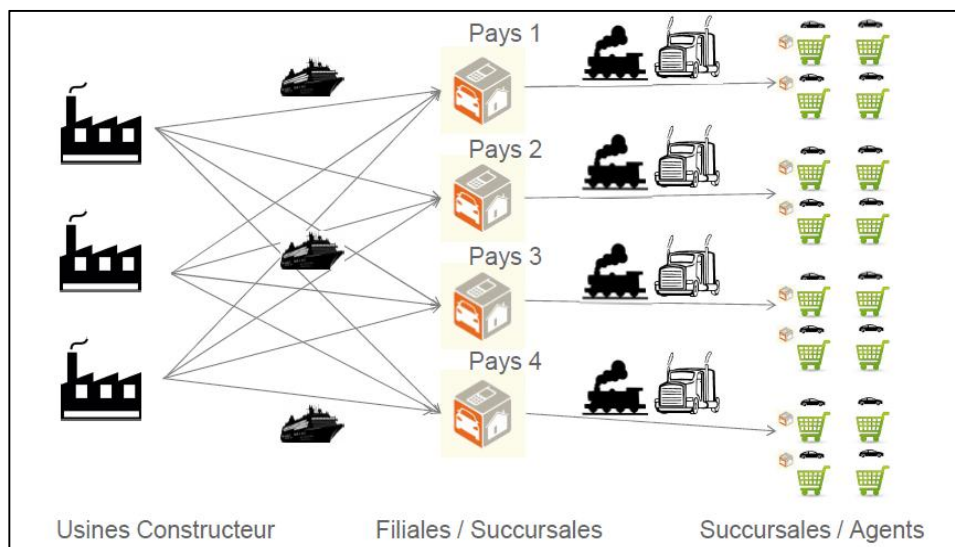


Figure 1.1: Chaîne de distribution dans l'industrie automobile

déployée par les constructeurs dans les régions à fort potentiel, et dans lesquelles ils jugent qu'une gestion rigoureuse et intégrée est plus adéquate. Dans ce qui suit, nous citons les principales parties prenantes dans la chaîne logistique dans l'industrie automobile, et la figure 1.1 illustre cette configuration.

### **Constructeur automobile**

Au premier niveau se trouvent les usines du constructeur, généralement implantées dans plusieurs pays. La construction automobile est aujourd'hui de plus en plus complexe, au vu de l'avancée technologique. Les véhicules sont équipés d'un nombre qui ne cesse de croître de sous-composants électroniques et mécaniques, si bien qu'il est devenu impossible au constructeur d'assurer une intégration en amont de ces équipements. La prestation est donc sous-traitée, sur plusieurs étages (chaque étage supérieur alimente un étage inférieur), et les constructeurs se retrouvent avec des solutions clés-en-main lors de l'assemblage (Kchaou, 2013). La chaîne logistique amont se voit ainsi devenir plus complexe.

### **Filiales et succursales**

Le second niveau est composé par les filiales et les succursales que le constructeur décide d'installer dans les pays dans lesquels il veut être présent. Les filiales sont les « antennes locales » ([automotivemarketing.com](http://automotivemarketing.com)) du constructeur dans ces pays, et sont la propriété du constructeur. Elles assurent les activités de vente de véhicules, ainsi que leur maintenance et la vente de pièces de rechange. Les filiales ne jouissent pas d'une autonomie juridique, et sont directement rattachées au constructeur.

Les succursales sont une autre forme de présence d'un constructeur dans un pays (ou région). Elles résultent d'un contrat de concession entre le concédant (constructeur) et l'importateur. Les succursales jouissent donc d'une indépendance juridique vis-à-vis du constructeur, mis à part le contrat de concession. Les filiales et succursales forment donc le réseau « propre » du constructeur dans un pays (Martinez, 2015). Une configuration mixte peut être envisagée, et consiste en une coexistence entre des établissements détenus en propre (filiales) avec des succursales indépendantes.

Les filiales et les succursales sont un maillon important pour le constructeur. Une telle organisation lui permet de suivre et maîtriser la vente de ses produits. Elles représentent la vitrine du constructeur aux yeux du consommateur, et y déploie, pour ces raisons, une prestation et démonstration de force, surtout au vu de leur emplacement bien étudié, dans les plus grandes villes. Ces points de vente du réseau propre permettent aussi de garder le contact direct avec le consommateur, pour prendre en compte leurs remarques et leurs doléances et ainsi améliorer la qualité et la nature des services proposés.

### **Succursales et agents**

Il est entendu par Agent un point de vente juridiquement indépendant du constructeur ou de la filiale et succursale, agréé pour représenter la marque dans une région. Il s'agit du point de vente de proximité, et présente tous ou certains services automobiles. Les agents sont soumis au respect de plusieurs clauses définies par le constructeur. Evidemment, ces normes diffèrent d'un constructeur à un autre, mais les plus importantes sont la charte graphique, l'aménagement du point de vente, le respect des procédures critiques, l'utilisation de l'intranet et extranet préconisé, le suivi du plan de formation, etc.

Nous reparlons ici de succursales, car parallèlement à leur rôle de premier représentant du constructeur, elles assurent aussi, comme relaté auparavant, les services de ventes et prestations de service, comme tout point de vente. L'activité y est plus intense, au vu de leur emplacement stratégique, et peut atteindre les 70% du chiffre d'affaire de tout le réseau (Observatoire de l'Association Nationale pour la Formation automobile, 2002).

Dans ce qui suit, l'appellation *Succursale* désigne les points de vente du réseau propre du constructeur, et l'appellation *Agent* désigne les points de vente agréés par la succursale (ou filiale).

### **1.2.3 Services proposés par les succursales et agents**

Les agents et succursales présentent différents services à leur clientèle. Suivant leur capacité et leur aptitude, ils proposent tous ou certains des services suivants :

#### **Ventes de véhicules neufs**

Il s'agit de la plus large source de revenue pour les agents et succursales. La marge de bénéfice est toutefois la plus réduite, allant de 5% à 9% suivant la marque et le type de véhicule (EY E.-L. , 2014). La vente de véhicules neufs peut aussi s'avérer comme étant une source providentielle pour d'autres services à profit. En effet, la vente d'un véhicule neuf a de fortes chances d'engendrer la proposition ou la sollicitation de Services Après Ventes, de ventes d'accessoires ou autres services financiers et d'assurance.

#### **Vente de véhicules d'occasion**

Les agents et succursales ont aussi la possibilité de proposer à leur clientèle la vente de véhicules d'occasion. Ces véhicules sont récupérés à la suite d'un Trade-In (c'est-à-dire l'achat d'un véhicule neuf en contrepartie d'un véhicule d'occasion, en plus d'une

compensation ou complément financier), ou bien en participant à une vente aux enchères (incluant, bien évidemment des véhicules de la marque représentée), le plus souvent organisée par les autorités publiques. Il est aussi possible aux agents et succursales de racheter les véhicules d'occasion aux personnes voulant simplement les vendre. Cette activité est de moindre ampleur en volume comme en valeur que la vente de véhicules neufs. Elle est toutefois plus bénéfique, avec une marge de bénéfice allant de 8% à 14% (EY E.-L. , 2014).

### **Pièces de rechange et Services Après-Vente**

Les agents et succursales offrent aussi les services de vente de pièces de rechange certifiées d'origine, ainsi que des services de réparation et maintenance routinière. La réparation et maintenance peuvent être effectuées sous garantie et couvertes par le constructeur, ou bien aux frais du client, si le véhicule n'est pas sous garantie. La marge de bénéfice de ce service est toutefois la plus importante, et peut atteindre 60% (EY E.-L. , 2014).

### **Produits financiers et assurance**

Des services financiers et d'assurance sont proposés aux clients suivant leurs besoins. Souvent, ces produits sont présentés par des tierces parties qui jouissent d'une présence exclusive au sein des points de vente du constructeur, et autorisés à vendre leurs produits aux clients de ces points de vente. Pour cette activité, les agents et succursales récupèrent une commission sur les ventes de cette tierce partie. Exemples de services proposés : Services de financement, d'extension de garantie, services d'assurance véhicule etc.

#### **1.2.4 Rôle du point de vente dans la chaîne de distribution automobile**

La configuration de la distribution automobile est, comme relevé ci-dessus, relativement la même pour tous les constructeurs. L'échelon le plus proche du client est incontestablement les agents et les succursales du réseau propre. La répartition des agents est toutefois plus développée que celles des succursales, car la filiale choisit des emplacements stratégiques pour y implanter leurs succursales. Les succursales sont donc présentes uniquement dans les grandes villes et dans les zones à grande valeur ajoutée. En parallèle, l'emplacement des agents est plus proche du consommateur, dans des zones à moindre exposition économique. Cela dit, le réseau d'agents est critique pour le réseau de distribution

du constructeur, car ils sont le lieu où sont enregistrées le plus grand nombre de ventes et de prestation de services, au vu de leur nombre plus important que les succursales. Les agents sont considérés comme étant une extension du constructeur et de la filiale représentante dans les régions de leur implémentation. Ils jouent le rôle d'intermédiaire officiel entre le client et le constructeur, en proposant des produits et services, en suivant les normes mises en place par le constructeur. La dimension de représentant officiel accordée aux agents relève la nécessité pour le constructeur de s'assurer que les services proposés, ainsi que les infrastructures installées, sont en adéquation avec ses normes. Cela permet aussi une harmonie et homogénéité dans les services proposés par des agents différents.

D'un autre côté, les agents supportent aussi les efforts en fabrication de produits finis du constructeur, en permettant une large chaîne de distribution, qui propose une efficience des flux physiques et informationnels à travers les différents services.

### **1.3 L'Industrie automobile en Algérie**

L'Algérie dispose du plus grand marché automobile au Maghreb. Forte de son parc automobile atteignant 4,8 millions de véhicules (Boumazza, 2014) contre 3,28 millions pour le Maroc (lavieeco.com, 2014) et 1,8 millions pour la Tunisie (businessnews.com.tn, 2015), le marché algérien a aussi enregistré 423 900 nouvelles immatriculations en 2013. Le taux de possession d'un véhicule en Algérie est de 122,5 véhicules pour 1000 habitants, dépassant le taux marocain évalué à 99,4 véhicules pour 1000 habitants, et inférieur cependant au taux de possession en Tunisie, qui est de 165 véhicules pour 1000 habitants.

Actuellement, il existe soixante marques de véhicules commercialisées en Algérie (webstar-auto.com, 2015) pour une quarantaine de concessionnaires (filiales et importateurs). Dans certains cas, plusieurs marques sont représentées et importées par une même firme. Le nombre de constructeurs ayant des filiales en Algérie est réduit (04 au total). Toutes les autres marques sont importées par des groupes, qui en assurent la représentation officielle en Algérie. Des succursales sont installées dans des zones stratégiques, et leur nombre est souvent réduit. Chaque concessionnaire dispose d'un réseau d'agents agréés pour représenter le constructeur dans leur zone d'implantation. Cela diffère quelque peu de l'organisation occidentale, dans laquelle des directions régionales sont installées pour assurer le relais entre les agents et les succursales. En Algérie, les services proposés par les agents et succursales sont au nombre de trois : Vente véhicules neufs, Pièces de rechange et Service Après-Vente.



La vente de véhicules d'occasion est à ses débuts, et elle est proposée seulement par le leader actuel du marché.

### Tendances du marché

Dans la figure 1.2 est présentée la répartition des parts de marché par constructeur en Algérie. Hormis le leader Renault qui possède une position relative de 1,24 par rapport à son premier concurrent Peugeot, les constructeurs assurent des ventes relativement homogènes. Cela est d'autant plus visible si on identifie des clusters de constructeurs ayant la même performance. Les marques Peugeot, Dacia et Hyundai ont des parts de marché très rapprochées, comme c'est le cas de l'ensemble Volkswagen, Kia et Toyota et de l'ensemble Suzuki, Nissan, Chevrolet, Skoda et Citroën).

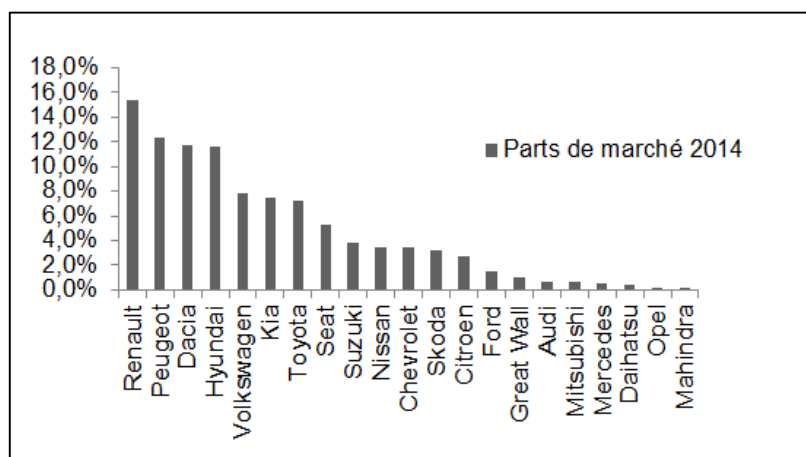


Figure 1.2 : Répartition des parts de marché des constructeurs en Algérie pour l'année 2014 (Source : document interne HMA)

Les ventes de véhicules neufs en Algérie ont connu des dernières années de grands bouleversements. La figure 1.3 présente l'évolution des ventes de 2005 à 2014. En 2012, 433 233 ventes ont été enregistrées, et représentent le record de ventes en Algérie. A titre illustratif, les ventes en 2012 représentent une hausse de 99,2% par rapport aux ventes de l'année 2010. Par la suite, le marché a commencé un recul considérable, avec une baisse de 21,5% de 2012 à 2014, pour un nombre de 339 738 véhicules neufs vendus en 2014.

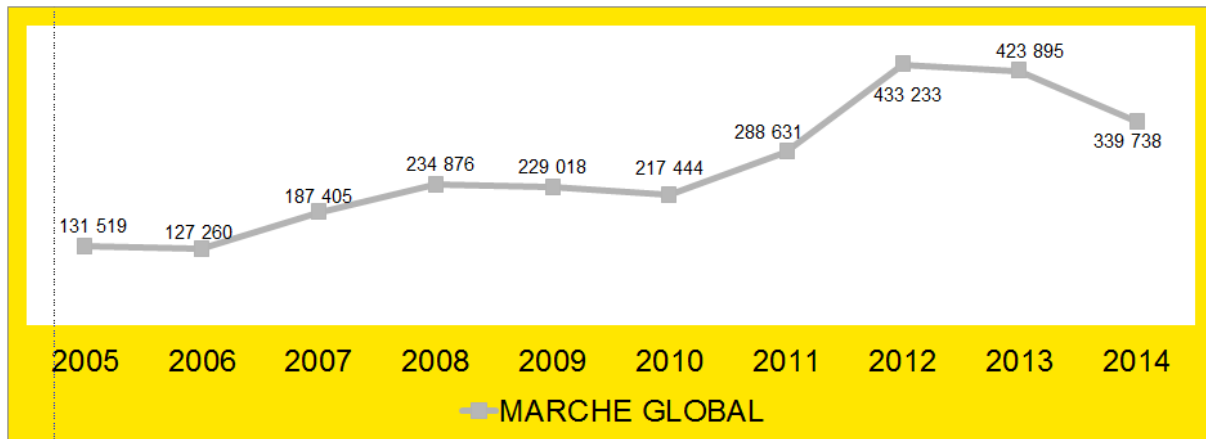


Figure 1.3 : Evolution des ventes de Véhicules Neufs de 2005 à 2014 (Source : Document interne HMA)

L'explication présentée par les experts du secteur automobile algérien (Laribi, 2015) est les importants rappels sur salaires reçus par les fonctionnaires algériens. En effet, au cours de l'année 2011, l'Etat algérien a procédé à des rappels sur salaire pouvant atteindre le million de dinars. Au vu des perspectives restreintes en capitalisation boursières en Algérie, et du fait que ces rappels n'atteignent pas le montant nécessaire pour acquérir un logement (même si l'impact est bien là sur le marché de l'immobilier), le fonctionnaire algérien s'est retourné vers la seule issue pour rentabiliser cet afflux financier : acheter un véhicule. Cela explique le grand boom des ventes de véhicules neufs de l'année 2012, qui est considérée comme étant une situation conjoncturelle, car le volume des ventes est, depuis, à la baisse. Une baisse expliquée par l'avènement de dispositifs facilitateurs pour l'acquisition d'un logement, et qui a fait que le citoyen préfère acheter un logement, plutôt qu'un véhicule.

### Saisonnalité des ventes

La saisonnalité des ventes de véhicules neufs est un phénomène qui caractérise l'industrie automobile. Dans la grande majorité des pays, ce phénomène est significativement présent, et est dû à diverses causes. En Amérique du Nord, les ventes sont plus importantes au cours du deuxième et troisième trimestre de l'année. Une des causes de cette tendance est que c'est à cette période que de nouveaux modèles y sont présentés, mais c'est aussi à cause des conditions climatiques, qui voient les ventes de véhicules légers baisser considérablement lors du premier et quatrième trimestre. Au Royaume-Uni, un système d'immatriculation est à l'origine du phénomène de saisonnalité des ventes. Les périodes d'immatriculation des véhicules sont fixées aux deux mois de Mars et Septembre. Un véritable afflux est enregistré

lors de ces deux mois, pour profiter d'une nouvelle immatriculation qui fait apparaître le véhicule nouveau, plus longtemps (EY E.-L. , 2014).

En Algérie, il existe aussi cette tendance saisonnière des ventes. Les pics de vente sont enregistrés à deux périodes de l'année. L'avènement du mois de Mars est incontestablement la période idéale pour l'Algérien pour acquérir un véhicule neuf à l'occasion du Salon International de l'Automobile durant lequel tous les concessionnaires exposent pendant 10 jours leurs gammes, avec des ristournes considérables pour faire face à la concurrence.

L'acheteur a donc un large éventail des véhicules proposés sur le marché, dans un même lieu. Le citoyen algérien préfère donc attendre la foire de l'automobile pour consulter de façon plus large les offres des différents concessionnaires et profiter, par la même occasion, des remises proposées. Au même titre que le phénomène observé a Royaume-Uni, une immatriculation plus récente peut aussi être une motivation pour l'acheteur, et attend donc la fin de l'année pour acquérir son véhicule. Ainsi, l'immatriculation est faite pour l'année suivante. Le mois de Novembre et Décembre sont donc des mois de grande affluence des clients dans les points de vente, et confortent un phénomène de saisonnalité de plus en plus présent en Algérie.

### **1.4 Présentation de Hyundai Motor Algérie**

L'entreprise Hyundai Motor Algérie S.P.A, sise à la zone Industrielle de Oued Smar, Alger, est le représentant officiel de la marque sud-coréenne HYUNDAI MOTOR COMPANY. Hyundai Motor Algérie a pour principal rôle l'importation et la distribution de l'ensemble des véhicules (légers, lourds & bus, et utilitaires) de la gamme Hyundai, ainsi que la prestation de services après-vente et la vente de pièces de rechanges certifiées originales par le constructeur. Hyundai Motor Algérie, connue sous l'abréviation de (HMA) a été fondée en 1997 par Omar REBRAB, et est filiale du groupe industriel Cevital S.P.A. (hyundai-algerie.com, 2015).

Actuellement la firme emploie plus de 400 personnes toutes catégories confondues et en créant plus de 1 700 postes à travers son réseau de distribution composé de 37 agents déployés sur le territoire national, cette envergure lui a permis de décrocher à Bali (Indonésie) le deuxième prix du trophée du meilleur distributeur de la région Afrique en 2011. HMA possède aussi neuf (09) succursales, dont huit (08) sont implantées dans la capitale Alger, et une autre à l'Ouest du pays, à Oran.

# **CHAPITRE 2 :**

## **Diagnostic du réseau de distribution**

## CHAPITRE 2 : DIAGNOSTIC DU RESEAU DE DISTRIBUTION

### Introduction

Dans l'industrie automobile, une attention particulière doit être portée sur les points de vente, tant internes qu'externes. La forte concurrence et la maturité avancée du marché automobile fait que l'exigence du client dépasse les capacités intrinsèques du produit. Le client considère aujourd'hui d'autres paramètres qu'il a intégrés à part entière dans la perception de l'offre qui lui est soumise. Il est aujourd'hui très difficile à une entreprise ne prenant pas en considération les exigences implicites de ses clients de subsister sur un marché à forte concurrence intra-sectorielle, comme c'est le cas de l'industrie automobile. C'est dans ce sens que la perception du client doit être étudiée et même planifiée, pour se mettre au diapason des meilleures pratiques vis-à-vis des consommateurs. Le cas échéant, le client se retournera irrévocablement vers d'autres sources et entachera la réputation de l'entreprise ayant échoué à la satisfaction entière de son besoin. L'entreprise défailtante se verra ainsi soutirer des parts de marché par une concurrence plus à même de satisfaire la demande annexe et implicite du client.

Ce phénomène a été partiellement constaté au sein de l'entreprise Hyundai Motor Algérie. Après une forte domination au début des années 2000, cette entreprise s'est vue détrônée par le leader actuel du marché (Renault) à partir de l'année 2005. Les parts de marché de HMA ont connu une forte baisse à cette période (Voir figure 2.1) en partie à cause de la qualité de l'offre proposée par son principal concurrent à cette période. Une stabilité a toutefois été constatée pour l'année 2011, mais ce ne fut que conjoncturel, pour

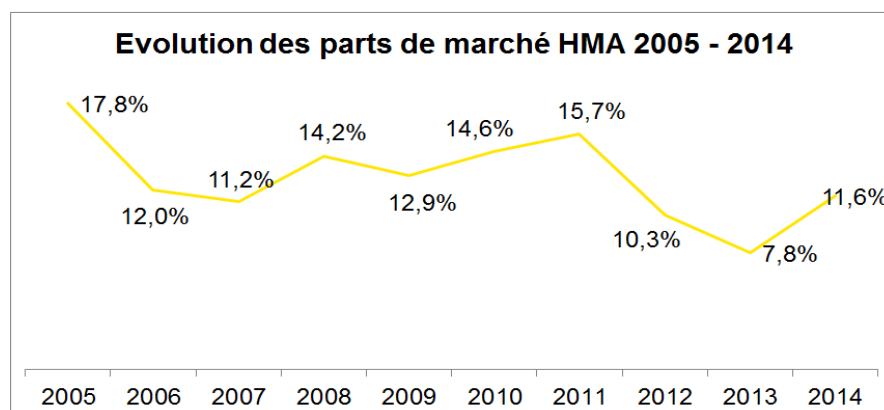


Figure 2.1 : Evolution des parts de marché HMA 2005 – 2014  
(Source : Document interne HMA)

des raisons particulièrement observées dans le marché automobile algérien. Cela étant, les parts de marché de HMA ont atteint les 11,6% pour l'année 2014, et se voit classée à la 4ème position des constructeurs présents en Algérie.

Cette baisse des parts de marché a suscité l'attention particulière du pôle Cevital, propriétaire de la concession Hyundai Motor Algérie. Ainsi, Cevital a choisi de se faire accompagner par un cabinet de conseil, et a pour cela choisi le cabinet EY Advisory Algérie. Il s'agit d'un large plan de transformation qui aura pour ultime objectif de replacer la concession sur le marché automobile algérien. Ceci a été planifié sur plusieurs mois, et décliné en plusieurs phases. Pour notre part, nous sommes intervenus dans la première phase du projet : Diagnostic Réseau de distribution. Ce diagnostic consiste en une enquête sur terrain auprès des agents, pour en faire ressortir les points bloquants ayant mené à un recul des parts de marché de HMA, et les éventuels axes d'amélioration que nous pouvons identifier. Cela s'est fait de manière à respecter une orientation stratégique : L'amélioration de la perception client vis-à-vis de la marque. Dans un souci de cadrage efficace du travail effectué et de la concordance du contenu du présent mémoire, il a été convenu de ne traiter que le seul volet des Véhicules Neufs, parmi d'autres activités auditées (Services Après Ventes, Pièces de Rechange etc.).

Dans ce qui suit, nous allons, dans un premier temps, détailler les objectifs qui ont été tracés pour cette étude, et les motivations de ces objectifs. Par la suite, le détail de l'enquête sera présenté. Puis nous aborderons les retours et les conclusions tirés de cette enquête auprès des agents, avant de citer brièvement les axes d'améliorations qui ont pu être identifiés.

### **2.1 Définition des objectifs globaux de l'audit**

La présente étude a été enclenchée suite à la volonté du pôle Cevital, propriétaire de la concession Hyundai Motor Algérie, d'apporter des améliorations conséquentes à son réseau de distribution, après constat d'un net recul dans la position de HMA sur le marché de l'automobile en Algérie. Le cabinet de Conseil EY Advisory Algérie a été choisi comme partenaire dans ce projet de transformation, qui aura pour objectif l'amélioration de la perception du client envers la marque. Dans ce sens, plusieurs aspects ont été abordés : Force de vente, états des lieux de vente, niveau de satisfaction des demandes Clients, etc. Il est à souligner que le projet en question porte sur une longue période, et est décliné en

## CHAPITRE 2 : DIAGNOSTIC DU RESEAU DE DISTRIBUTION

plusieurs phases. Notre intervention a été programmée pour la première phase, en l'occurrence celle du diagnostic et audit du réseau de distribution. Cette phase a été choisie pour commencement pour faire effectivement remonter l'information de la part des agents, et par la même occasion, apporter des évaluations sur plusieurs critères et paramètres préalablement identifiés. Il s'agit donc d'effectuer des interventions auprès de tous les points de vente du réseau, durant lesquelles nos interlocuteurs principaux sont les patrons d'affaires, en leur qualité de premier interlocuteur avec HMA, les commerciaux pour leur connaissance des tendances et tempérament du client, ainsi que des responsables d'atelier pour le Service Après-Vente, et responsables Magasin pour la pièce de rechange.

L'enquête sur terrain a été planifiée pour nous permettre de comprendre la situation prévalant dans le réseau, et des éventuels pistes d'amélioration globalement identifiées. Nous citons ici un aperçu illustratif et non exhaustif des objectifs du diagnostic du réseau de distribution.

- **Collecte d'informations** : remonter l'information non disponible au niveau de la maison-mère, relatives à la nature des réclamations Clients, Nombre de visites journalières, formation académique des commerciaux etc.
- **Observations sur l'état des lieux** : notations suivant certains critères : propreté des lieux, respect de la charte graphique, respect des normes Hyundai Motor Company, exposition des véhicules et des brochures, Publicités sur les Lieux de Ventes (PLV) etc.
- **Disponibilité des véhicules** : revoir les procédures de prise de commandes, évaluer les délais de livraison et les ruptures de stocks des agents agréés.
- **Réclamations Clients** : recenser les réclamations les plus fréquentes, et identifier les apports rapidement applicables, dont la valeur ajoutée auprès des agents est rapidement perceptible.
- **Formation de la force de vente** : formation (initiale et continue) des commerciaux en techniques de vente, et de communication et adaptation au comportement du consommateur.
- **Publicité et activité Marketing** : présence et couverture médiatique des agents agréés dans leur région, activités publicitaires, sponsoring etc.
- **Nature de la relation HMA – Agents** : comprendre la relation qui relie les agents agréés à la maison-mère, et identifier des aspects à améliorer dans le partenariat en question.

- **Avis et recommandations des agents** : être à l'écoute des agents, et prendre en considération leur point de vue sur l'activité, ainsi que leurs recommandations.
- **Identification des axes d'amélioration** : La finalité de cette enquête auprès des agents agréés HMA est l'identification de leviers et axes d'améliorations qui devront être traités, corrigés ou consolidés. Après avoir fait des interventions auprès de tous les agents, il nous sera possible d'effectuer une analyse objective de tous les aspects traités et cités ci-dessus.

### 2.2 Axes d'amélioration identifiés

Le réseau d'agents agréés de HMA est composé de trois (03) succursales, six (06) showrooms (appartenant à HMA) et trente-sept (37) agents agréés. L'enquête sur terrain pour le diagnostic du réseau de distribution prévoit d'effectuer des interventions auprès de tous ces points de vente internes et externes. Dans le souci de cadrer les interventions, assurer une homogénéité entre elles et dans l'anticipation d'un traitement volumineux de données, un questionnaire a été établi, et qui regroupe tous les points à aborder et à renseigner par les agents. Ceci a permis de formaliser les réponses et d'en faciliter le traitement. Dans ce sens, et après analyse des réponses obtenues ainsi que des appréciations, tant objectives que subjectives apportées par nos interlocuteurs, certains axes d'améliorations ont été identifiés comme étant des points critiques auxquels il est primordial de remédier sur le court et moyen terme. Nous présentons ici certains aspects qui caractérisent l'activité de vente de véhicules neufs qui sont sujets à amélioration au sein du réseau de points de vente de HMA. Une présentation brève de ces points sera donnée dans ce qui suit, avant de converger vers la question de l'alimentation du réseau de distribution en véhicules.

Le premier point identifié comme étant sujet à amélioration est la compétence de la force de vente au sein des agents agréés. Sur les 37 agents questionnés, seuls 06 agents déclarent que leurs commerciaux ont eu droit à une formation initiale à leur arrivée, pour l'apprentissage des techniques de vente et de communication. Ces aspects sont incontournables dans un marché de l'automobile aujourd'hui arrivé à maturation en Algérie. Un bref benchmark auprès du leader actuel du marché a permis de consolider



## CHAPITRE 2 : DIAGNOSTIC DU RESEAU DE DISTRIBUTION

L'importance de la formation dans l'industrie automobile, si bien que ce leader en question dispose d'une académie au sein de laquelle tous les commerciaux et autres intervenants dans les opérations de ventes de véhicules neufs se voient dispensés des formations initiales et continues. Un autre aspect traité est la communication entre les points de vente du réseau externe et la maison-mère HMA. Parmi 37 agents questionnés, 34 parmi eux estiment que le système de collaboration peut être amélioré, dans le sens où une relation de confiance doit être construite entre les deux parties prenantes, qui s'efforcent à tirer la marque HMA vers le haut. Ce sont évidemment des considérations subjectives, mais qui ont un impact considérable sur l'activité de vente de VN.

Cependant, le principal point relevé est la motivation des agents dans l'activité de ventes de véhicules neufs. Une grande baisse d'implication a été perçue chez nos interlocuteurs, au moment de relever les axes d'amélioration au sein du réseau externe. La cause identifiée à cela est la politique de distribution des véhicules, qui est évidemment leur première source de bénéfices. L'incertitude autour de l'approvisionnement de véhicules est aujourd'hui problématique au sein des agents, qui ne peuvent pas avoir de visibilité sur l'avenir. Cela est principalement dû à la centralisation de la gestion des commandes des agents en VN. Tous les agents sont aujourd'hui tenus de récupérer leurs véhicules à partir du même parc : celui de Jijel. Une autre incertitude subsiste aussi autour de cette particularité (N.B : approvisionnement exclusif à partir du parc de Jijel) puisque les agents peuvent se retrouver contraints de récupérer un ou deux véhicule de leur commande à partir d'un autre parc, sans le savoir au préalable (cela est constaté au moment de la livraison à Jijel). Premièrement, l'unification des parcs d'approvisionnement ainsi que l'incertitude qui la régit entraînent une différence dans les charges de transport supportées par les agents, ce qui a un impact direct sur leur marge de bénéfices, tant le prix de vente final est fixé par HMA. Deuxièmement, la centralisation de la gestion des commandes dans une seule cellule (cela est dû, justement, au fait que les approvisionnements en VN se fait à partir d'un seul parc) engendre des lourdeurs administratives, et ainsi des retards de traitement de la commande qui a un impact considérable sur la disponibilité des véhicules au sein des agents.

En dépit d'autres points qu'il serait intéressant de traiter, nous nous concentrons dans notre travail sur la problématique de la distribution des véhicules. Cet aspect est identifié comme étant un axe primordial d'amélioration, et dont les bénéfices sont considérables, en matière de disponibilité des véhicules, de réduction des coûts de

transport, ainsi que d'allègement de la complexité de gestion des commandes. Dans notre projet, une revue des structures actuelles de distribution est effectuée, ainsi qu'une simulation de la situation actuelle, en matière de distribution. Cela servira d'appoint et de référence à la valeur ajoutée apportée par notre travail. Dans le présent chapitre, nous étalons certaines caractéristiques liées à la fois à l'industrie automobile et à la situation actuelle au sein de HMA, qui consolident et argumentent notre démarche de restructuration du réseau de distribution de cette dernière. Par la suite, des solutions de Conception de Réseau de Distribution (Distribution Network Design) sont implémentées sous différents scénarios, pour déterminer l'emplacement optimal des centres de distributions, ainsi que l'affectation optimale des agents agréés vers ces points de vente. Des estimations financières sont effectuées dans le but d'illustrer la valeur ajoutée de notre travail.

### **2.3 Structure du réseau de distribution HMA**

Le diagnostic effectué auprès des succursales et agents HMA à travers le pays a été fructueux et très important au vu des constatations effectuées et des axes d'amélioration identifiés. Cela ouvre la réflexion autour des solutions à apporter à la structure et organisation actuelles, afin de fluidifier les différentes activités, et travailler à l'optimisation de toutes les ressources, tant humaines, financières, matérielles que la ressource du temps. Il est à rappeler cependant que l'objectif ultime est l'amélioration de la perception du client envers la marque.

La chaîne logistique dans l'industrie automobile est très particulière. Plusieurs paramètres peuvent l'influencer et sont la source d'orientation de la politique de distribution pour les décideurs. Comme souligné dans la présentation de l'industrie automobile (§1.1.1), la relation entre le concessionnaire et ses agents agréés doit être à même d'assurer une bonne collaboration entre les deux parties. C'est ainsi que, en matière de distribution, la grande majorité des concessions met à disposition de ses agents agréés un système d'information leur permettant d'avoir une visibilité sur le stock central, et procéder aux commandes sur ce système. Cela permet aux agents d'être réactifs à toute demande, et augmente donc la compétitivité du produit sur le marché. Une autre particularité du véhicule neuf qu'il faut prendre en considération est l'obsolescence. En Algérie, un véhicule est considéré comme étant obsolète s'il dépasse douze (12) mois

entre la date de fabrication et son entrée sur le territoire, ou six (06) mois entre la date de son entrée sur le territoire national et sa vente effective (JORADP, 2015). Cette période doit être respectée non pas seulement pour des considérations réglementaires, mais aussi à cause de l'état du véhicule, car il peut subir des avaries conséquentes en cas de stagnation prolongée dans une zone de stockage. Tous ces paramètres sont à prendre en considération lorsqu'il s'agit d'élaborer une chaîne de distribution dans l'industrie automobile, à même de respecter ces contraintes, et d'assurer un niveau de service considérable. Nous avons apporté une attention particulière à ces caractéristiques, et à d'autres paramètres et constatations que nous discuterons dans le présent chapitre.

Nous abordons dans ce qui suit la chaîne d'approvisionnement et de distribution mise en place par Hyundai Motor Algérie, et nous expliciterons sa structure, ainsi que les infrastructures disponibles à travers le pays. Nous commencerons par une présentation globale de la situation, c'est-à-dire la position de HMA dans la chaîne logistique de Hyundai Moto Company, basée en Corée du Sud, puis nous passerons à la partie aval de cette chaîne, en présentant la chaîne de distribution élaborée par HMA. Ensuite, nous étalerons la relation de HMA avec ses agents en termes de distribution. Quelle est la procédure suivie ? Quels sont les temps de traitement de la demande ? Quelle est la durée entre deux approvisionnements chez les agents ? Questions auxquelles nous répondrons à la base des réponses obtenues au cours des interviews avec les agents. Enfin, et avant d'aborder le noyau du travail effectué, nous argumentons notre choix de nous focaliser sur cette problématique, en faisant une récapitulation de la situation actuelle, et de l'opportunité de restructurer la chaîne de distribution, tant en infrastructures et moyens de transport, qu'en politique de distribution.

### **2.3.1 HMA dans la chaîne logistique globale de Hyundai Motor Company**

Hyundai Motor Algérie est une entreprise liée par un contrat de concession à la compagnie sud-coréenne Hyundai Motor Company. Elle est le représentant exclusif de HMC en Algérie, pour la vente de Véhicule Neufs, les prestations de SAV et la vente de Pièces de Rechange. L'approvisionnement de HMA en VN se fait à partir de deux pays : l'Inde et la Corée du Sud. La proportion des importations venant d'Inde est de 60%, car il s'agit des

## CHAPITRE 2 : DIAGNOSTIC DU RESEAU DE DISTRIBUTION

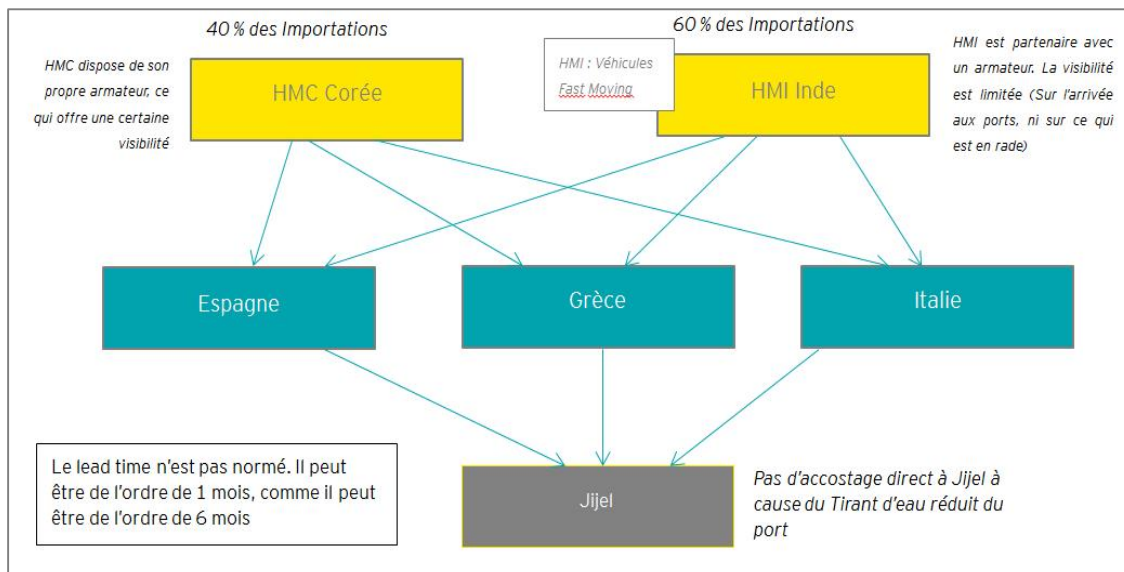


Figure 2.2 : Schéma d'approvisionnement de HMA en véhicules neufs

véhicules à forte rotation. La figure 2.2 illustre le positionnement de HMA dans la chaîne d'approvisionnement de Hyundai Motor Company.

Hyundai est présente en Inde sous l'appellation Hyundai Motor India (HMI). La compagnie HMC dispose de son propre armateur, ce qui facilite la relation entre HMA et HMC pour ce qui est de la visibilité des arrivages. La compagnie HMI ne disposant pas de son armateur, ni du même armateur que HMC, un partenariat a été conclu avec un armateur pour le transport maritime des véhicules à partir d'Inde. En Algérie, le port d'accostage des cargos de véhicules neufs importés est le Port de Jijel. Cela dit, les gros bateaux venant de Corée du Sud ou d'Inde n'accostent pas directement à Jijel, à cause du tirant d'eau insuffisant. Ces navires accostent donc dans les ports européens (Grèce, Italie, Espagne) puis un autre prestataire achemine les véhicules vers le port de Jijel.

### 2.3.2 Structure actuelle de la distribution nationale de HMA

Comme souligné dans le précédent paragraphe, les véhicules importés par HMA accostent au Port de Jijel. C'est dans cette ville que HMA a installé son plus grand parc de véhicules, avec une capacité de 11 000 véhicules. Le choix d'implanter ce parc dans la ville de Jijel est justifiée par la distance le séparant du parc est réduite, mais surtout pour des considérations réglementaires. La loi algérienne exige de tout concessionnaire importateur de VN de disposer d'un parc sous douane (JORADP, 2015). Le parc sous

## CHAPITRE 2 : DIAGNOSTIC DU RESEAU DE DISTRIBUTION

douane de Jijel peut contenir 2 200 véhicules. Il est de coutume de voir les parcs sous douane des concessionnaires relativement remplis, car le dédouanement est coûteux. C'est à partir de ce parc de Jijel que tous les autres parcs sont alimentés. Hormis ce parc de Jijel, HMA dispose de quatre (04) autres parcs de VN : Trois parcs à Alger (Cheraga, Mohammadia, Bab Ezzouar), et un autre à Oran. Le tableau 2.1 recense les infrastructures logistiques de HMA, leur capacité et leurs caractéristiques.

Tableau 2.1 : Infrastructures logistiques de HMA

Parc	Capacité	Sous Douane ?	Observation
<b>Jijel</b>	11 000	Oui, 20%	Plus grand parc, accueille tous les véhicules importés
<b>Cheraga</b>	8000	Non	Plus grand parc à Alger, centre de livraison Clients
<b>Mohammadia</b>	4000	Non	
<b>Bab Ezzouar</b>	3000	Oui, 100 %	
<b>Oran</b>	6000	Non	Alimente la succursale d'Oran, et les agents de l'Ouest

### 2.3.3 Nature de la relation HMA – Agents en matière de distribution

La relation entre le concessionnaire et l'agent agréé est primordiale dans l'industrie automobile. Le point de vente agréé reflète l'identité et l'image de la marque qu'il représente. Pour rappel, HMA dispose de 37 agents à travers le territoire national. Actuellement, il existe une particularité dans l'affectation des véhicules entre le réseau interne (Succursales et Showroom) et réseau externe (Agents agréés), et plus particulièrement en ce qui concerne les succursales d'Alger. Tous les parcs d'Alger sont réservés aux succursales et points de vente situés à Alger. Pour l'approvisionnement des agents, il s'effectue à partir du parc de Jijel, et occasionnellement à partir du parc d'Oran pour les agents qui sont dans cette région.

Suite à leur commande, les agents se voient systématiquement orientés vers le parc de Jijel pour récupérer leurs véhicules. Parfois, les agents se voient affectés des châssis situés dans des parcs autres que celui de Jijel. Cela dit, l'agent n'est pas informé de ce deuxième emplacement de véhicules inclus dans sa commande que lors de la présence du camion porteur au parc de Jijel. Il faut signaler que les coûts de transport sont actuellement supportés par les agents. Il est à leur charge de louer des camions porteurs pour récupérer leurs véhicules à partir de Jijel. Dans cette configuration, et au vu de l'emplacement des

agents à travers tout le territoire, les coûts de transport supportés par les agents sont inévitablement hétérogènes.

### **2.4 Discussion autour d'une restructuration du canal de distribution**

Le diagnostic effectué auprès des agents a abouti à l'identification d'un axe d'amélioration clé pour l'amélioration de la perception Client la politique de distribution du produit, qui a un impact direct sur sa disponibilité. Après une présentation de la structure actuelle de la distribution au sein de HMA, nous présentons ici les facteurs clés ayant orienté notre réflexion vers une restructuration du canal de distribution. Dans ce qui suit, des arguments sont présentés pour valoriser l'opportunité et la nécessité d'une reconsidération de la politique de distribution au sein du réseau de HMA.

**Frais de transport :** Dans la configuration actuelle, les charges de transport sont supportées par les agents. Bien que cela ne soit pas de coutume au sein des autres concessionnaires, nous soumettons la conclusion logique que ces charges doivent être relativement homogènes pour les agents. Or, rappelons que tous les agents s'approvisionnent presque systématiquement à partir du parc de Jijel. Dans ce qui suit, nous étalons une simulation des coûts de transport supportés par les agents au cours de l'année 2014, à la base de leurs réalisations. Le coût de transport est calculé par indexation à la distance : un coût de transport par kilomètre et par segment de véhicule a été approximé. L'objectif n'est pas de calculer le coût de transport supporté par chaque agent, mais plutôt l'écart entre les charges supportées par les agents.

Le calcul a été fait suivant la distance de chaque agent vers le parc de Jijel, et aussi suivant la demande de chaque agent, c'est-à-dire que nous avons procédé à une agrégation de la demande en une demande par segment de véhicule pour se rapprocher considérablement de la réalité. Sur la base d'un coût au kilomètre pour le transport d'un véhicule de chaque segment, le calcul des coûts globaux de transport assumés par chaque agent est obtenu. Bien que la moyenne de ces coûts peut être significative et est à prendre en considération, le but de ce calcul est de mesurer l'écart moyen entre les coûts supportés par les agents. La recherche de cet indicateur est justifiée par le fait que cette politique de distribution, qui veut que ce soit les agents qui supportent les coûts de transport, doit

assurer une homogénéisation de ces coûts au sein du réseau de distribution. Cela est aussi justifié par la contrainte pour les agents de vendre les véhicules à un prix standard, fixé par HMA. Après calcul (Les données pour le calcul sont exposées dans les annexes A et D) les résultats suivants ont été obtenus :

Les agents supportent une moyenne de coût de transport de 3 695 463 DA par an. L'écart entre les frais de transport supportés par les agents est en moyenne de l'ordre de 2 418 347 DA. C'est dire qu'un agent peut se retrouver à supporter des coûts de transport déviés de 65,4% par rapport aux coûts supportés par les autres agents. La figure (2.3) représente la dispersion dans les charges de transport supportées par les agents, ainsi que par région. C'est une dispersion qui fait que, dans un premier lieu, les marges de bénéfices

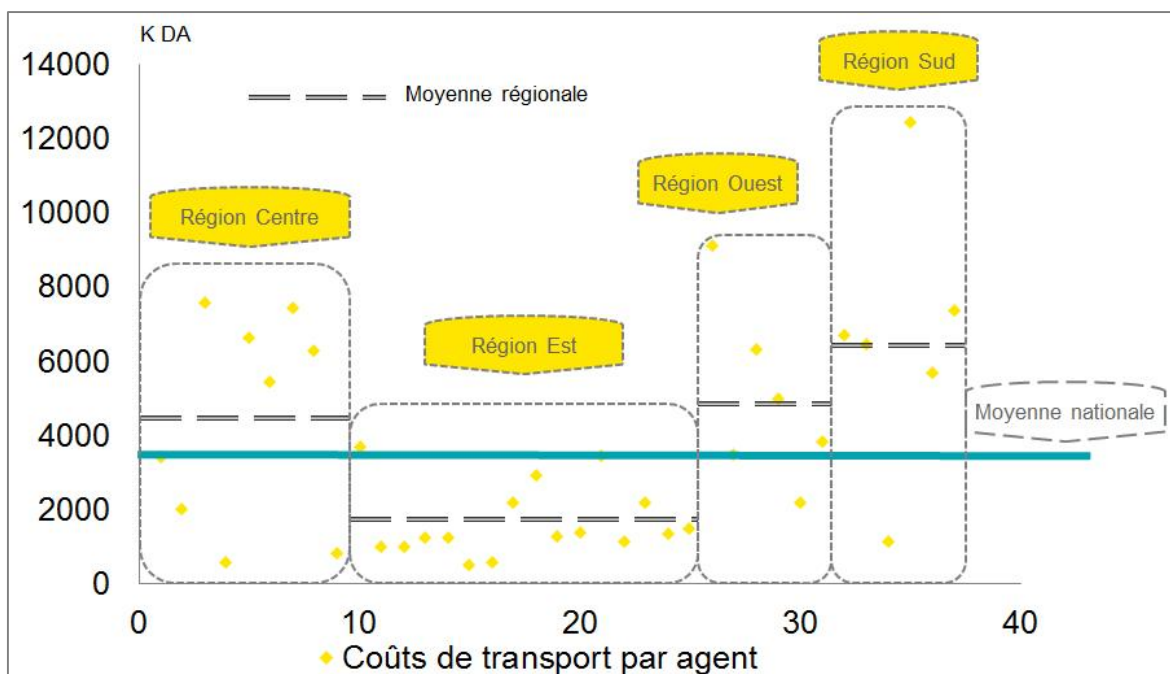


Figure 2.3 : Graphe représentant la dispersion dans les coûts de transport supportés par les agents

engrangées par les agents ne peuvent être égales, et dans un second lieu, les agents se retrouvent parfois contraints de proposer des prix supérieurs à ceux proposés par le réseau interne de HMA ; et cela est légitime pour leur survie sur le marché, au vu des charges de transport supportées.

Un autre point relatif aux frais de transport est que l'emplacement des véhicules commandés est caractérisé parfois par une incertitude avérée. Certes, dans le plus commun des cas, les véhicules sont récupérés par les agents à partir du parc de Jijel, mais il arrive parfois qu'une grande partie des châssis affectés à un agent se trouvent à Jijel, mais un ou

## CHAPITRE 2 : DIAGNOSTIC DU RESEAU DE DISTRIBUTION

deux autres châssis se trouvent dans un autre parc, à Alger ou Oran. Ceci est une imperfection à régler car il n'est pas rentable pour un agent de réserver un camion-porteur pour un seul véhicule. Il ne peut non plus avoir recours à un acheminement par route de ce véhicule isolément placé dans un autre parc, en raison d'obligations réglementaires qui stipulent qu'un véhicule est considéré comme étant un véhicule neuf si le nombre de kilomètres parcouru est inférieur à 50 Km (Décret Exécutif 15-58, JORADP Février 2015). C'est dans ce sens que nous proposons une affectation des agents vers des parcs spécifiés. Cela permettra une simplification de la transmission de l'information relative à la disponibilité des véhicules dans les parcs HMA, au profit des agents pour la passation de la commande, et ainsi éviter ces surcoûts imposés à l'agent lorsqu'il doit récupérer ses véhicules à partir de différents parcs.

L'opportunité de réguler ce paramètre est ainsi perceptible, à travers une restructuration de la distribution. Un autre déploiement des centres de distribution sur le territoire national pourra permettre une homogénéité des charges relatives au transport, supportées par les agents. A défaut, une affectation des agents qui soit alternative à une affectation exclusive au parc de Jijel pourra s'avérer intéressante dans le traitement de cette problématique. Nous tenons ici un indicateur significatif pour la valorisation de la proposition que nous étalons dans le cadre de cette mission.

**Ruptures de stock :** Un autre paramètre ayant motivé la tenue de cette mission de restructuration de la distribution au sein de HMA est la rupture de stock que déclarent les agents comme étant un phénomène qui tend à se généraliser. Sur les 37 agents questionnés, 31 d'entre eux ont déclaré être en rupture de stock, au moment de l'entretien. Cela représente un taux de 84% d'agents étant en rupture de stock. Nous réitérons ici la nécessité de la disponibilité des produits dans l'industrie automobile, qui est un marché à forte maturité, et au sein duquel la disponibilité est un facteur clé de succès. La contribution du présent travail est d'assurer une disponibilité des véhicules auprès des agents, en simplifiant considérablement le schéma de distribution, avec une clairvoyance dont devra jouir l'agent au moment de la passation de sa commande de véhicules.

**Gestion des ventes sur commande :** Au cours du diagnostic effectué auprès des agents, il a été question de traiter le comportement des agents face à une rupture de stock. En cas d'indisponibilité d'un véhicule dans le stock de l'agent, comment la demande du client est-elle gérée ? Il est de coutume, dans l'industrie automobile, que les points de



## CHAPITRE 2 : DIAGNOSTIC DU RESEAU DE DISTRIBUTION

vente agréés procèdent à des ventes sur commande, pour s'assurer un volume de vente supplémentaire. Sur les 42 agents questionnés, seuls 20 agents (moins de la moitié) ont déclaré procéder à des ventes sur commande, et attendre d'être approvisionnés par HMA. Le délai de livraison sur ce type de ventes est en moyenne de 25 jours.

Plus de la moitié des agents déclarent ne pas procéder aux ventes sur commande, au vu de l'incertitude sur le délai de livraison. La structure actuelle de la distribution au sein de HMA laisse planer le doute sur le délai de livraison des véhicules, et même sur leur emplacement. Cela justifie la réticence des agents à procéder à ce type de commandes qui, selon eux, doit être bien ficelé au vu de la nature de la clientèle algérienne, pour parer à toutes mésaventures.

**Visibilité sur les stocks de HMA :** La collaboration est primordiale dans un contrat de concession dans l'industrie automobile. Nous étudions dans notre cas la possibilité pour l'agent de consulter le contenu, en nombre et en finitions, des parcs de HMA. Il n'existe pas de système informatique qui permettrait aux agents d'avoir une visibilité sur les stocks de HMA et procéder aux commandes via ce système. L'information n'est pas obtenue de façon formelle quant aux stocks disponibles. A la question de savoir s'ils étaient satisfaits par le processus d'approvisionnement actuel, 92% des agents (34 agents sur 37 questionnés) sont réceptifs à l'installation d'un autre mode de gestion des commandes, qu'il soit informatique ou pas, et qui permettrait une clairvoyance au moment de la passation de la commande. La présente mission n'a pas la prétention de proposer une solution qui puisse remédier à ce problème, mais sa contribution sur cet aspect peut être perceptible à travers un désengorgement de l'information, c'est-à-dire que, actuellement, l'information sur les stocks est tellement volumineuse (au vu du nombre de véhicules à recenser, et du nombre d'agents auxquels fournir l'information) et concentrée (l'information demandée concerne quasi-exclusivement le parc de Jijel) qu'elle devient difficile à gérer. Une implantation d'une structure à même de gérer séparément l'information sur les stocks de différents parcs aura pour conséquence une meilleure organisation du flux d'information : chaque agent trouvera l'information auprès du parc vers lequel il est affecté, et non auprès d'une structure centralisée, dont nous avons discuté la difficulté de gérer ces flux. Ainsi, Cet échelonnement de l'information permettra, à la fois à l'agent d'avoir une information facilement et de façon organisée, qu'à la maison-mère HMA qui n'aura pas à gérer les flux d'informations avec une panoplie d'agents, mais simplement avec ces propres centres de distribution.

## CHAPITRE 2 : DIAGNOSTIC DU RESEAU DE DISTRIBUTION

**Obsolescence des véhicules :** L'obsolescence des véhicules est un point important dans la gestion des stocks dans l'industrie automobile. La forte concurrence dans ce secteur fait que le cycle de vie des produits se rétrécit de plus en plus (e-learning EY, 2014). Les concessionnaires ne peuvent donc garder un grand nombre de véhicules dans leurs stocks, au risque de se voir dépassés par l'ère du temps et par l'arrivée de nouveaux modèles qui compromettraient la vente des anciens modèles disponibles en stock. Un caractère réglementaire a aussi été discuté en introduction, car la loi considère ce point comme relatif à la sécurité routière. La réglementation algérienne (JORADP, 2015) stipule qu'un véhicule est considéré comme étant obsolète s'il dépasse 06 mois après son entrée sur le territoire national. Rappelons qu'un véhicule obsolète ne peut être considéré comme étant un véhicule neuf, mais comme étant un véhicule d'occasion. Dans ce cadre, nous présentons ici la constitution du parc principal de HMA, qui est le parc de Jijel, en

Année	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Nombre de véhicules	82	36	184	177	2374	2783

précisant l'année de leur entrée sur le territoire algérien. L'objectif de cette étude du parc de Jijel est d'apporter une estimation sur le taux d'obsolescence du parc automobile de

HMA. Le tableau 2.2 présente l'état du stock de Jijel à la date du 31 Mars 2015.

Tableau 2.2 : Age des véhicules du parc de Jijel, au 31 Mars 2015

Au 31 Mars 2015, le nombre de véhicules au sein du parc de Jijel est de 5636 véhicules. Si nous posons l'hypothèse (légitime) que 50% des véhicules datant de 2014 sont entrés en Algérie avant Septembre 2014, nous obtenons un taux d'obsolescence de 29,5%. Ceci illustre les conséquences du surstockage dans l'industrie automobile, et indique fortement la nécessité de repenser la politique d'approvisionnement et de distribution. Une restructuration du réseau de distribution permettra une meilleure rotation des stocks, car le besoin en stock sera plus facilement identifiable, au travers d'un nombre réduit de centres de distribution.

**Conclusion**

Les observations et calculs effectués au sujet de la situation actuelle du parc automobile de HMA, ainsi que la politique de distribution actuelle, avec ses effets sur les charges supportées par les agents, sont des arguments qui consolident notre démarche de restructuration de la politique de distribution de HMA. La figure 2.4 résume les arguments recensés dans notre démarche. Notre travail est cadré dans une discipline du Supply Chain Management (SCM) qui est la Conception de Réseau de Distribution, communément appelée Distribution Network Design (DND). Dans le chapitre suivant, nous présentons en détail cette branche du SCM, en mettant le point sur les enjeux économiques qui motivent le recours à cette solution, ses apports ainsi que les démarches d'implémentation de cette solution. Le DND est aussi présenté dans le chapitre suivant par une revue indicative des travaux présents dans la littérature, ainsi que la définition des principales notions qui permettent une meilleure compréhension de la discipline.

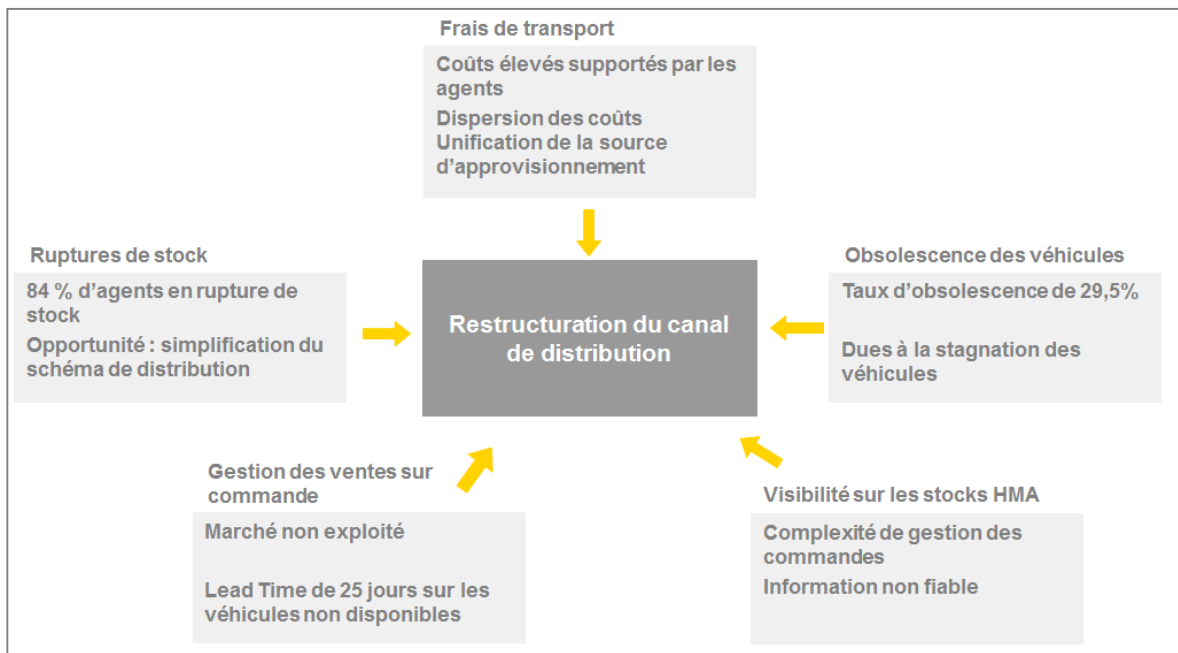


Figure 2.4 : Arguments recensés pour une restructuration du canal de distribution

**CHAPITRE 3 :**  
**Distribution Network**  
**Design - présentation,**  
**apport et état de l'art**

## **CHAPITRE 3 : DISTRIBUTION NETWORK DESIGN - PRESENTATION, APPORT ET ETAT DE L'ART**

### **Introduction**

Les problématiques soulevées et gérées dans les branches du Supply chain Management atteignent un niveau de détail de plus en plus important, balayant tous les niveaux de décision, de l'opérationnel au stratégique. Après une ère de prise de conscience de l'importance de la relation client-fournisseur et de la nécessité de gérer et optimiser les flux logistiques au niveau interne, ce qui est aujourd'hui un acquis considérable au vu de sa généralisation au sein même des PME/PMI, d'autres facteurs sont pris en considération lorsqu'il s'agit d'implémenter une feuille de route pour la gestion de la chaîne logistique et des infrastructures logistiques. Un des plus importants problèmes soulevés par le Supply Chain Management est le problème de Conception de la Chaîne d'Approvisionnement qui implique la localisation des usines de production et des entrepôts et centres de distribution. Il s'agit aussi de déterminer la meilleure stratégie de distribution à partir des usines de production vers les entrepôts de distribution et à partir des entrepôts de distribution vers les consommateurs (Golmohammadi, Afshari, Hasanzadeh, & Rahimi, 2010). L'objectif typique du Distribution Network Design est de le concevoir de telle façon à ce que toute la demande des clients soit satisfaite à moindre coût de transport et d'entreposage. La solution doit aussi satisfaire les restrictions en capacité des usines de production et des centres de distribution (Golmohammadi et al, 2010).

La localisation d'une infrastructure au meilleur emplacement est une importante problématique de prise de décision. Le meilleur emplacement dépend d'un critère ou un ensemble de critères, comme les distances optimales, les capacités des infrastructures, les coûts optimaux, la densité de la population, etc. Les problématiques de localisation et allocation (Location-Allocation) peuvent donc être basés sur un critère ou bien en ajoutant diverses combinaisons de critères comme les distances optimales et les capacités de l'infrastructure, ou alors une combinaison entre la distance optimale et le coût optimal. Et ainsi, plusieurs combinaisons de critères peuvent être prises en considération dans la résolution de ce problème. Le but de ces problèmes de localisation et allocation est de trouver

la meilleure localisation ou le meilleur ensemble de localisation des infrastructures pour engendrer la plus grande utilité suivant ce(s) critère(s).

Une mauvaise localisation d'une infrastructure peut avoir des effets négatifs lorsqu'il s'agit de délivrer une prestation à un bénéficiaire. La distance entre la périphérie de la demande et celle de l'offre se doit d'être optimale. Si cette distance est grande, et que le bénéficiaire se voit proposé un service loin de son emplacement, il ne sera pas intéressé par ce service, du fait de l'éloignement de l'infrastructure. Nous ne parlons pas ici que de services à connotation commerciale, car cela peut être le cas pour plusieurs autres natures de besoin. En effet, la réaction citée ci-dessus peut concerner l'emplacement d'un hôpital, d'une école, d'une unité de protection civile et bien évidemment, d'un marché ou entité à caractère commercial.

La capacité de l'infrastructure a aussi son impact dans la prestation de service. Les infrastructures sont créées pour répondre et satisfaire la demande des bénéficiaires, et de ce fait, sa capacité ne peut être ignorée, et est incontournable pour atteindre cet objectif tracé. Ces infrastructures doivent être conçues de façon à ce qu'elles soient le plus proche possible de l'ensemble de la demande, et aussi avoir la capacité nécessaire pour satisfaire cette dernière.

### **3.1 Approche globale**

De par son importance dans le succès d'une politique de distribution, la problématique d'implantation de centres de distribution et d'affectation des points de demande vers ces centres est largement traitée à l'aide de modélisations en recherches opérationnelles. Dans ce titre, nous nous étalons sur le concept de Distribution Network Design, à travers une définition, une présentation des enjeux économiques conduisant les entreprises à avoir recours à cet outil, ainsi que les apports pouvant en découler.

#### **3.1.1 Définition du Distribution Network Design**

La discipline de Distribution Network Design (DND) est une branche du Supply Chain Management (SCM) et consiste à l'élaboration ou restructuration d'un réseau de distribution, dans le but d'en réduire la complexité, d'améliorer le niveau de service proposé, et de réduire les coûts logistiques liés à la distribution. Cette restructuration se fait par une localisation optimale d'infrastructures (en nombre et en emplacement) ainsi que l'affectation optimale des

centres de demande vers ces infrastructures. La restructuration d'un réseau de distribution implique une revue de la chaîne logistique physique, à travers une modélisation qui permet, à la fois d'illustrer la situation actuelle, et aussi d'identifier les économies possibles au sein de cette chaîne en maintenant un niveau de service requis. La figure 3.1 est une représentation du rôle de la discipline de Distribution Network Design dans la réduction de la complexité d'une chaîne logistique.

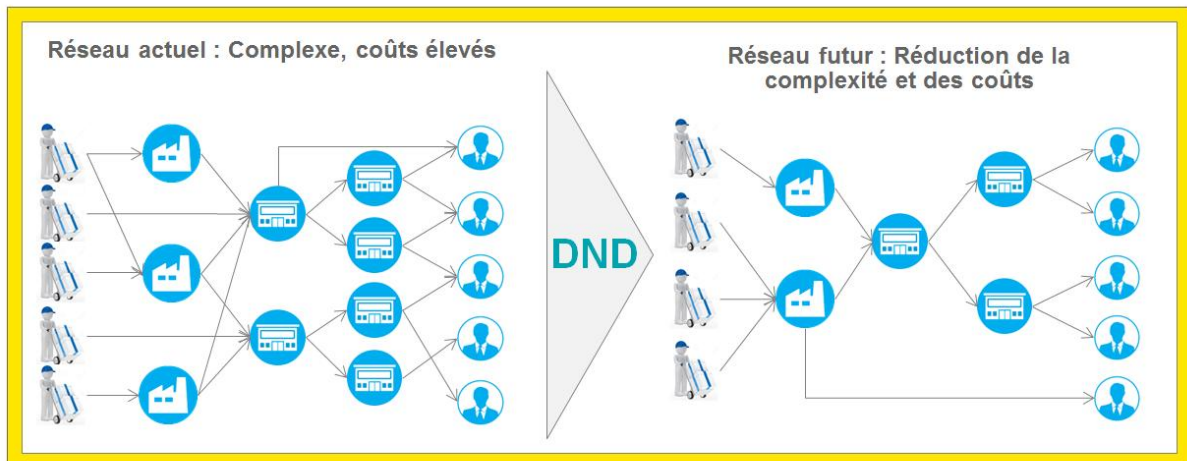


Figure 3.1 : Représentation de l'apport du DND dans la réduction de la complexité de la chaîne logistique

### 3.1.2 Enjeux économiques du Distribution Network Design

Les enjeux économiques qui caractérisent l'activité commerciale sont aujourd'hui de plus en plus complexes. Les entreprises sont face à beaucoup de challenges qui les obligent à être compétitives et à innover continuellement pour aspirer survivre et garder leur place sur le marché. Beaucoup d'entreprises se focalisent aujourd'hui sur des aspects connexes à leur activité principale dans le but de limiter ses coûts, à cause de la grande maturité des marchés et de l'intensification de la concurrence. Un des axes qui attire l'attention de bon nombre de managers est la gestion des coûts et l'optimisation de la chaîne logistique et du réseau de distribution. En effet, plusieurs facteurs influencent la conception d'un réseau de distribution, et qui pourraient être divisés en deux groupes (Chopra & Meindl, 2001). Le premier concerne les coûts supportés et le deuxième concerne le niveau de service offert au client. La figure 3.2 représente ces deux groupes de facteurs.

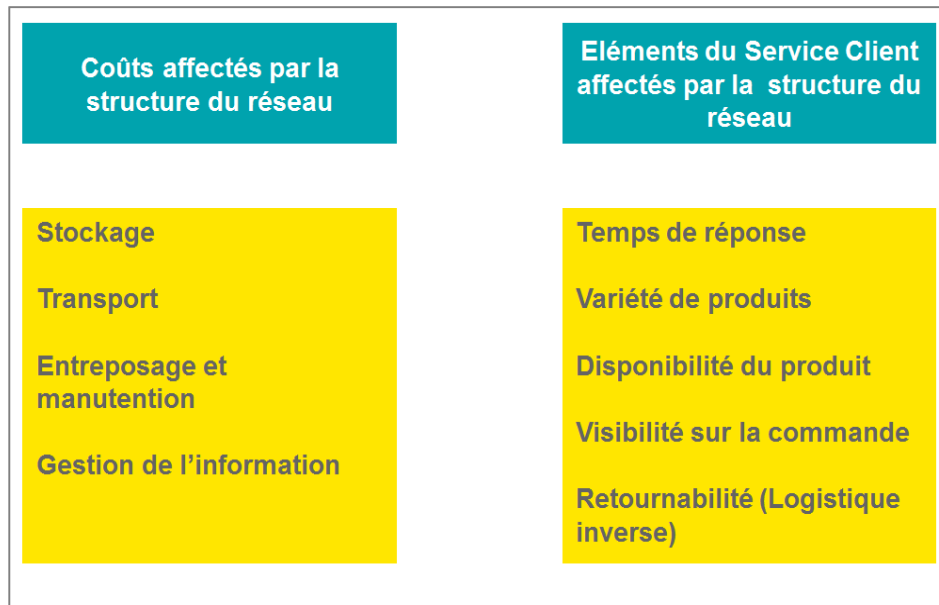


Figure 3.2 : Facteurs influençant la conception d'un réseau de distribution

L'objectif n'est pas uniquement d'amortir et réduire les coûts subis à travers cette chaîne, mais aussi de permettre à l'entreprise d'acquérir un avantage comparatif, résultant d'une innovation dans la gestion de cette chaîne et des perspectives qu'elle offre. Comme cité précédemment, un des principales branches du Supply Chain Management aujourd'hui est la conception du réseau de distribution (DND). Cet outil de pilotage permet à l'entreprise de répondre et de gérer bon nombre de challenges auxquels elle est confrontée régulièrement. Dans ce qui suit, nous abordons les plus importants enjeux qui font que les entreprises se tournent vers le DND pour y faire face (EY, 2012).

**Pression des coûts :** L'entreprise supporte des coûts et capitalisations considérables dans la gestion de sa chaîne logistique. Les différents coûts sont relatifs aux infrastructures (Supply Chain physique), aux approvisionnements, manutentions, stockage et possession, ainsi qu'à l'activité de transport. Une entreprise compétitive se doit de réduire ces coûts, tout en continuant à délivrer un niveau de service satisfaisant à ses clients.

**Globalisation des marchés :** Les marchés émergents sont en continuelle expansion, poussant les entreprises à adapter leur approche de ces marchés. Le facteur clé de succès dans ces marchés est la proximité avec les centres de demande. Ainsi, un réajustement de la chaîne logistique peut être déterminant pour soutenir les objectifs à moyen et long terme de l'entreprise. Cette globalisation pousse aussi les entreprises à une compréhension plus



approfondie de leur chaîne logistique et les facteurs de risques, ainsi que des aspects juridiques et légaux y afférents.

**Volatilité des marchés :** Au cours de ces dernières années, nous assistons à un changement consistant dans les prix des matières premières, prix des énergies (gaz et pétrole, prix du travail et autres prix de l'immobilier. Ces variations n'ont pas été prédites par les entreprises. Ce qui pousse la réflexion autour d'une chaîne logistique à même d'être agile et de s'adapter à la volatilité qui caractérise aujourd'hui l'environnement économique.

**Continuité de la chaîne logistique :** La continuité de l'approvisionnement est menacée par des événements perturbateurs tels que l'instabilité géopolitique, les catastrophes naturelles et la fiabilité des fournisseurs. Les entreprises doivent identifier les risques et élaborer des plans d'atténuation appropriés en termes de redondance, stocks excédentaires et autres voies d'écoulement du produit.

### **3.1.3 Apports du Distribution Network Design**

Le DND peut s'avérer très utile pour l'entreprise pour analyser et revoir la structure actuelle de son réseau de distribution, mais aussi modéliser et concevoir une nouvelle approche et un nouveau réseau de moindre complexité, de façon à réduire les coûts logistiques et maintenir un niveau de service requis. En effet, une modélisation du réseau de distribution dans l'optique d'une restructuration peut déceler des coûts supplémentaires subis par l'entreprise sans valeur ajoutée (EY, 2012). Le DND peut donc servir à identifier ces coûts à travers les différents échelons de la chaîne logistique, tout en trouvant, évidemment un compromis entre la sauvegarde de coûts et le maintien d'un niveau de service requis. D'après une étude effectuée par le cabinet de conseil EY en 2012, le Distribution Network Design peut réduire les coûts opérationnels de 7% à 15%. Les coûts de transport peuvent se voir réduits de 5% à 15% suite à une restructuration efficace du réseau de distribution, tandis que des gains relatifs aux activités de distribution de l'ordre de 12 % peuvent être enregistrés.

Une modélisation de la Supply Chain physique peut permettre d'assurer et d'atteindre les ambitions de vente que se fixe l'entreprise, dans le sens où il n'y a pas que le coût de transport, de possession et de manutention qui sont pris en considération, mais la disponibilité du produit auprès du client, et le maintien d'un niveau de service sont aussi des paramètres qui entrent en considération au moment d'élaborer un modèle de distribution. Le DND peut donc s'avérer un outil qui permettra à l'entreprise de se replacer efficacement sur le territoire, et assurer des volumes de vente plus intéressants, à travers l'emplacement de ses infrastructures et la disponibilité de ses produits au plus proche du client.

La question de la disponibilité est aujourd'hui prépondérante dans toutes les industries, au vu des bouleversements que connaît l'économie mondiale, où l'on voit une abondance de l'offre sur la demande. C'est ainsi qu'il est primordial de se démarquer de la clientèle, et ce par plusieurs facteurs, dont la disponibilité du produit. Cette disponibilité est sujette à la structure du réseau de distribution, qui doit être capable d'approvisionner le client au bon moment, au bon endroit. Dans ce sens, le DND permet de réduire le temps du cycle, et de servir les marchés dans les temps requis (Lead Time) (EY, 2012).

La prise de décision dans la conception d'un réseau de distribution est sujette à plusieurs compromis à faire, tant elles ont un impact direct sur le coût, mais aussi sur d'autres paramètres comme le moyen de transport, le Lead Time, la rapidité d'exécution des procédures, prévisions de la localisation future de la demande, caractéristiques du produit, taxes, etc. La principale décision à effectuer est le nombre de centres de distribution à mettre en place. Plusieurs coûts sont à prendre en considération, notamment le coût de transport, le coût de stockage et possession ainsi que les coûts de manutention. Il est évident que si l'on suit exclusivement la courbe des coûts, une décision optimale du nombre de centres de distribution est à portée de main, mais il faut savoir que l'entreprise est dans l'obligation de considérer d'autres paramètres. Un grand nombre de centres de distribution engendra évidemment des coûts de transport réduits, mais enregistre une lenteur dans l'exécution des procédures. D'un autre côté, un nombre réduit de centres de distribution permet une grande réactivité dans l'exécution des procédures, mais nécessite des moyens de transport spécifiques ou bien coûteux. Il tient donc à l'entreprise de croiser entre ces critères, et trouver des compromis à même de satisfaire les impératifs de son activité, et honorer ses priorités et politique de gestion. La figure 3.3 illustre le compromis à trouver entre les différents paramètres de coûts et qualité de service proposé.

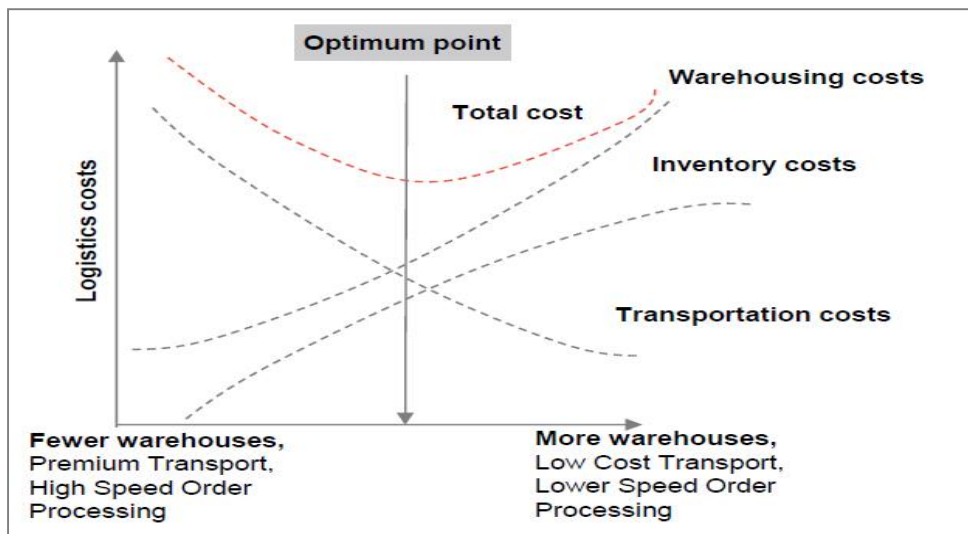


Figure 3.3 : Courbe des coûts logistiques en fonction du nombre de centres de distribution  
(Source : ASLOG, 2008)

Une autre opportunité à saisir au moment de restructurer un réseau de distribution est l'acquisition et le rapprochement de nouveaux marchés jugés à potentiel considérable. En effet, le DND permet une réactivité vis-à-vis des bouleversements des tendances géo-commerciales, en prenant en considération les zones à fort potentiel, nouvellement émergents et au sein desquels l'entreprise peut fructifier son activité (EY, 2012).

Les gains financiers que peut s'assurer l'entreprise lorsqu'il s'agit de restructurer son réseau de distribution ne s'arrêtent pas à des gains relatifs au transport et au stockage. En effet, d'autres coûts indirects à l'activité se verront réduits, comme c'est le cas des taxes indirectes. Selon une étude du cabinet de conseil EY Global, une réduction moyenne allant de 1% à 5% peut être enregistrée dans les dépenses fiscales totales, et peut atteindre 25% de réduction pour les taxes fiscales indirectes (EY, 2012).

Les bénéfices que peut tirer l'entreprise du Distribution Network Design peuvent être multiples. En outre, et en plus de ceux cités ci-dessus, plusieurs autres effets, que l'on peut qualifier d'annexes aux bénéfices principaux, découlent de l'application de reconception d'une chaîne logistique. Une optimisation du réseau de distribution mène généralement à la réduction du nombre d'infrastructures utilisées, de façon à maintenir un niveau de service requis et soutenir la demande initialement mesurée ou anticipée. Cette réduction du nombre d'infrastructures engendre aussi une simplification des procédures de gestion, et réduit de ce fait sa complexité. Cela peut jouer un rôle important dans la proactivité de l'entreprise, et lui permettra de réagir en temps voulu aux éventuels changements de son environnement. Le

DND peut aussi aider l'entreprise à faciliter l'introduction de nouveaux produits et l'intégration de nouvelles acquisitions (EY, 2012). Les améliorations apportées par la reconception du réseau de distribution sont considérables. Cela a pour effet d'inscrire l'entreprise dans une optique et politique d'amélioration continue. Le DND est un outil de pilotage de la chaîne logistique, et se doit d'être utilisé sur le long terme pour parer aux bouleversements de l'environnement de l'entreprise. Il ne doit pas être utilisé fatidiquement en une seule fois. Il permet donc à l'entreprise de continuellement surveiller sa chaîne logistique en fonction de paramètres et caractéristiques du milieu dans lequel elle évolue, et lui permet de parer à toutes les éventualités. Le DND est une marque de différenciation, et peut être considéré comme étant un avantage comparatif lui permettant de se distinguer par sa maîtrise de sa chaîne logistique qui est aujourd'hui source d'intérêt de la part des entreprises.

### **3.2 Procédure d'implémentation du Distribution Network Design**

Après une définition de la discipline du Distribution Network Design (DND), et la présentation des enjeux économiques conduisant les entreprises à avoir recours à cette solution, ainsi que les apports dont peut bénéficier l'entreprise avec cette solution, nous traitons dans ce point la procédure d'implémentation d'une problématique de DND. Pour l'élaboration d'un tel problème, l'exploitation d'une large variété de données est nécessaire, en tant qu'inputs au modèle, avant de procéder à des simulations et optimisations pour permettre au preneur de décision de choisir la solution la plus avantageuse.

La première étape est donc le développement d'un modèle permettant d'analyser la situation actuelle, et ainsi réfléchir aux situations futures. Pour cela, plusieurs types d'informations (qui peuvent être des données, des contraintes ou des volumes) sont nécessaires, relatives à l'approvisionnement, la production, le stock, les taxes indirectes, le transport, la demande, la concurrence, etc.

La deuxième étape est la conception de scénarios possibles pour la configuration future de la chaîne logistique. Il s'agit d'envisager et de prioriser tous les scénarios plausibles, et ayant le potentiel d'améliorer la performance de l'entreprise et de consolider son positionnement sur le marché. Ces scénarios sont aussi développés avec une optique d'atténuation des risques relatifs à la volatilité des conditions du marché, ou autres menaces pour la continuité de la chaîne d'approvisionnement.

Après l'élaboration des scénarios, l'étape suivante est le calcul mathématique et l'optimisation des performances de la chaîne logistique. Le terme performance fait référence aux critères choisis par le décideur comme étant les paramètres à optimiser (Cela peut être des coûts, des distances, des niveaux de service, des temps, etc. ou des combinaisons de ceux-ci). Ces optimisations sont en général effectuées pour minimiser un coût, ou maximiser un profit, en conformité avec la définition du scénario et de ses contraintes.

Après analyse de tous les scénarios possibles, ainsi que les configurations optimales de chaque scénario, il est question de décider quel est le scénario retenu. Cette étape est destinée à un haut niveau hiérarchique de décision (stratégique). L'implémentation de la configuration la plus avantageuse peut durer quelques années, et c'est pourquoi ce type de décision est destiné au Top Management.

La dernière étape de l'implémentation d'une solution de DND est le suivi et l'évaluation continue du réseau de distribution conçu. Cette étape est primordiale pour le succès d'une politique de distribution, car le dynamisme qui la caractérise permet à l'entreprise de parer à toutes éventualités, et d'être réactive aux changements opérés dans son environnement. Une des « best practices » de la discipline du Distribution Network Design est la conception d'un modèle de distribution dynamique, qui tend à s'étaler dans le temps, et non pas concevoir un modèle rigide et stable. La première étape citée ci-dessus est considérée comme étant l'étape suivante de celle que nous développons ici. Ceci pour permettre à l'entreprise d'auditer continuellement la performance de sa chaîne logistique.

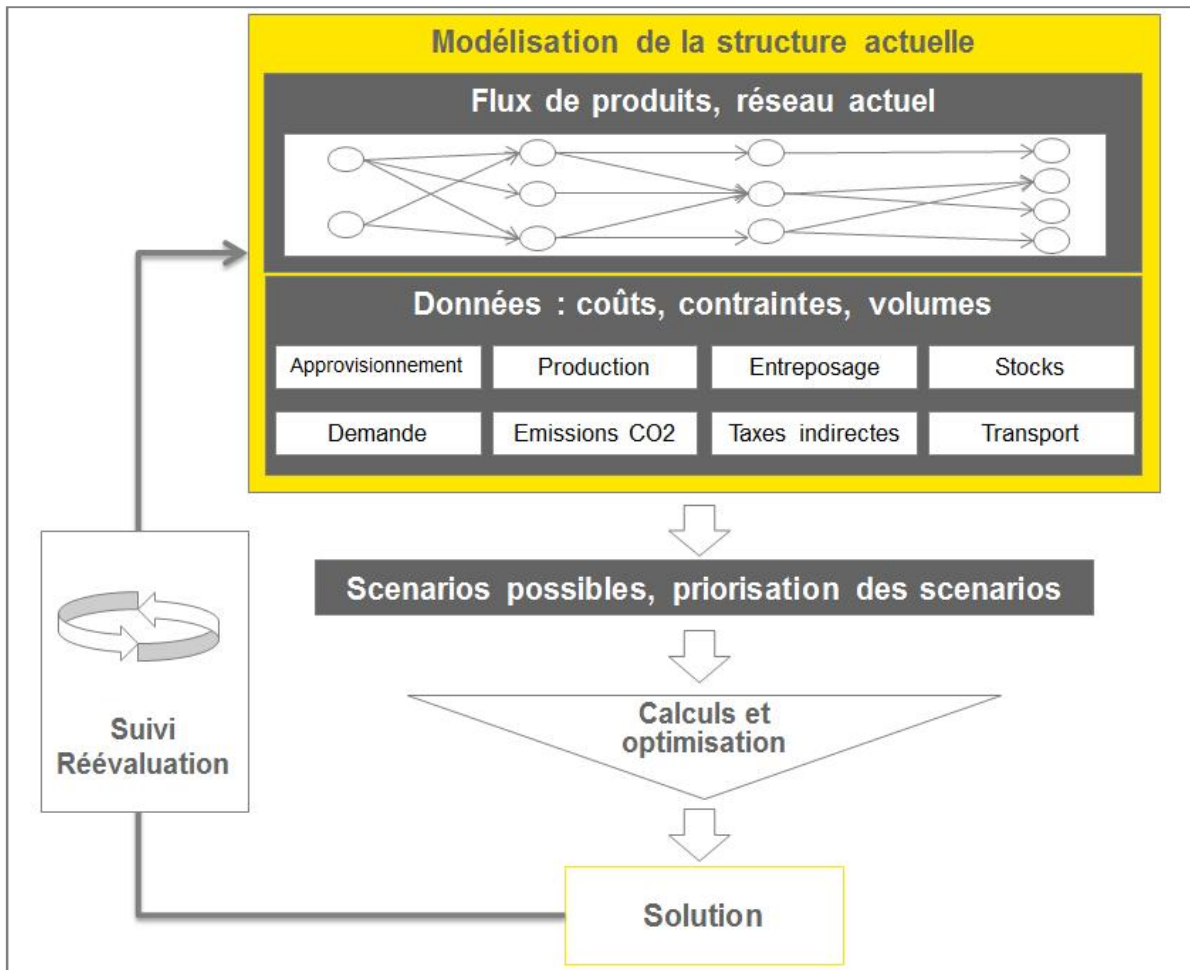


Figure 3.4 : Procédure d'implémentation du problème de Distribution Network Design

En guise de représentation synthétique des étapes présentées ci-dessus, la figure 3.4 reprend la procédure d'implémentation du problème de Distribution Network Design.

### 3.3 Etat de l'art

Dans cette partie, nous entamons une partie importante dans la compréhension de la discipline de Distribution Network Design (DND). Après une présentation tournée essentiellement vers l'entreprise et le monde professionnel, à travers ses applications concrètes et ses apports, nous abordons ici un état de l'existant dans les problématiques de DND. Des notions essentielles sont définies et développées, pour une meilleure compréhension des aspects liés à la discipline. Nous présentons aussi les méthodes de résolution les plus courantes et adaptées à ce type de problématique. Après cela, une revue de littérature est effectuée pour recenser les travaux effectués par le passé dans cette discipline.

### 3.3.1 Notions essentielles

Les problématiques de Distribution Network Design font appel à plusieurs notions simultanément. En plus d'une réflexion au niveau stratégique sur la politique à appliquer, ainsi qu'une connaissance accrue de l'activité en question, il est aussi indispensable de maîtriser les outils mathématiques permettant à la fois de modéliser et de résoudre ce type de problème. La seule formalisation de ce problème peut s'avérer d'une complexité avérée. Les problématiques de DND sont communément appelés Location Allocation Problem, ou bien Facility Location Problem (FLP). Les problématiques de type FLP sont abordées par les chercheurs depuis le problème d'emplacement-localisation formalisé par Weber en 1909, et depuis, ce type de problématique est traité plus largement, aboutissant à différentes classifications et répondant à divers besoins (Arifin, 2010). Dans ce qui suit, et avant d'aborder une revue des travaux effectués dans le DND, présents dans la littérature, il serait judicieux de s'arrêter sur des notions importantes qu'il est important de bien assimiler avant d'aborder la modélisation et la résolution d'un problème de Distribution Network Design.

**Infrastructure (Facility):** Le terme Infrastructure est utilisé dans les problématiques FLP pour définir un objet dont la position spatiale est optimisée grâce à un modèle ou algorithme tenant compte des interactions avec d'autres objets préexistants. Quelques exemples d'infrastructures : Hôpital, Université, Ecole, Centre de Distribution, Caserne de protection civile etc. Les infrastructures peuvent être caractérisées par leur type, nombre, coûts etc. Dans la majorité des problèmes de type FLP, une des propriétés des infrastructures est le nombre de nouvelles infrastructures à installer dans la zone géographique étudiée. En général, les problèmes présents dans la littérature concernent l'installation de plusieurs infrastructures instantanément, tandis que les modèles prévoyant l'installation d'une seule infrastructure sont moins nombreux.

Une autre caractéristique des infrastructures est le type. La typologie inclut la capacité et le type de services proposés par l'infrastructure. Cette dernière peut être considérée à capacité limitée ou illimitée, en prenant en considération son aptitude à répondre à la demande. Si une infrastructure peut répondre à une demande infinie, elle est considérée comme étant à capacité illimitée, et si elle ne peut répondre qu'à une partie de la demande globale, elle est considérée à capacité limitée. Pour ce qui est de la caractéristique du service proposé, une infrastructure est capable de fournir un seul ou plusieurs services simultanément. Un exemple d'infrastructure qui fournit un seul service est le restaurant qui ne fournit que le

seul service d'alimentation, et un exemple d'infrastructure fournissant une multitude de service est l'hôpital, qui possède différents services de santé indépendants.

Le coût est une autre caractéristique de l'infrastructure à prendre en considération dans les problèmes FLP. Les coûts peuvent être de deux types : fixes et variables. Les coûts fixes concernent l'ouverture d'un parc, tandis que les coûts variables sont relatifs au(x) service(s) proposé(s).

**Demande (ou Clients) :** Le second point essentiel des problématiques et algorithmes traitant du DND est la demande, qui est aussi considérée comme (ou appelée) Clients. Une demande, ou un client, est une personne qui exprime le besoin d'accéder à un service, ou de s'approprier un bien (Scaparra & Scutellà, 2010). Tandis que les problématiques d'emplacement-affectation des infrastructures sont directement reliées à la satisfaction de la demande, il est important de connaître et maîtriser sa distribution, quantité et comportement (Arifin, 2010). Si nous considérons la distribution de la demande dans un espace, elle peut être assignée de différentes façons :

- Uniformément à travers une surface ou réseau,
- Assignée à un point spécifique (géocodage) d'une surface,
- Assignée au barycentre d'une surface,
- Assignée aléatoirement sur une surface, pour simuler le problème s'il n'existe pas de données.

En plus de l'assignement de la demande, un autre obstacle se dresse lorsqu'il s'agit de maîtriser celle-ci, en l'occurrence l'uniformité ou non de la demande. Dans les problèmes classiques de DND, la demande est traitée avec des valeurs pondérées. Dans ses travaux, Murray (2010), considère que la distribution de la demande peut être uniforme ou irrégulière. Une demande pondérée engendre l'agrégation de quelques clients (ou demandes) en un seul. D'après Sadigh et Fallah (2009), si le nombre de clients à traiter dans le problème est très grand, il est plus judicieux d'utiliser une demande pondérée.

La demande peut aussi être de nature déterministe ou stochastique. Dans le cas d'une demande de nature déterministe, cette dernière est maîtrisée, et préalablement connue lorsqu'elle est utilisée dans le modèle. Dans le cas d'une demande stochastique, la demande peut varier en fonction du type ou du service délivré par l'infrastructure (Arifin, 2010).



**Localisation (ou Espace) :** La troisième composante essentielle des problématiques de DND est la localisation, ou espace. Il existe deux types de représentation de l'espace dans les problématiques de DND : représentation discrète ou continue (Arifin, 2010).

Dans un modèle de représentation discrète de l'espace, une hypothèse est posée selon laquelle les infrastructures potentielles sont préalablement connues. Ces modèles sont appelés Modèles de sélection de sites, puisque les meilleurs sites sont choisis parmi un panel de potentielles infrastructures. Les emplacements des potentiels sites sont sélectionnés par le preneur de décision, suivant des facteurs géographiques ou économiques (disponibilité des terres, présence d'une structure, présence dans une région, concentration de l'activité dans une région, etc.).

Certaines problématiques de DND considèrent une modélisation de l'espace comme étant continu. Une ou plusieurs coordonnées varient continuellement pour explorer et déterminer les localisations possibles des infrastructures. Dans ces modèles, l'espace est considéré comme étant euclidien. Ce type de modèles est aussi appelé Modèle générateur de site, du fait qu'il n'y a pas de localisation préalable de potentiels sites dans le modèle, et les sites sont générés comme output par le modèle

### 3.3.2 Méthodes de résolution des problématiques de DND

Il existe différentes méthodes de résoudre une problématique de conception d'un réseau de distribution. Le Distribution Network Design Problem est très répandu et traitée dans le domaine de la recherche opérationnelle. Des modèles mathématiques sont développés pour traduire les attributs du réseau à concevoir, ainsi que ses objectifs et contraintes à respecter. Dans ce qui suit, nous citons quelques méthodes et modèles de résolution qui traitent cette problématique.

#### *Simple Plant Location Problem*

Le modèle le plus étudié est le problème de localisation simple d'unité de production, appelé « Simple Plant Location Problem ». Soit  $I$  un ensemble de potentiels emplacements des unités de production (de produits uniformes). Une infrastructure peut être mise en service dans chacun des emplacements  $i \in I$ , et l'ouverture de chaque infrastructure est caractérisée par un coût  $C_i$  non négatif. Toutes les infrastructures ouvertes sont considérées à capacité illimitée, et peut fournir une capacité illimitée de marchandise. Soit aussi un ensemble  $J$  de

points de demande pour le produit fourni par les unités de l'ensemble I. Pour toute paire (i, j) est donné un coût de transport  $g_{ij} > 0$ . L'objectif est de déterminer un sous-ensemble S non-vide et inclus dans I, et qui contient les infrastructures à mettre en service, et aussi d'affecter les points de demande vers ces infrastructures sélectionnées, de façon à minimiser un coût total, d'ouverture  $C_i$  et de transport  $g_{ij}$ . Le problème peut être écrit comme suit :

$$F(S) = \sum_{i \in S} C_i + \sum_{j \in J} \min_{i \in S} g_{ij}$$

Le problème posé est une généralisation d'un modèle appelé « *Set Covering Problem* », et est un problème de complexité NP-Hard (Mirchandani & Francis, 1990). Ce modèle est résolu par des algorithmes exactes, des algorithmes d'approximation avec garantie de performance constante et des heuristiques lagrangiennes.

### ***Capacitated Facility Location Problem***

Le problème de localisation d'infrastructures à capacité limitée (appelé « *Capacitated Facility Location Problem (CFLP)* ») est une généralisation du Simple Plant Location Problem. La différence est la supposition que chaque infrastructure peut produire une quantité limitée de marchandise. Ceci est une hypothèse forte et répandue. Tandis que les modèles mathématiques pour ces deux problèmes ne sont pas très différents, la résolution d'un CFLP est plus difficile. Les meilleures méthodes de résolution du CFLP sont les méthodes de relaxation lagrangienne et les méthodes de génération de colonnes. Nous décrivons ici le modèle mathématique sous forme de programme en nombres entiers. Soit I un ensemble de potentiels emplacement pour les infrastructures, caractérisée chacune par un coût d'ouverture  $C_i > 0$ .  $V_i$  est la capacité de production maximale de l'infrastructure i. l'ensemble J représente les points de demande. Pour route paire (i, j),  $g_{ij} > 0$  est le coût de production et de transport, et  $p_{ij} \geq 0$  est la valeur transportée de l'infrastructure i vers le point de demande j.

Définissons les notations suivantes :

$$y_i = 1 \text{ si l'infrastructure } i \text{ est ouverte; } 0 \text{ sinon}$$

$$x_{ij} = 1 \text{ si le client } j \text{ est desservi par l'infrastructure } i; 0 \text{ sinon}$$

Ainsi, le Capacitated Facility Location Problem peut être écrit comme suit :

$$\min\{\sum_{i \in I} C_i y_i + \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} g_{ij} x_{ij}\}$$

**Sous contraintes :**

$$\sum_{j \in J} p_{ij} x_{ij} \leq V_i y_i \quad i \in I,$$

$$\sum_{i \in I} x_{ij} = 1, \quad j \in J,$$

$$x_{ij}, y_i \in \{0, 1\} \quad i \in I, j \in J,$$

### ***Problème p-médian***

Le problème p-médian est pratique pour la modélisation des situations réelles, comme la localisation d'infrastructures publiques ou industrielles, centres de distribution et autres. Le problème p-médian diffère du Simple Plant Location Problem (qui peut aussi être appelé Uncapacitated Facility Location Problem), dans deux points : dans le problème p-médian, il n'y a pas de coûts d'ouverture d'une infrastructure, et il n'existe pas de borne supérieure du nombre de centres de distribution à ouvrir. Il est de complexité NP-Hard (Mirchandani & Francis, 1990). Soit I un ensemble d'emplacements potentiels pour p infrastructures, et J un ensemble de points de demande, et  $g_{ij}$  les coûts de transport pour satisfaire la demande du consommateur j à partir de l'infrastructure i. Le problème p-médian consiste à localiser p infrastructures parmi les emplacements potentiels contenus dans I, et dont le but est de minimiser le coût total de transport pour satisfaire la demande des clients. Chaque client est desservi par l'infrastructure la plus proche parmi les p infrastructures sélectionnées.

Nous pouvons écrire le modèle p-médian sous la forme restreinte suivante :

$$F(S) = \sum_{j \in J} \min_{i \in S} g_{ij} \rightarrow \min_{S \subset I, |S|=p}$$

### **3.3.3 Revue de littérature des travaux de Distribution Network Design**

Plusieurs travaux de recherche sont présents dans la littérature concernant la branche de Distribution Network Design, et plus spécifiquement les problématiques de localisation d'infrastructures (Facility Location Problem (FLP)). Avant d'aborder les travaux consultés dans le cadre de ce travail, il est utile de nommer quelques revues de littérature déjà existantes dans la littérature, ainsi que les classifications effectuées par leurs auteurs. Brandeau & Chiu (1989) ont recensé et distingué entre les travaux traitant de la localisation des infrastructures, et de l'affectation. Ces chercheurs ont donné un aperçu des problèmes majeurs en FLP, et ont

brièvement décrit les différents types de ces problèmes, qu'ils ont classifiés en trois catégories : suivant l'objectif, suivant les variables de décision et suivant les paramètres du système.

La classification suivant les objectifs est basée sur l'optimisation de certaines valeurs à travers une fonction objectif. La classification suivant les variables de décision est basée sur l'infrastructure (sa nature), le nombre d'infrastructures, leur localisation etc. Pour la classification suivant les paramètres du système, Brandeau et Chiu avancent qu'elle est basée sur la topologie de la structure (arête, arbre, réseau, plan, espace n-dimensionnel), la métrique utilisée pour la modélisation du transport (rectiligne, Euclidienne, suivant des contraintes du réseau), ainsi que sur les coûts de transport, le temps, la demande, etc.

Un autre état de l'existant a été effectué par Daskin (1995), cité par Murray (2010). Contrairement à la classification effectuée par Brandeau et Chiu, Daskin a utilisé des classifications plus spécifiques basées sur la nature du secteur dans lequel le FLP est déroulé (secteur privé ou public), le nombre d'infrastructures à installer (une ou plusieurs infrastructures « *single facility or multiple facility* »), la représentation de l'espace et de la demande (voir § 3.3.1), la dynamique (modèle figé dans le temps, ou valable pour une période), type de solution (exacte, heuristique ou méta heuristique), ainsi que sur une considération des infrastructures existantes.

Dans le même contexte, Murray (2010) a introduit, en addition à la classification de Daskin qu'il a citée, d'autres paramètres capables de différencier entre les modèles de FLP, et de DND, de façon générale. Murray juge que des paramètres comme la mesure de la distance (Euclidienne, rectangulaire, basée sur le réseau), la représentation des infrastructures et des points de demande (point, ligne, polygone, objet), la distribution de la demande (uniforme, irrégulière ou autres) ainsi que le nombre de services proposés par les infrastructures, peuvent avoir pour effet de distinguer entre les différents types de modèles traitant la localisation d'infrastructures, et l'affectation optimale des points de demande vers celles-ci.

Après une présentation des revues de littératures précédemment effectuées et ponctuées par la classification des problématiques de FLP, nous traitons ici les articles et autres travaux consultés dans le cadre du projet effectué. De nombreuses recherches sont présentes dans la littérature, et qui étudient les problématiques de FLP. Dans notre travail,

nous nous focalisons essentiellement sur les travaux qui développent ou considèrent des réseaux de distribution à caractère déterministe.

Geoffrion et Graves (1974) présentent une nouvelle méthode de résolution des problématiques qui traitent la détermination des localisations optimales des centres de distribution entre les clients et les unités de production. Ces deux chercheurs ont développé un algorithme basé sur la décomposition de Bender pour la résolution du problème de localisation d'infrastructures. Brown et al (1987) ont développé un modèle en nombre entiers mixtes pour l'élaboration d'un réseau de distribution, qui contient des unités de production et des centres de distribution à localiser. L'objectif du modèle en question est de minimiser les coûts variables (de production et de transport) et les coûts fixes relatifs aux équipements et aux opérations de production. Ils ont utilisé une décomposition primaire, avant de procéder par une programmation en nombres entiers mixtes.

Pirkul et Jayaraman (1996) ont étudié un système multi-échelon, contenant les activités de production, distribution et transport. Les auteurs ont utilisé une heuristique basée sur une relaxation lagrangienne pour trouver une solution réalisable. Jayaraman (1998) a, dans un autre article, élaboré un modèle de distribution avec la soumission des centres de distribution à une contrainte de capacité, ce qui implique donc la localisation d'un nombre suffisant de centres de distribution pour satisfaire la demande des clients pour plusieurs produits. Une extension de ce modèle a été traitée par Pirkul et Jayaraman (2001) en ajoutant une localisation d'unités de production, en plus des centres de distribution localisés par le modèle précédent. Dans ce sens, ils utilisent une même heuristique basée sur la relaxation lagrangienne.

Tragantalerngsak et al (2000) ont étudié un système de distribution à deux échelons dans une problématique de localisation d'infrastructures (FLP), et dans lequel les infrastructures du premier échelon sont considérées à capacité illimitée, et celles du second à capacité limitée. Le but de leur modèle est de déterminer le nombre et la localisation optimaux des infrastructures dans les deux échelons pour satisfaire la demande globale des clients. Les auteurs ont utilisé l'algorithme de Branch and Bound basé sur une relaxation lagrangienne pour résoudre le problème.

### 3.4 Utilisation de l'approche de clustering dans le Distribution Network Design

En quête des modèles les plus réalistes et réalisables, le Distribution Network Design autant que discipline englobe certains concepts novateurs propres à d'autres domaines. Une des approches les plus reprises ces dernières années et qui surtout vu un essor dans la grande distribution est l'approche par clustering des clients.

#### 3.4.1 Principe fondamental du Clustering

##### Présentation de l'approche

Le *regroupement* ou *clustering* est une analyse multidimensionnelle qui vise à partitionner l'ensemble des objets. Une *partition* est une division de l'ensemble en sous-ensembles, telle que chaque objet appartienne à une et une seule sous-collection ou groupes, ceux-ci étant mutuellement exclusifs: par exemple, une espèce biologique ne peut appartenir à deux genres en même temps).

Le processus de clustering vise à construire des groupes (clusters) d'objets similaires à partir d'un ensemble hétérogène d'objets. Chaque cluster issu de ce processus doit vérifier les deux propriétés suivantes (Voir Figure 3.5):

1. *La cohésion interne* : les objets appartenant au cluster soient les plus similaires possible.
2. *La cohésion externe* : les objets appartenant aux autres clusters soient les plus distincts possibles.

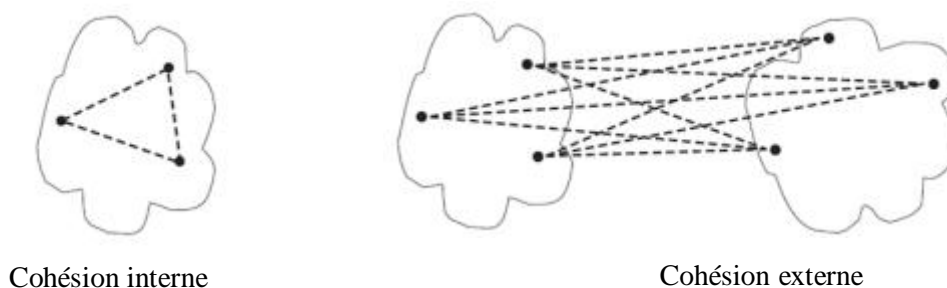


Figure 3.5: Critères de cohésion au sein d'un cluster

Le clustering (ou regroupement) est utilisé dans divers domaines : la vision artificielle, la biologie, l'analyse des données, le géo-marketing et bien d'autres. Par exemple, le Web Mining et le géo-marketing pour la prospection, la réduction de la dimension des bases de données, et dans le domaine industriel qui nous intéresse particulièrement, à construire des groupes de clients appartenant à une même tournée.

### Processus du clustering

Etant donné un ensemble d'objets  $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$  dans l'espace des attributs  $A^d$ , avec  $d$  : dimension de l'espace,  $n$  : le nombre d'objets.  $x_i = (x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{id})$  représente le  $i^{\text{ème}}$  objet ; et  $x_{ij}$  correspond à la valeur du  $j^{\text{ème}}$  attribut pour le  $i^{\text{ème}}$  objet. Le but principal du clustering est la recherche des structures similaires dans l'espace d'objets  $A^d$  pour construire un ensemble  $Q$  de clusters tel que  $Q = \{q_1, q_2, \dots, q_m\}$ ;  $m$  étant le nombre de clusters  $q$ .

La figure 3.6 représente les étapes d'un processus de clustering.

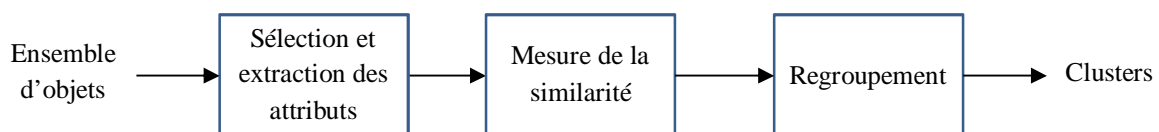


Figure 3.6 : Etapes du processus de clustering

### 3.4.2 Techniques de Clustering

Dans la littérature, on distingue deux (02) principales familles de techniques de clustering : Le clustering hiérarchique et le clustering par partition.

**Le clustering hiérarchique** : son but est de former une hiérarchie de clusters, de manière à ce que plus on descend dans la hiérarchie, plus les clusters deviennent spécifiques. Ainsi, il ne produit pas une seule partition mais une hiérarchie de partitions emboîtées. On compte deux (02) catégories d'algorithmes hiérarchiques : les méthodes ascendantes et les méthodes descendantes. Dans une méthode ascendante, le nombre de clusters dans la partition initiale est équivalent au nombre d'objets ( $m=n$ ). Puis on cherche séquentiellement un couple de clusters  $(q_i, q_j)$  pouvant être fusionnés s'ils maximisent la mesure de similarité pré-déterminée.

**Le clustering par partition** : son but est de former un ensemble de partitions dans l'espace des objets, de telle sorte que chaque partition représente un cluster. Les algorithmes de cette catégorie se basent :

- sur la densité, où on le cherche à former des clusters denses représentant des régions homogènes de haute densité entourées par des régions de plus faible densité ;
- sur les grilles, où une grille est utilisée pour partitionner l'espace d'objet en un ensemble de cellules, puis d'identifier les ensembles de cellules denses et connectées ;
- sur la théorie des graphes, dont le principe est de déterminer les arcs à conserver dans un graphe connexe joignant tous les objets, afin de former des clusters ;
- sur une approche probabiliste.

Les recherches bibliographiques menées pour l'élaboration de ce travail, nous ont permis de connaître des algorithmes du clustering de partition se basant sur l'approche probabiliste et la minimisation de fonctions objectives. Nous choisissons d'omettre la présentation de ces derniers, puisqu'ils n'apportent aucun apport scientifique à notre présente étude.

Dans les algorithmes de clustering hiérarchique, on constate une importante complexité en temps et en espace. En effet, comme la partition de départ est constituée de  $n$  clusters avec un objet par cluster, on doit calculer (temps) et stocker (espace) les distances entre chaque couple de clusters. Cette complexité, donc quadratique, est à éviter pour de grandes tailles de données.

### **3.4.3 Types de mesures de la similarité de la distance**

Lorsqu'un clustering est effectué, une mise à jour des nouvelles distances entre les clusters est nécessaire. Plusieurs méthodes se basant sur les principes de la géométrie ont été utilisées comme le centre de gravité ou le barycentre entre plusieurs clusters. Cependant, ces principes restaient assez inadaptes aux problèmes de regroupement, des auteurs ont alors développé des mesures de similarité [Barreto et al., 2007]. Il existe trois types de mesures de similarité de la distance dans le clustering :



- **Lien minimum (Single-linkage)**, où la similarité entre deux clusters est le minimum des distances entre toutes les paires de données entre deux clusters.
- **Lien complet (Complete-linkage)**, où la similarité est définie par le maximum de ces distances.
- **Distance moyenne (average-linkage)**, où la similarité est définie par la moyenne des distances des deux clusters.

### 3.4.4 Analyse de la qualité d'un cluster

Comme nous l'avons cité précédemment, un cluster doit vérifier une cohésion interne et externe pour être jugé valide. Des indices de validité des clusters ont été introduits pour mesurer la qualité d'un clustering. Dans le cas du clustering appliqué aux problèmes de localisation-allocation, on utilise généralement l'index de Dunn qui identifie la densité et la séparation des clusters. Il revient à calculer le ratio entre le minimum de la distance intra-cluster et le maximum de distance inter cluster.

$$D = \frac{\min_{1 \leq i < j \leq m} d(q_i, q_j)}{\max_{1 \leq k \leq m} d'(k)}$$

où  $d(i,j)$  représente la distance entre les clusters  $q_i$  et  $q_j$ , et  $d'(k)$  mesure la distance inter cluster. Les algorithmes produisant des clusters avec un index de Dunn important sont les plus intéressants (Dunn, 1974).

### Conclusion

Il a été présenté dans ce chapitre une base théorique du Distribution Network Design, ainsi que de la démarche de clustering, pour mieux assimiler la teneur de notre travail. Une revue bibliographique a aussi été présentée, afin de faire ressortir l'importance de cette discipline. Après cela, nous présentons, dans le chapitre suivant, les modèles mathématiques élaborés, et ayant permis de résoudre les différentes problématiques énoncées.

**CHAPITRE 4 :**  
**Conception des modèles**  
**mathématiques**

## **CHAPITRE 4 : CONCEPTION DES MODELES MATHEMATIQUES**

### **Introduction**

La gestion de la chaîne logistique d'une entreprise requiert des décisions stratégiques, comme la détermination du nombre et de l'emplacement des infrastructures à chaque échelon de cette chaîne (Izadi & Kimiagari, 2014). Le problème typique dans ces décisions est le choix optimal de  $p$  infrastructures parmi un panel de  $n$  potentielles infrastructures. Un autre type de décision, tout aussi prolifique à l'entreprise en termes d'optimisation des coûts est l'affectation des points de demande vers les infrastructures, à chaque interface entre deux échelons. Dans le cas considéré, il s'agit de déterminer l'emplacement optimal de centres de distribution d'un constructeur automobile en Algérie, en l'occurrence HMA.

Dans ce sens, nous procéderons par une analyse par scénarios, en présentant, à chaque situation, l'environnement ayant poussé à son expansion. Après une modélisation de la chaîne logistique actuelle (Chapitre 2, Page 28) dans laquelle une simulation des coûts de transport supportés par les agents a été faite, nous commençons, dans ce qui suit, par proposer une réaffectation des points de vente actuels vers les parcs actuellement ouverts. Le choix de commencer par cette situation est argumenté par une volonté d'être une force de proposition auprès de la maison-mère, et éventuellement permettre une plus grande visibilité sur les bénéfices apportés par les autres configurations proposées.

Nous passerons donc, par la suite à considérer un panel de dix-sept (17) centres de distributions, dont le choix primaire sera objectivement discuté, pour en choisir un nombre optimal de centres de distribution à ouvrir, ainsi qu'une affectation optimale des agents agréés vers ces centres de distribution, en prenant en considération les coûts de transport supportés. Nous commencerons par une modélisation qui aura pour contrainte la sauvegarde de deux centres de distribution actuellement ouverts (une justification de cette procédure sera donnée dans ce chapitre), puis nous discuterons de l'éventualité de restructurer, sans aucune contrainte, le canal de distribution actuellement disponibles.

Les différentes étapes ayant été présentées, le présent chapitre aura pour sujet la présentation des modèles mathématiques construits à chaque situation. Nous présentons

dans ce qui suit les variables de décisions retenues, ainsi que les différentes données traitées. L'objectif d'optimisation des coûts globaux de transport est présenté à travers une fonction « objectif », soumise à des contraintes relatives à la politique de distribution discutée ci-dessous.

### **4.1 Tenants de la politique de distribution**

Avant de présenter les modèles mathématiques utilisés dans le cadre de ce projet et les données exploitées, il est important de mettre le point sur les bases du réseau de distribution, et sur la politique de distribution prônée par l'entreprise. Evidemment, il existe des directives dictées par l'entreprise et alignées à sa politique de développement, et d'autres contraintes et restrictions imposées par l'activité et l'industrie. Dans ce point, nous détaillons deux points importants ayant orienté notre raisonnement lors de l'élaboration des modèles de distribution à étudier.

#### **4.1.1 Type de partenariats concessionnaires – agents agréés**

La particularité de l'industrie automobile peut considérablement influencer sur les décideurs au moment d'élaborer une stratégie de gestion. La plus grande particularité est évidemment la nature du produit. La taille d'un véhicule est considérable, ce qui rend les perspectives de transport plus réduites. Les bénéfices engrangés dans l'industrie automobile sont certes conséquents, les volumes de ventes sont moyens. La nature de la relation entre un concessionnaire et ses points de vente agréés est aussi particulière. Il existe deux types de relations entre ces deux parties :

- Achat-revente : L'agent agréé est simplement considéré comme étant un client du concessionnaire. C'est une configuration en flux tirés par l'agent. Ce type de partenariat consiste en un achat des véhicules au comptant de la part des agents, qui se doivent d'afficher des prix définis par le concessionnaire. Les frais de transport sont supportés par l'agent.

- Dépôt-Vente : Ce type de partenariat est le plus souvent utilisé par les concessionnaires. Cela consiste en une gestion partielle des stocks des agents de la part du concessionnaire. Ce dernier alimente les parcs des agents en véhicules, suivant ses prévisions ou sur proposition de l'agent. Ce dernier est tenu de vendre ces véhicules en contrepartie d'une commission fixée par le concessionnaire. C'est une configuration à flux

poussés par le concessionnaire qui, du coup, prend à sa charge les frais de transport. Cette configuration est, d'un point de vue fiscal, profitable pour les agents car leurs seuls revenus sont les commissions versées par le concessionnaire. Les agents ne présentent pas de chiffre d'affaires, et ainsi, les coûts indirects fiscaux sont de moindre envergure que pour la première configuration qui, pour rappel, stipule un achat de véhicule au comptant de la part des agents.

Actuellement, au sein de Hyundai Motor Algérie, c'est le premier type de partenariat qui est en place. Le système d'achat-revente est aujourd'hui péniblement supporté par les agents, du fait des grands coûts de transport supportés, et de la dispersion de ces coûts au sein de la population des agents. Le projet de passer à une configuration de dépôt-vente est fortement recommandée par les agents agréés. Notre conception du modèle de distribution repose cependant sur le type actuel de partenariat. Cela dit, la dynamique dont se caractérisent les problématiques de DND permet une adaptation facile de ce modèle, au cas où le type de partenariat venait à changer. L'influence du type de partenariat entre le concessionnaire et les agents sur notre modèle se situe dans l'identification de l'objectif à atteindre. Dans notre cas, et à la base d'un partenariat d'achat-revente dans lequel les coûts de transport sont supportés par les agents, notre objectif est d'optimiser les coûts de transport à partir des centres de distributions vers les agents. L'emplacement des potentiels centres de distribution a aussi été implémenté dans une optique de les rapprocher des centres de demande, que sont les agents agréés. Dans d'autres circonstances (Dépôt-Vente), le coût de transport à partir du port de Jijel vers les différents centres de distribution peut aussi être pris en considération. Si ce coût est pris en considération, les résultats du modèle se retrouveront différents de ceux obtenus sans la considération dudit coût, car ces derniers sont plus conséquents, au vu des volumes transportés dans l'interface de ces deux échelons (Port – Centres de distribution)

### **4.1.2 Affectation exclusive**

Dans la simulation de la situation actuelle du réseau de distribution au sein de Hyundai Motor Algérie, nous avons mis l'accent sur la particularité que tous les agents s'approvisionnent à partir d'un seul parc : celui de Jijel. Nous avons aussi mis le point sur les cas particuliers rencontrés par les agents, dans lesquels ils se voient contraints d'aller chercher un ou deux véhicules à partir d'un parc autre que celui de Jijel. Cet état de fait est une conséquence de l'absence d'affectation des agents vers des parcs prédéfinis.

Dans notre modèle de distribution, nous posons la contrainte d'une affectation exclusive de chaque agent vers un parc prédéfini. Cette hypothèse est justifiée par la lourdeur du produit, ainsi que la taille du lot dans les passations de commande. La location d'un camion-porteur pour l'acheminement de véhicules de sources différentes peut s'avérer coûteux, surtout que cette possibilité a des chances minimales d'assurer une charge maximale de ces camions. Ce qui revient à reconsidérer les coûts de transport d'une unité du produit, et ainsi, les marges de bénéfices des agents seront moindres.

Une affectation exclusive des agents vers des parcs spécifiques réduira aussi considérablement la gestion des flux d'information au sein de Hyundai Motor Algérie. Dans un réseau de distribution faisant intervenir un échelon de centres de distribution avant le panel de points de vente fera en sorte de considérer les disponibilités dans ces quelques centres de distribution, et non au sein d'une population de 37 points de vente.

### **4.2 Discussion des modèles envisagés**

#### **4.2.1 Affectation vers les parcs actuels uniquement**

Suite à la constatation effectuée sur le réseau de distribution actuel, et les coûts de transport supportés par les agents à la base d'une affectation quasi-exclusive (considérée exclusive) vers le parc de Jijel, la première intention fût de procéder simplement à une affectation optimale vers les parcs actuellement disponibles. L'entreprise HMA dispose aujourd'hui de cinq (05) centres de distribution. Dans la gestion actuelle, une fissure existe entre la gestion du réseau interne et la gestion du réseau externe. L'objectif tracé est de bannir ces barrières entre ces deux réseaux, et les constituer en une seule population sous l'égide de la même marque. Il est évident que la réussite du réseau externe ne peut qu'être bénéfique pour la maison-mère, et c'est ce qui justifie notre démarche de rassembler les centres de demande pour cette problématique d'affectation. Cela dit, et au vu de l'implantation actuelle des succursales, ainsi que notre focalisation sur les besoins des agents, il a été convenu d'une affectation prédéfinie des succursales d'Alger vers un des parcs d'Alger, ainsi que l'affectation de la succursale d'Oran vers le parc d'Oran. Les conséquences de cette affectation préalable est simplement la réduction des capacités d'accueil desdits parcs, desquelles nous déduisons la demande de ces succursales.

Ce qui a motivé notre choix de commencer par l'étude de ce scénario est la possibilité de l'implémenter rapidement, et de simplement modifier le dispositif de prise de

commande en conséquence. Le présent scénario ne présente aucunement un effort en investissement dans l'ouverture de nouveaux centres de distribution ou autres. Il s'agit simplement d'aménager les parcs de façon à pouvoir contenir les demandes des agents qui y sont affectés, et aussi préparer une organisation qui permettrait de recenser les châssis disponibles dans chaque parc. Cette organisation doit être capable faire en sorte que chaque agent se voir affecter des châssis présents dans le parc vers lequel il est affecté.

### **4.2.2 Sauvegarde de deux CD actuels, et ouverture d'autres CD**

L'activité actuelle de HMA se concentre fortement autour de deux parcs clés : Le parc de Jijel et le parc de Chéraga. Sur cette base, nous concevons ici un modèle de distribution qui sauvegarde ces parcs, au vu de leur importance et aussi au vu de leur implantation stratégique (Le premier est à proximité du port d'accostage des véhicules importés, l'autre est situé dans la capitale). Le choix d'autres centres de distribution se fait à la base d'un panel de potentiels centres de distributions préalablement définis.

### **4.2.3 Conception d'un réseau de distribution sans contraintes de sauvegarde de centres de distribution**

Après les simulations des différents scénarios, donnant pour résultats différents réseaux de distribution, nous élaborerons un réseau de distribution exclusivement à la base de la demande actuelle du marché. L'objectif ici est de se rapprocher considérablement de l'optimum en matière de coûts de transport. Toutes les contraintes de sauvegarde des parcs actuels sont levées.

### **4.2.4 Conception d'un réseau de distribution par clustering des agents**

Notre première approche sans clustering, a été de déployer les trois précédents scénarios qui se différencient de par le nombre de centres de distribution en entrée principale. L'objectif était d'affecter chacun des 37 agents exclusivement à un centre de distribution unique. Cependant, cette approche se base sur l'hypothèse que les camions transportés sont toujours chargés en totalité. Or, cette supposition n'est pas réaliste puisqu'un agent peut être contraint à ne remplir par sa commande que X% du camion transporteur. L'approche du clustering, quant à elle, vient « assurer » un chargement total du camion par le biais de la mutualisation de la commande des agents appartenant au même cluster.

### 4.3 Exploration et traitement des données

Les problématiques de Distribution Network Design relèvent de la branche de la Recherche Opérationnelle. La formulation du problème est évidemment sous forme mathématique. Dans le présent chapitre, nous présentons uniquement la conception et la formulation du modèle mathématique permettant de résoudre cette problématique de DND. La méthode de résolution, les outils utilisés ainsi que les résultats obtenus seront présentés dans le chapitre suivant. La succession des modèles de distribution envisagés ont été discutés ci-dessus (§ 4.2.3). Dans cette partie, nous présentons toutes les informations relatives aux données exploitées, ainsi qu'aux traitements effectués pour leur utilisation.

#### 4.3.1 Ensemble de données

Pour le développement des modèles ayant permis de résoudre le problème de Distribution Network Design (DND), nous nous sommes basés sur un ensemble de données que nous avons différemment exploitées suivant les scénarios. Nous présentons ici les données utilisées, en indiquant les signes de références qui leur sont affectés :

$I$  : Ensemble des agents (points de ventes, clients),

$J$  : Ensembles des centres de distribution,

$S$  : Ensemble de segments de produits,

$D_{ij}$  : Distance entre l'agent  $i$  et le centre de distribution  $j$ ,

$C_s$  : Coût de transport par kilomètre d'une unité de produit du segment  $s$ ,

$A_{is}$  : Demande de l'agent  $i$  en produits de segment  $s$ ,

$C_{MAX_j}$  : Capacité d'accueil maximale du centre de distribution  $j$ .

$DQ_{ij}$  : Distance entre le cluster  $q_i$  et le centre de distribution  $j$ ,

$C_s$  : Coût de transport par kilomètre d'une unité de produit du segment  $s$ ,

$AQ_{is}$  : Demande du cluster  $q_i$  en produits de segment  $s$ ,

$p$  : Nombre de centres de distribution à ouvrir

L'ensemble de centres de distribution diffère d'un scénario à un autre. Dans l'approche sans clustering et dans le premier scénario, dans lequel une affectation des



agents est effectuée vers les parcs actuels, l'ensemble des centres de distribution contient uniquement ceux actuellement ouverts. Dans le second scenario, cet ensemble contient dix-sept potentiels centres de distribution, en plus des deux centres de Jijel et de Cheraga, puisque le scenario en question traite de la sauvegarde de ces deux parcs, et d'en ouvrir d'autres, à sélectionner à partir d'un panel de potentiels centres de distribution. Dans le troisième scenario, cet ensemble de centres de distribution contient uniquement les 17 potentiels centres de distribution. Quant à l'approche avec clusterisation, on regroupe les 37 agents en clusters et gardons les 17 centres de distribution potentiels. Le modèle décidera de garder ou d'éviter l'ouverture d'un centre et d'y affecter un certain nombre de clusters.

L'ensemble L contient les segments de produits HMA. L'agrégation en segments de produits, en non en produits, est justifiée par le cycle de vie court de ce type de bien. Un produit actuellement disponible sur le marché peut se voir retiré de la vente au bout de deux ans, mais sera remplacé par un autre véhicule, de même gamme. Aussi, et au vu de la proximité des prix pour les véhicules d'une même gamme, nous considérons que le consommateur vise un segment de véhicules et non un véhicule particulier, par rapport à son pouvoir d'achat. Un total de sept (07) segments de produits ont été identifiés.

Les coûts de transport sont calculés sur la base d'une facturation au kilomètre. Cette démarche est justifiée par la nécessité de corréliser la distance avec le coût de transport. Ce coût n'est pas identique pour tous les segments de produits, du fait de la contenance des camions porteurs. Ce dernier peut, par exemple, transporter dix (10) unités du segment 1, mais ne peut en contenir que six (06) unités du segment 7. Ainsi, sur la base d'un coût au kilomètre de 200 DA/Km (Ce coût unitaire a été énoncé par 04 entreprises spécialisées dans le transport de véhicules neufs, consultées pour cela) pour la location d'un camion-porteur, quelle que soit sa contenance, le coût de transport d'une unité de produits d'un segment diffère de celui de transport d'une unité de produits d'un autre segment, suivant la capacité du camion-porteur pour chaque segment. Le tableau 4.1 donne les coûts de transport au Km pour une unité de chaque segment, suivant la contenance du camion-porteur.

Tableau 4.1 : Coût de transport au Km par segment

<b>Segments</b>	1	2	3	4	5	6	7
<b>Capacité du camion</b>	10	10	9	8	8	7	6
<b>Coût au Km</b>	20 DA	20 DA	23 DA	25 DA	25 DA	29 DA	34 DA

### 4.3.2 Calcul des distances Centres de distribution – Agents

Lorsqu’il s’agit d’approvisionner un point de vente à partir d’un centre de distribution, la distance entre ces deux points est prépondérante, puisque les coûts de transport sont directement proportionnels à cette distance. L’objectif est donc de minimiser un centre de distribution et le point de vente qu’il alimente. Le calcul des distances entre les composantes de ces deux catégories I et J a été effectué à l’aide d’un système de géocodage.

La méthode de calcul de ces distances est appelée « Orthodromie », elle permet de calculer l’arc direct entre deux points d’une sphère parfaite, à l’aide de l’équation suivante.

Soient A (Lng1 ; Lat1) et B (Lng2 ; Lat2) deux points d’une sphère. La longueur de l’arc (AB) est de :

$$Dist (AB) = \cos^{-1}[\sin(Lat1) \cdot \sin(Lat2) + \cos(Lat1) \cdot \cos(Lat2) \cdot \cos(Lng2 - Lng1)]$$

#### *Obtention des données géo-spatiales par géocodage*

Le principe du géocodage est de retrouver la localisation géographique d’un point c’est-à-dire en longitude et latitude se référant à une adresse donnée, d’où l’autre appellation de ce principe sous le nom du « géo-référencement ». La précision du positionnement obtenu est directement corrélée à la manière dont l’adresse géocodée est renseignée, de plus de l’exhaustivité des données routières exploitées. Pour ces raisons, nous relevons des indicateurs de pertinence et d’erreur.

Pour obtenir un tel résultat, il nous faut utiliser ce qu’on connaît dans le domaine comme « un batch ». Dans notre étude nous faisons appel à une version gratuite « Batch Géocodeur 2007 ». En envoyant notre requête à ce batch, les adresses sont transmises à l’API Google<sup>1</sup> et renvoie les données géo spatiales en degrés décimaux de chaque adresse suivies d’informations de pertinence exporté sur fichier Excel. Le tableau 4.2 présente les spécificités relatives à ce type de batch

Tableau 4.2 : Spécificités des résultats retournés du Batch Géocodeur 2007

<b>Informations retournées</b>	<b>Définition</b>	<b>Output potentiels</b>
<b>Lat</b>	Latitude de l'adresse	0 si rien trouvé
<b>Lng</b>	Longitude de l'adresse	0 si rien trouvé
<b>Accuracy</b>	Pertinence du positionnement	1: pays      2: région 3: sous-région   4: ville 5: code postal   6: rue 7: intersection   8: adresse
<b>NbAdrReturned</b>	Nombre d'adresses correspondants à l'adresse recherchée	0 si rien trouvé
<b>Error/Address</b>	adresse renvoyée	Message d'erreur si rien trouvé
<b>Code</b>	code retourné par le Geocodeur	200: Trouvé 500: Erreur serveur 601: Adresse manquante 602: Adresse inconnue 603: Adresse indisponible 610: Clef API invalide

La figure 4.1 représente un exemple de ce qui a été fait sous batch géocodeur et les sorties du traitement :



Figure 4.1: Géo-codage des adresses des agents par Batch Geocodeur

### Représentation des agents sur une carte

Ayant obtenu les coordonnées géo-spatiales pour tous les agents, nous pouvons les représenter sur une carte en utilisant comme entrée les latitudes et longitudes. Pour ce fait, nous utilisons Mappoint 2013, un système d'information de géolocalisation (GIS : Geographic Information System) développé par Microsoft. (voir figure 4.2).

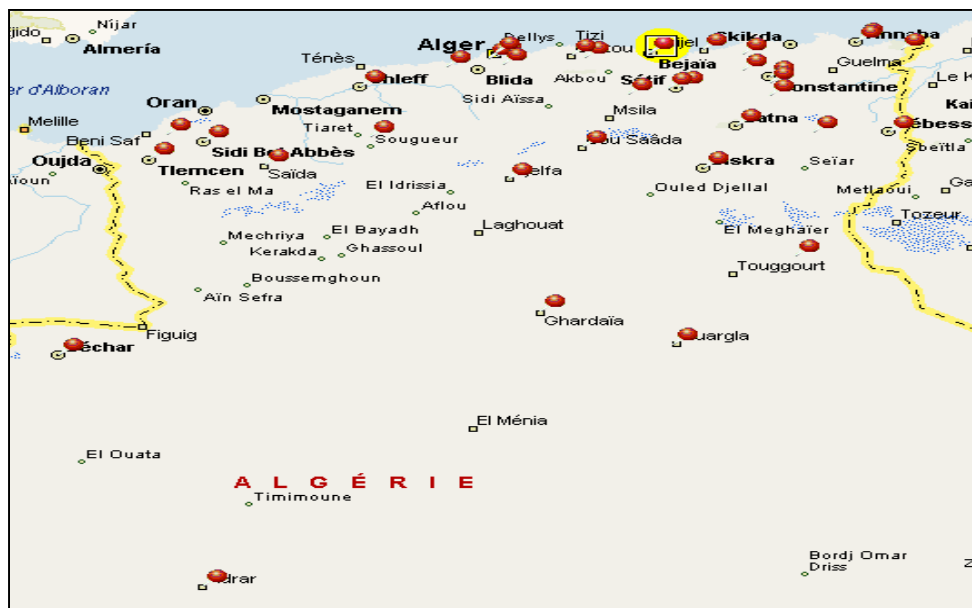


Figure 4.2 : Localisation des agents agréés

**Calcul de la matrice des distances point à point**

Les données géo-spatiales (Longitude et latitude) ont été utilisées pour calculer (sous Excel) les distances entre agents agréés et centres de distribution. Les longitudes et latitudes étant en degrés décimaux, nous devons convertir ces derniers en Radians pour pouvoir appliquer la formule d'orthodromie citée ci-dessus. Ainsi la formulation Excel sera comme le présente la figure 4.3.

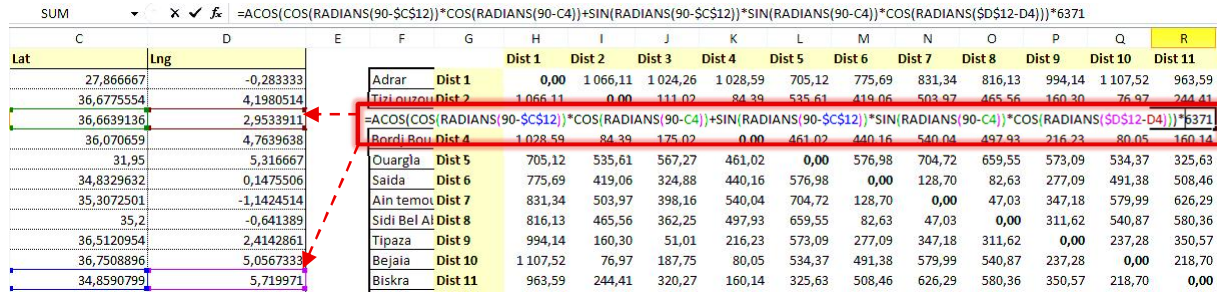


Figure 4.3: Calcul des distances point à point sous Excel

Nous obtenons alors une matrice des distances entre chaque paire d'agent. Cette matrice est symétrique (Voir Annexe A).

**4.3.3 Choix des potentiels centres de distribution**

L'un des objectifs de notre travail est de réduire les distances entre les agents et le point d'approvisionnement. Pour ce fait, pour certains scénarios qui seront traités ultérieurement, nous établissons une liste de centres de distributions potentiels. Grâce au modèle de résolution choisi nous obtiendrons un nombre stratégique et un emplacement optimal des DC sélectionnés pour notre réseau de distribution. Comme un centre de distribution ne peut pas être créé uniquement pour un seul agent, nous posons l'hypothèse qu'un DC n'est ouvert que pour approvisionner au moins deux agents. Le nombre d'agents étant de 37, nous déduisons un nombre de 17 centres de distribution potentiels.

**Localisation des potentiels centres de distribution**

Le positionnement d'un DC potentiel ne peut pas être un choix purement aléatoire puisqu'ils représentent les entrées de notre modèle mathématique. Nous devons ainsi établir une logique séquentielle qui permet de nous orienter vers une décision non erronée. Il revient alors à positionner les DC en fonction de la dispersion de la demande régionale. La figure 4.4 résume les étapes suivies. Pour ce fait, on s'appuie sur les objectifs établis par HMA pour chaque agent pour l'année 2014.

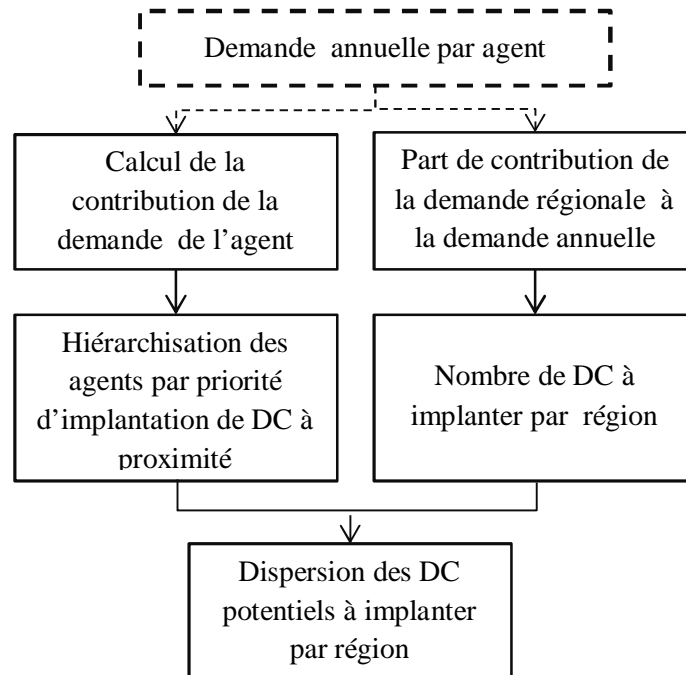


Figure 4.4 : Etapes pour la prise de décision des localisations des DC

Suite à une classification régionale des agents, (voir Annexe B) des sous totaux sont calculés. Nous obtenons ainsi la participation de chaque région à l'objectif de réalisation de ventes au niveau national qui est représentée sur la figure 4.5.

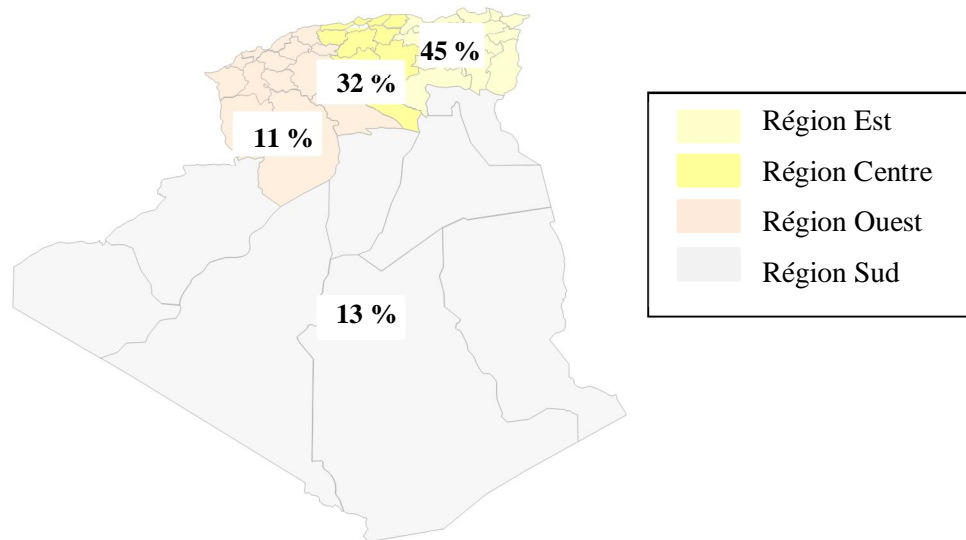


Figure 4.5 : Dispersion de la demande travers les 4 régions Nord, Est, Ouest, Sud

Le tableau 4.3 représente les résultats obtenus suite au balayage des étapes expliquées précédemment. Chaque résultat est traité et discuté pour assurer des données exhaustives à notre modèle.

Tableau 4.3 : Nombre de centres de distribution potentiels à placer dans chaque région.

	% de la demande régionale	Nombre de DC potentiels	Choix final	Justification du changement
Est	45%	8	6	Varier la superficie des DC
Centre	32%	5	6	Le centre est un espace condensé, il faut augmenter le nb pour avoir un emplacement stratégique
Ouest	11%	2	2	Faible demande
Sud	13%	2	3	Augmenter le nombre pour couvrir les larges distances du sud

### *Zones potentielles d'emplacement des DC potentiels*

Une fois le nombre de DC potentiels obtenu pour chaque région, il faut affiner nos zones d'emplacements puisque l'entité région offre un panel de possibilités. Enfin pour

déterminer les zones potentielles, nous représentons sur un rayon R autour de chaque agent. L'intersection des zones de couverture (cercles) appartenant à la même région, délimite la zone d'emplacement potentiel pour des DC (principe de la zone de chalandise en Géomarketing) (Voir figure 4.6).

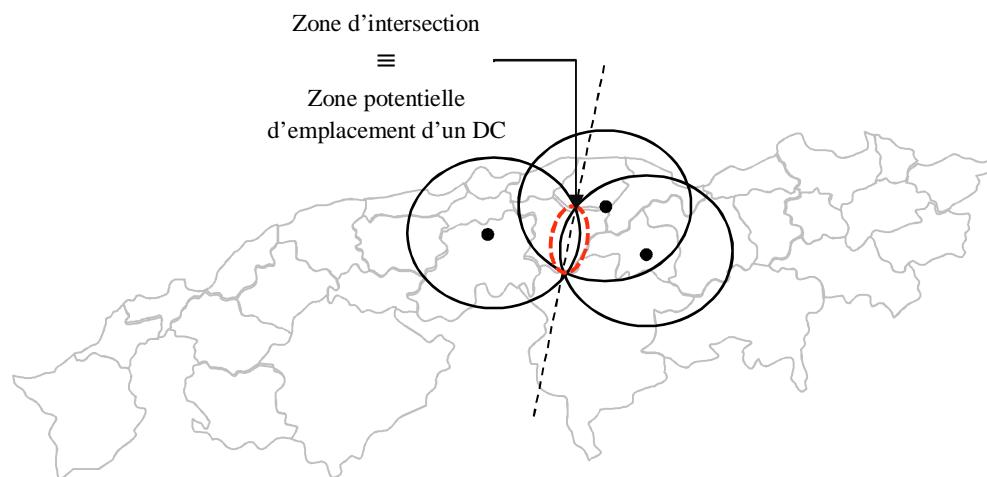


Figure 4.6 : Méthode de délimitation de la zone potentielle d'emplacement d'un potentiel centre de distribution

Nous fixons le rayon R de couverture autour d'un point représentatif d'un agent comme étant de 150 Km. Cette mesure a été choisie car il est ressorti de l'étape de diagnostic du réseau de HMA, qu'un agent arrive à supporter les coûts de transports et donc qu'il n'augmente pas son prix de vente pour une distance maximale de 150 Km. Cette condition est appliquée pour les régions Est, Ouest et Centre. Pour les wilayas du Sud, nous augmentons le rayon à 700 Km. Le sud algérien couvrant des distances trop importantes.

Pour optimiser le temps de travail, nous ajoutons au logiciel Mappoint 2013 le Add-in « IC Distance Analysis » développé uniquement en Allemagne en version gratuite, pour apprécier les options de représentation de zones de couvertures. La figure 4.7 illustre à titre d'exemple, la délimitation de la zone potentielle d'emplacement pour la région Centre.



## CHAPITRE 4 : CONCEPTION DES MODELES MATHÉMATIQUES

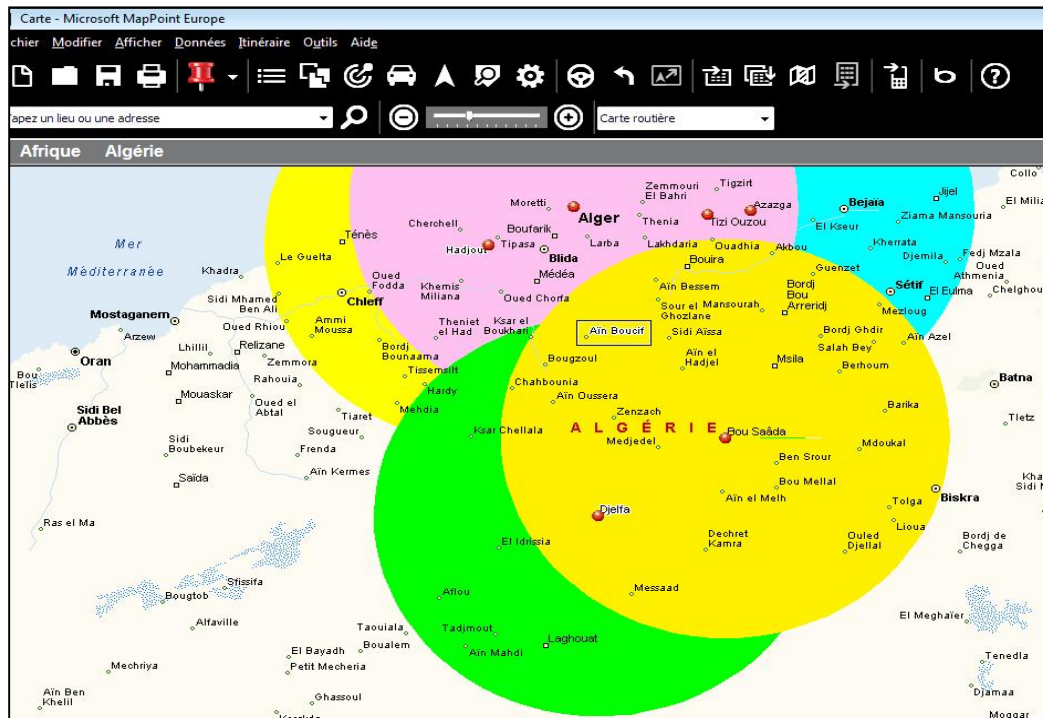


Figure 4.7 : Zone potentielle d'emplacement des 6 DC potentiels pour la région Centre

Si par exemple, nous tombons dans un cas où le positionnement d'un DC dans une zone potentielle d'emplacement, favorise la distance vers l'agent A appartenant à une wilaya A' par rapport à l'agent B appartenant à la wilaya B' et inversement. Pour choisir quel agent prioriser, nous regroupons le taux de contribution des agents appartenant à la même wilaya (voir Figure 4.8). Ainsi, si par exemple la wilaya A' a une demande nettement supérieure à celle de la wilaya B', on donne la priorité de la proximité du DC potentiel à la wilaya A'.

	A	B	C	D	E	F
	Distributeurs	ENCODAGE	Wilaya	Région	OBJECTIFS	% PAR AGENT DANS SA REGION (travaille ac obj)
1						
2	AMYIS AUTO	Dist 2	Tizi ousou	CENTRE	1117	14%
3	BBH AUTOMOBILE	Dist 3	alger	CENTRE	373	5%
4	BENKHEDDA	Dist 9	Tipaza	CENTRE	1179	15%
5	BEST MOTORS	Dist 23	alger	CENTRE	1065	14%
6	BLANCO IMPEX	Dist 37	Tizi ousou	CENTRE	252	3%
7	EL HANA	Dist 25	Blida	CENTRE	1462	19%
8	HR AUTO	Dist 19	alger	CENTRE	1247	16%
9	MAHRAB	Dist 20	Bou saada	CENTRE	252	3%
10	SENALBA AUTO	Dist 30	Djelfa	CENTRE	871	11%
11				<b>CENTRE Tota</b>	<b>7818</b>	<b>100%</b>
12						

Figure 4.8: Contribution de chaque agent dans la demande régionale (Centre)

## CHAPITRE 4 : CONCEPTION DES MODELES MATHEMATIQUES

Nous effectuons les mêmes opérations pour les 37 agents appartenant aux 4 régions. Nous obtenons comme résultat une liste des positionnements des 17 centres de distributions potentiels. Le tableau 4.4 représente la position des 17 centres potentiels. Nous récupérons la longitude et latitude en degrés décimaux de chacun d'eux en utilisant le Batch Géocodeur 2007 pour d'abord les représenter avec précision sur une carte grâce à MapPoint 2013. De plus, les données géospatiales des DC permettent de calculer la matrice des distances DC-Agent, qui représente une entrée fondamentale pour notre modèle.

Tableau 4.4 : Zone potentielle d'emplacement des 17 centres potentiels

<b>Encodage</b>	<b>Région</b>	<b>Ville</b>	<b>Wilaya</b>	<b>Latitude</b>	<b>Longitude</b>
<b>DC 1</b>	Centre	Bougzoul	Médéa	35,643827	2,865622
<b>DC 2</b>	Centre	Bouira	Bouira	36,37763	3,896235
<b>DC 3</b>	Centre	Larba	Blida	36,565278	3,153889
<b>DC 4</b>	Centre	Djelfa	Djelfa	34,666667	3,25
<b>DC 5</b>	Centre	Bou Saada	Bou Saada	35,3281772	4,205553
<b>DC 6</b>	Centre	Msila	Msila	35,701944	4,547222
<b>DC 7</b>	Est	Jijel	Jijel	36,8167387	5,749093
<b>DC 8</b>	Est	Ain Beida	Oum El Bouaghi	35,7981327	7,392173
<b>DC 9</b>	Est	Skikda	Skikda	36,866667	6,9
<b>DC 10</b>	Est	Mezloug	Sétif	36,0833639	5,247552
<b>DC 11</b>	Est	Guelma	Guelma	36,45	7,433333
<b>DC 12</b>	Est	Batna	Batna	35,5685184	6,187173
<b>DC 13</b>	Ouest	Chlef	Chlef	36,166667	1,333333
<b>DC 14</b>	Ouest	Oran	Oran	35,6976541	-0,63374
<b>DC 15</b>	Sud	Ghardaia	Ghardaia	32,4902246	3,673841
<b>DC 16</b>	Sud	El Oued	El Oued	33,3713397	6,847968
<b>DC 17</b>	Sud	Bechar	Bechar	31,6182492	-2,21432

La figure 4.9 est une représentation sur carte, des 17 centres de distribution potentiels ainsi que des 37 agents du réseau HMA.

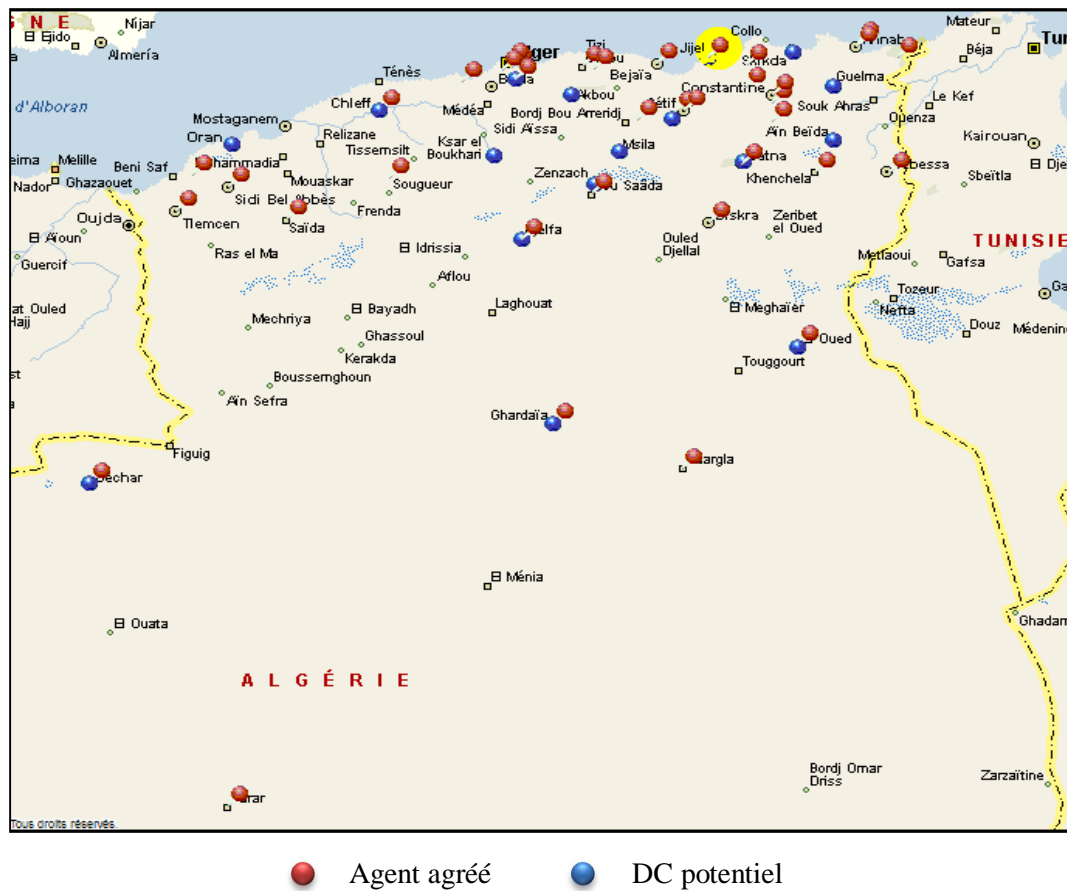


Figure 4.9: Carte représentant les centres de distributions potentiels et des agents HMA agréés.

## 4.4 Formulation des modèles mathématiques

La discipline de DND est un vaste domaine de recherche en mathématiques appliquées, et en Recherche Opérationnelle, particulièrement. Ces problèmes sont traités à travers une fonction « objectif » à optimiser, sous contraintes. Après une présentation des données utilisées, ainsi qu'aux traitements effectués pour leur utilisation, nous passons à présent à la formulation mathématique du problème, sous différents scénarios. Chaque scénario est traité et formalisé séparément.

### 4.4.1 Choix de la méthode de résolution

Dans notre cas, l'étude porte sur un réseau de distribution. Il a la particularité d'être fixe, libre et pouvant être soumis à congestion. De plus, la localisation des centres de

distribution confère un caractère discret au problème. Notre objectif est de proposer une organisation spatiale optimale du réseau de distribution et d'évaluer celle qui existe actuellement. D'après ces critères, le modèle du  $p$ -médian est le plus approprié parmi les différents modèles discrets de localisation-affectation existants (Labbé, 1995). En effet, non seulement il satisfait aux conditions énoncées plus haut, mais il présente également l'avantage d'être facilement adapté aux spécificités du problème et d'être résolu par des méthodes efficaces, rapides et simples (Peeters et Thomas, 2001).

Le  $p$ -médian est aussi un modèle qui s'est vu traité par bon un nombre d'articles (figure 4.10) et ce surtout à partir des années 70, où la demande étant devenue supérieur à l'offre, le soucis de l'implantation stratégique d'usines ou de centres de distribution ainsi que l'économie des coûts logistiques a vu le jour.

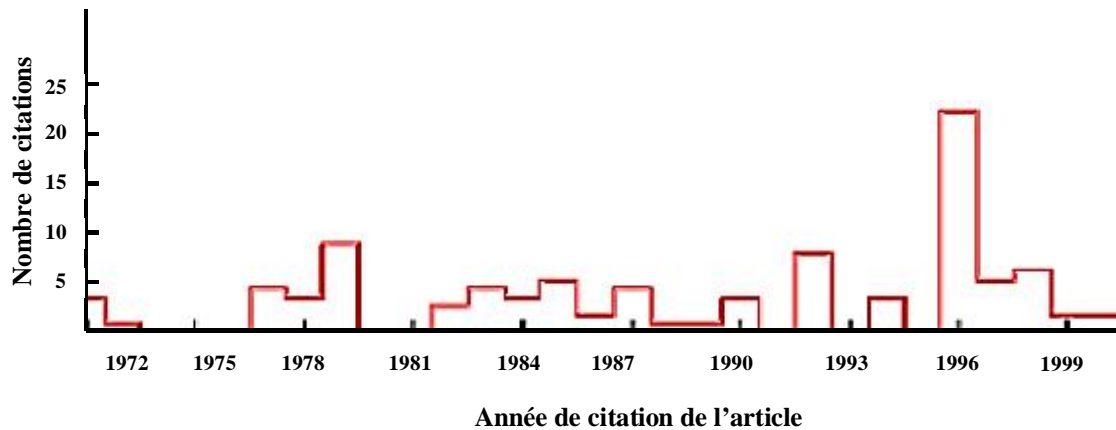


Figure 4.10: Nombre d'articles traitant du  $p$ -médian par année - source: The Scientific LiteratureLibrary

Autre raison pour le choix du  $p$ -médian, est le fait qu'il procure au décideur la liberté de fixer le nombre  $p$  de centres de distribution à ouvrir. La conception d'un réseau de distribution est une décision d'ordre stratégique et nécessitant engagement de la part du décideur. Ayant été mandaté par HMA pour la résolution de cette une problématique réelle, nous choisissons donc de laisser cette liberté du nombre de centres de distribution à fixer.

#### 4.4.2 Scenario 1 : Affectation vers les centres de distribution actuels

Le premier scenario traite une affectation optimale des points de vente vers les centres de distribution actuellement disponibles et ouverts. Nous avons fait, dans le chapitre 2 (§2.4), une simulation de la situation actuelle, selon laquelle tous les agents s'approvisionnent à partir du même centre de distribution (Jijel). Notre démarche est d'élaborer un modèle de transport permettant une affectation des agents vers les cinq (05) centres actuellement disponibles. Nous développons ci-dessous le programme mathématique ayant permis la résolution de cette première problématique.

##### Fonction Objectif

Min

$$\sum_i \sum_j \sum_s D_{ij} \cdot A_{is} \cdot C_s \cdot x_{ij} \quad (4.1)$$

L'objectif du modèle (équation 4.1) est de minimiser les coûts de transport supportés par les agents, pour s'approvisionner en véhicules neufs à partir des centres de distribution vers lesquels ils sont affectés.

##### Variables de décision

$$x_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{si l'agent } i \text{ est desservi par le centre } j \\ 0, & \text{sinon} \end{cases}$$

La variable booléenne  $x_{ij}$  permet de savoir si l'agent  $i$  est affecté ou pas au centre de distribution  $j$ . Dans le scenario 1, seule  $x_{ij}$  est une variable de décision, car le seul objectif de ce scenario est d'affecter les agents vers les centres actuels.

##### Rappel

I : Ensemble des agents  
(points de ventes, clients),  
J : Ensembles des CD,  
S : Ensemble de segments de produits,  
 $D_{ij}$  : Distance entre l'agent  $i$  et le CD  $j$ ,  
 $C_s$  : Coût de transport par kilomètre d'une unité de produit du segment  $s$ ,  
 $A_{is}$  : Demande de l'agent  $i$  en produits de segment  $s$ ,  
 $CMAX_j$  : Capacité d'accueil maximale CD  $j$ ,  
 $p$  : Nombre de centres de distribution à ouvrir

**Contraintes du modèle**

Les contraintes du modèle pour le scenario 1 se présentent comme suit :

$$\sum_j x_{ij} = 1 \quad \forall i \in I \quad (4.2)$$

$$\sum_i \sum_s A_{is} \cdot x_{ij} \leq CMAX_j \quad \forall j \in J \quad (4.3)$$

$$x_{ij} = \{0,1\} \quad (4.4)$$

La première contrainte (4.2) caractérise l’affectation exclusive d’un agent vers un seul centre de distribution. Cette politique a préalablement été justifiée (§ 4.1.2). La seconde contrainte (4.3) est une contrainte de capacité. Elle stipule que la somme des demandes de tous les agents affectés à chaque centre de distribution doit être inférieure à la capacité du centre en question.

**4.4.3 Scenario 2 : Sauvegarde de deux centres actuels, ouverture d’autres centres**

Dans le scenario 2, nous simulons une situation dans laquelle deux (02) centres de distribution, actuellement ouverts, seront sauvegardés, et d’autres parmi les 17 potentiels seront ouverts. Le modèle mathématique ayant permis la résolution de cette problématique est le suivant :

**Fonction objectif**

min

$$\sum_i \sum_j \sum_s D_{ij} \cdot A_{is} \cdot C_s \cdot x_{ij} \quad (4.5)$$

**Variables de décision**

$$x_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{si l'agent } i \text{ est desservi par le centre } j \\ 0, & \text{sinon} \end{cases}$$

$$y_j = \begin{cases} 1, & \text{si le centre de distribution } j \text{ est sélectionné} \\ 0, & \text{sinon} \end{cases}$$

La variable de décision  $x_{ij}$  permet d'affecter les agents de l'ensemble J vers les centres de distribution de l'ensemble I. La variable  $y_j$  indique si le centre de distribution i est sélectionné dans la configuration de réseau de distribution. En effet, l'objectif de ce scénario est de déterminer, parmi n centres de distribution, les meilleurs parmi eux à ajouter aux deux centres sauvegardés, afin d'optimiser les coûts de transport.

N.B : Nous remarquons que la variable de décision  $y_j$  n'apparaît pas dans la fonction objectif. Cela n'empêche pas de la considérer comme étant une variable de décision, et son rôle est plus perceptible à travers les contraintes du modèle.

### Contraintes du modèle

Les contraintes du scénario 2 sont déclinées ci-dessous :

$$\sum_j x_{ij} = 1 \quad \forall i \in I \quad (4.6)$$

$$x_{ij} \leq y_j \quad \forall (i, j) \in I * J \quad (4.7)$$

$$\sum_j y_j = p \quad (4.8)$$

$$y_{\{Cheraga\}} = 1 \quad (4.9)$$

$$y_{\{Jijel\}} = 1 \quad (4.10)$$

La contrainte (4.6) est identique à la contrainte (4.2), c'est-à-dire l'exclusivité de l'affectation d'un agent agréé vers un seul et unique centre de distribution. La contrainte (4.7) évite qu'un agent soit affecté vers un centre de distribution qui ne sera, au final, pas retenu. Cette contrainte assure que tous les agents soient affectés vers des centres de distribution ouverts. Rappelons que le modèle permet de choisir p centres de distribution parmi n potentiels. Ainsi, lorsque p est choisi, la contrainte (4.8) soumet le programme à sélectionner uniquement les p centres de distribution à même d'optimiser la fonction objectif. L'avantage de ce modèle est la possibilité de faire un balayage sur le nombre de centres de distribution à ouvrir, et de choisir la solution optimale, ou la plus appropriée, suivant des critères définis. Les contraintes (4.9) et (4.10) sont spécifiques à ce scénario. Ces deux contraintes obligent le programme à sélectionner les centres de distribution Jijel et Cheraga.

**4.4.4 Scenario 3 : Sélection optimale des centres de distribution (Sans contraintes de sauvegarde)**

Dans ce scenario, aucune contrainte de sauvegarde n'est posée. Il s'agit de sélectionner des centres de distribution parmi un panel de  $n$  potentiels centres, dans le but d'optimiser les coûts de transport supportés par les agents. Il est à signaler que la nature du scenario 3 est identique au scenario 2, dans la mesure où nous choisissons dans les deux cas  $p$  centres de distribution parmi  $n$  potentiels, mais nous verrons que seules les contraintes (4.9) et (4.10) vont être retirées, car il n'y a lieu de ne sauvegarder aucun centre de distribution.

**Fonction objectif**

min

$$\sum_i \sum_j \sum_s D_{ij} \cdot A_{is} \cdot C_s \cdot x_{ij} \tag{4.11}$$

**Variables de décision**

$$x_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{si l'agent } i \text{ est desservi par le centre } j \\ 0, & \text{sinon} \end{cases}$$

$$y_j = \begin{cases} 1, & \text{si le centre de distribution } j \text{ est sélectionné} \\ 0, & \text{sinon} \end{cases}$$

**Contraintes du modèle**

Les contraintes du scenario 3 sont déclinées ci-dessous :

$$\sum_j x_{ij} = 1 \quad \forall i \in I \tag{4.12}$$

$$x_{ij} \leq y_j \quad \forall (i,j) \in I * J \tag{4.13}$$

$$\sum_j y_j = p \tag{4.14}$$



Les contraintes (4.12), (4.13) et (4.14) sont respectivement identiques aux contraintes (4.6), (4.7) et (4.8). Cela est justifié par le fait que les scénarios 2 et 3 sont identiques, à l'exception que le scénario 3 ne contient pas de contraintes de sauvegarde d'un centre de distribution.

### **4.5 Application de la démarche de clustering**

Après avoir présenté dans une première partie les modèles mathématiques ayant permis d'élaborer différents scénarios, nous apportons ici une démarche de clustering qui consiste en un regroupement des points de demande.

#### **4.5.1 Différence entre la solution de restructuration avec et sans clustering**

Comme nous l'avons déjà expliqué, contrairement à la solution sans clustering qui se base sur l'hypothèse que les camions soient toujours pleins, la clusturisation, elle, a pour rôle d'assurer le remplissage totale des camions puisque elle crée des tournées entre chaque agent (sommet) appartenant au même cluster.

Nous avons démontré que les coûts de transport représentent un enjeu stratégique tant pour HMA que pour ses agents. En logistique terrestre, l'indicateur principal de performance est le coût de transport au kilomètre par entité transporté. Par conséquent, si l'on transporte une quantité de marchandise inférieure à la capacité totale du camion, le coût unitaire par entité transportée augmente. Pour éviter ce cas de figure, il faut assurer continuellement une utilisation de la capacité totale de chargement du camion. Pour cela, on regroupe les agents en clusters. Ainsi, le camion devra passer par une tournée comprenant les agents appartenant au même cluster.

Dans notre étude, la capacité moyenne par camion (tout segment confondu) est de 10 véhicules. Prenons un agent A qui commande 6 véhicules. Il fait appel à un transporteur et paye un montant M pour le transport de sa commande du centre de distribution jusqu'à son parc personnel. Les charges de transport sont alors de  $M/6$  pour chaque véhicule. En revanche si l'agent faisait partie d'un cluster (ensemble d'agents). Le transporteur aura alors 6 véhicules de l'agent A et 4 autres à livrer aux autres agents faisant partie de sa tournée. L'agent A se retrouve avec une charge de transport par véhicule de  $M/10$ . Dans cette exemple, cela représente une réduction de 40%.

En effet, le clustering assure aux agents de ne payer que pour les véhicules transportés et non pour le camion en lui-même. Il supportera ainsi à chaque fois le même coup de transport par véhicule quel que soit la quantité transportée comme le montre la figure 4.11.

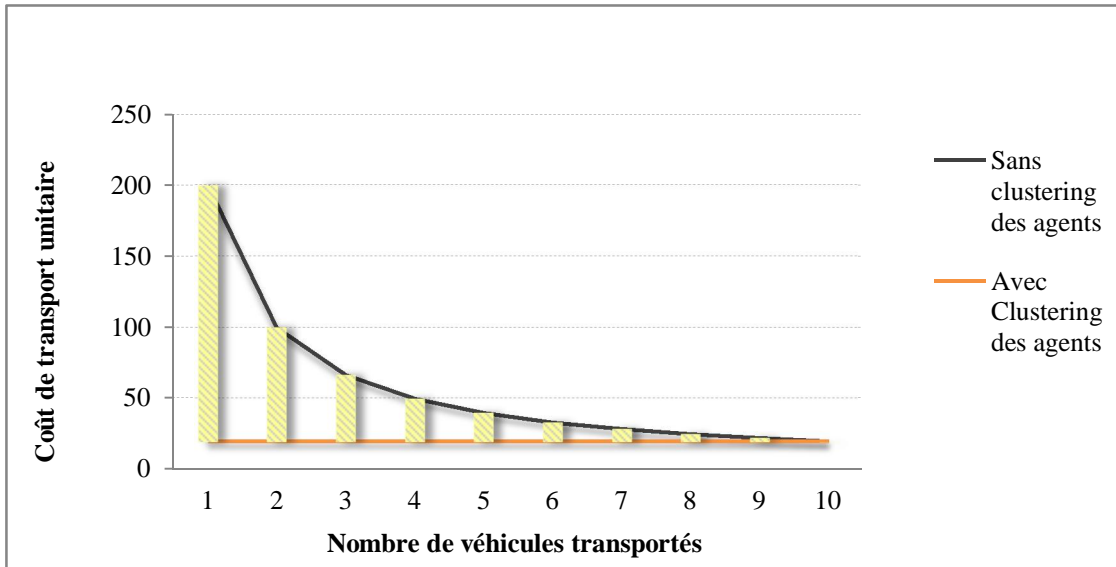


Figure 4.11 : Evolution des coûts unitaires supportés par un agent appartenant ou non à un cluster.

### Construction des clusters d'agents

L'objectif du clustering est de réduire les charges de transport et de favoriser l'utilisation de la capacité totale d'un camion, on en déduit alors 2 entrées principales pour la construction de clusters : les distances entre les agents et la demande annuelle par agent (voir Figure 4.12).

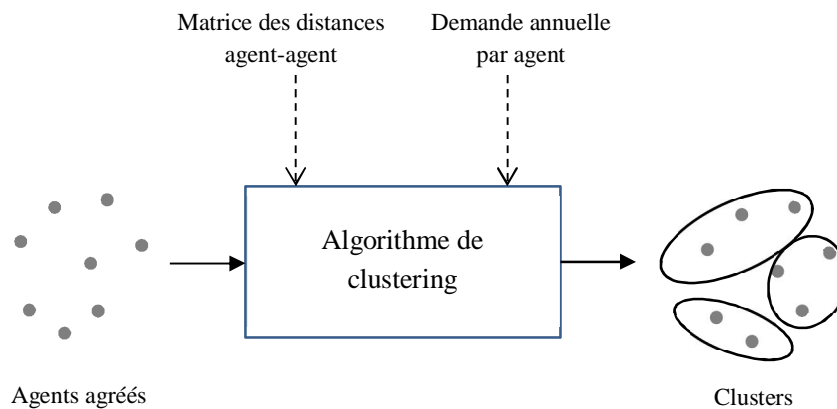


Figure 4.12: Regroupement des agents par l'approche du clustering

#### 4.5.2 Processus de clustering développé pour cette étude

Contrairement aux méthodes d'analyse de données basées sur l'algèbre linéaire, les méthodes de groupement se caractérisent donc par le fait qu'il n'existe pas de méthode canonique, mais au contraire un grand nombre d'algorithmes, c'est-à-dire autant de manières de grouper les éléments d'un échantillon, chacune présentant des propriétés adaptées à des approches différentes.

L'algorithme qui a été développé pour ce travail mesure la similarité entre les groupes d'agents candidats aux conditions établies et construit des regroupements au fur et à mesure de leur vérification.

Notre approche a été d'abord de fixer les conditions suivantes :

- Un volume minimum  $V_{min}$  : pour qu'un camion soit chargé complètement, il faut qu'un cluster ait un volume de demande minimum de 1000.
- Une distance maximale entre deux agents appartenant au même cluster de 210 Km.
- Un nombre maximal d'agents appartenant au même cluster fixé à 3 agents par cluster.
- Une tournée d'une distance maximale de 500 Km à supporter entre les agents appartenant au même cluster  $q$  avec  $Q$  l'ensemble des clusters.

#### Justification des paramètres numériques assignés à chaque condition

##### *Le volume minimum $V_{min}$*

La demande minimum qu'un cluster doit vérifier est fixée à 1000 véhicules par an. En effet, en utilisant les données des ventes mensuelles de véhicules neufs en 2014 puis en les croisant avec la demande enregistrée chez chaque agent pour la même année, et enfin en sachant qu'un camion peut charger 10 véhicules, nous en avons déduit la figure 4.13 qui représente le besoin mensuel en camions par agent. La moyenne du besoin annuelle en camions de transport est de 7 camions par agent. Nous cherchons donc les agents correspondant à un besoin supérieur à cette moyenne. On remarque que 10 agents assurent un besoin en camions supérieur à cette moyenne durant 67% du temps (08 mois de l'année). Par identification, on trouve que ces 10 agents ont une demande annuelle au minimum de 1036

véhicules par an, ce qui justifie notre de choix précédent de fixer le  $V_{min}$  à 1000 véhicules. Les agents vérifiant une demande supérieure à  $V_{min}$  sont alors approvisionnés directement.

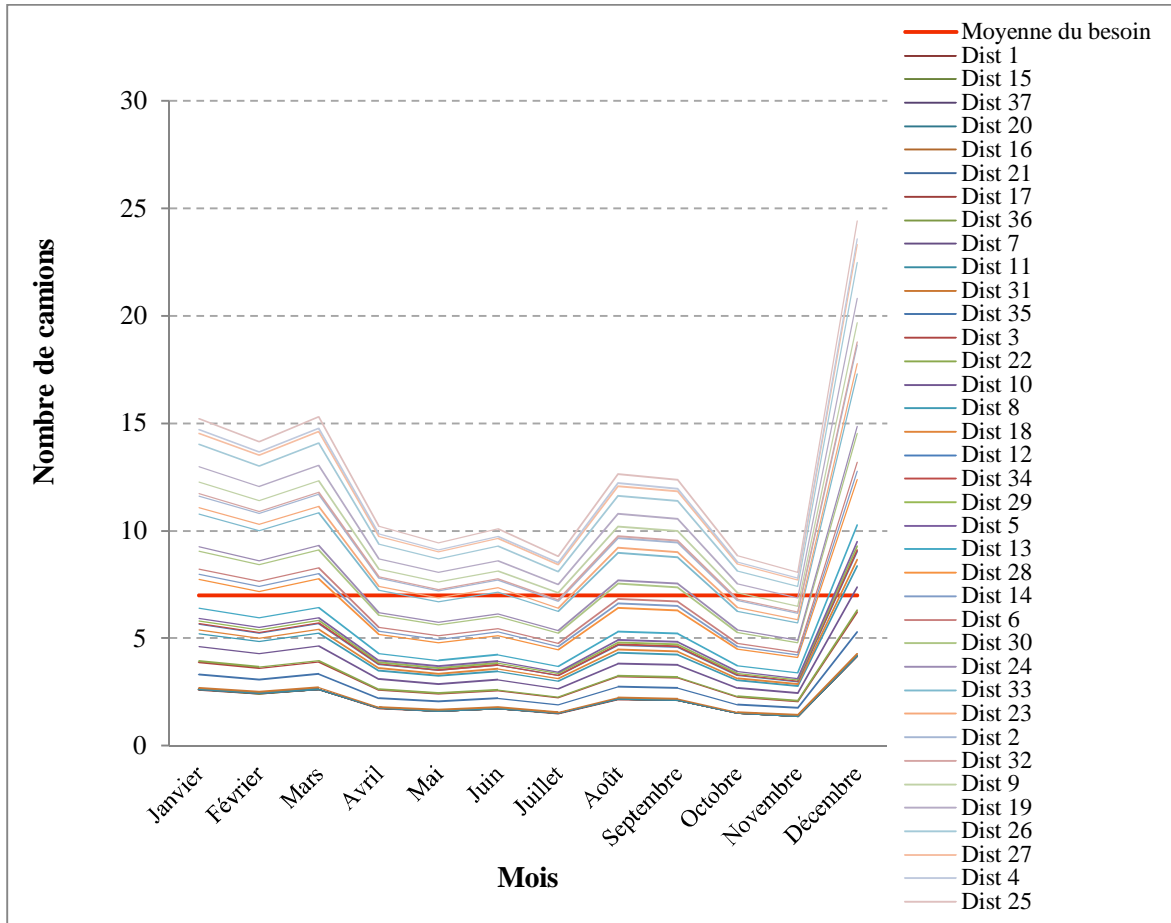


Figure 4.13: Besoin mensuel en camions transporteurs par agent durant l'année 2014

***Distance maximale entre deux agents appartenant au même cluster***

Notre approche a été de réorganiser la matrice des distances entre agents en utilisant des filtres sous Excel. Nous construisons alors des blocs matriciels des distances entre agents appartenant à la même région. Puis, on calcule la moyenne de chaque bloc (par région) et ainsi on obtient la distance moyenne entre deux agents par région. La figure 4.14 représente une capture d'écran du travail fait pour la région centre.

## CHAPITRE 4 : CONCEPTION DES MODELES MATHÉMATIQUES

Clipboard		Font		Alignment		Number						
D43		fx =AVERAGE(C4:C11;D5:D11;E6:E11;F7:F11;G8:G11;H9:H11;I10:I11;J11)										
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	ES
1			CENTRE	CENTRE	CENTRE	CENTRE	CENTRE	CENTRE	CENTRE	CENTRE	CENTRE	
2			Dist 2	Dist 3	Dist 9	Dist 19	Dist 20	Dist 23	Dist 25	Dist 30	Dist 37	
3	CENTRE	Dist 2	0	111	160	104	163	100	94	239	14	
4	CENTRE	Dist 3	111	0	51	13	196	12	21	224	98	
5	CENTRE	Dist 9	160	51	0	62	215	63	66	219	148	
6	CENTRE	Dist 19	104	13	62	0	200	7	23	233	90	
7	CENTRE	Dist 20	163	196	215	200	0	193	176	104	168	
8	CENTRE	Dist 23	100	12	63	7	193	0	16	226	87	
9	CENTRE	Dist 25	94	21	66	23	176	16	0	211	82	
10	CENTRE	Dist 30	239	224	219	233	104	226	211	0	239	
11	CENTRE	Dist 37	14	98	148	90	168	87	82	239	0	
40												
41												
42			Moyenne	Résultat								
43			Centre	123								

Figure 4.14 : Distance entre agents appartenant à la région centre

Nous obtenons alors pour chaque région, une distance moyenne entre deux agents comme le montre le tableau 4.5 :

Tableau 4.5 : Distance moyenne entre 2 agents appartenant à la même région

Région	Distance moyenne entre 2 agents (Km)	Ecart-type (Km)
Centre	123	77
Est	144	73
Ouest	156	76
Sud	546	280

Ces résultats montrent une distance moyenne maximal entre 2 agents de 140 Km avec un écart-type moyen de 75 Km. La région du sud ayant des distances trop importantes et donc non représentative, nous ne l'incluons pas dans le choix de la distance maximale entre 2 agents. En prenant en compte la moyenne de 140 Km avec un écart type moyen de 75 Km, on fixe la distance maximale à 210 Km.

### *Le nombre d'agents composant un cluster*

Il existe dans la littérature des moyens qui permettent de déterminer le nombre  $m$  de clusters nécessaire à notre réseau et de ce fait le nombre maximal d'objets appartenant à un cluster. Des méthodes qui permettent de créer des frontières « dures » entre les clusters comme le ou « floues » comme le FCM non supervisé (Fuzzy C-Means). Cependant, dans le

cas de notre étude ce calcul bien qu'intéressant demeure inutile puisque le principe du clustering étant déjà largement appliqué, le nombre d'agents appartenant à un même cluster est généralement de l'ordre de 3.

### *La distance maximale d'une tournée*

Un cluster contenant 3 agents au maximum et la distance maximale entre 2 agents étant fixée à 210 Km, il paraît logique de déduire une tournée maximale de 630 Km. Néanmoins, jugée trop longue, nous fixons la tournée à 500 Km.

### **4.5.3 Algorithme de clustering hiérarchique proposé**

Cet algorithme prend comme hypothèse de départ que chaque agent représente un cluster. On en déduit donc qu'il appartient à la famille du clustering *hiérarchique* de type *ascendant*, puisque notre partition de départ est constituée de 37 clusters i.e autant d'agents (objets) que de clusters. Il est résumé dans la figure 4.15 ci-dessous.

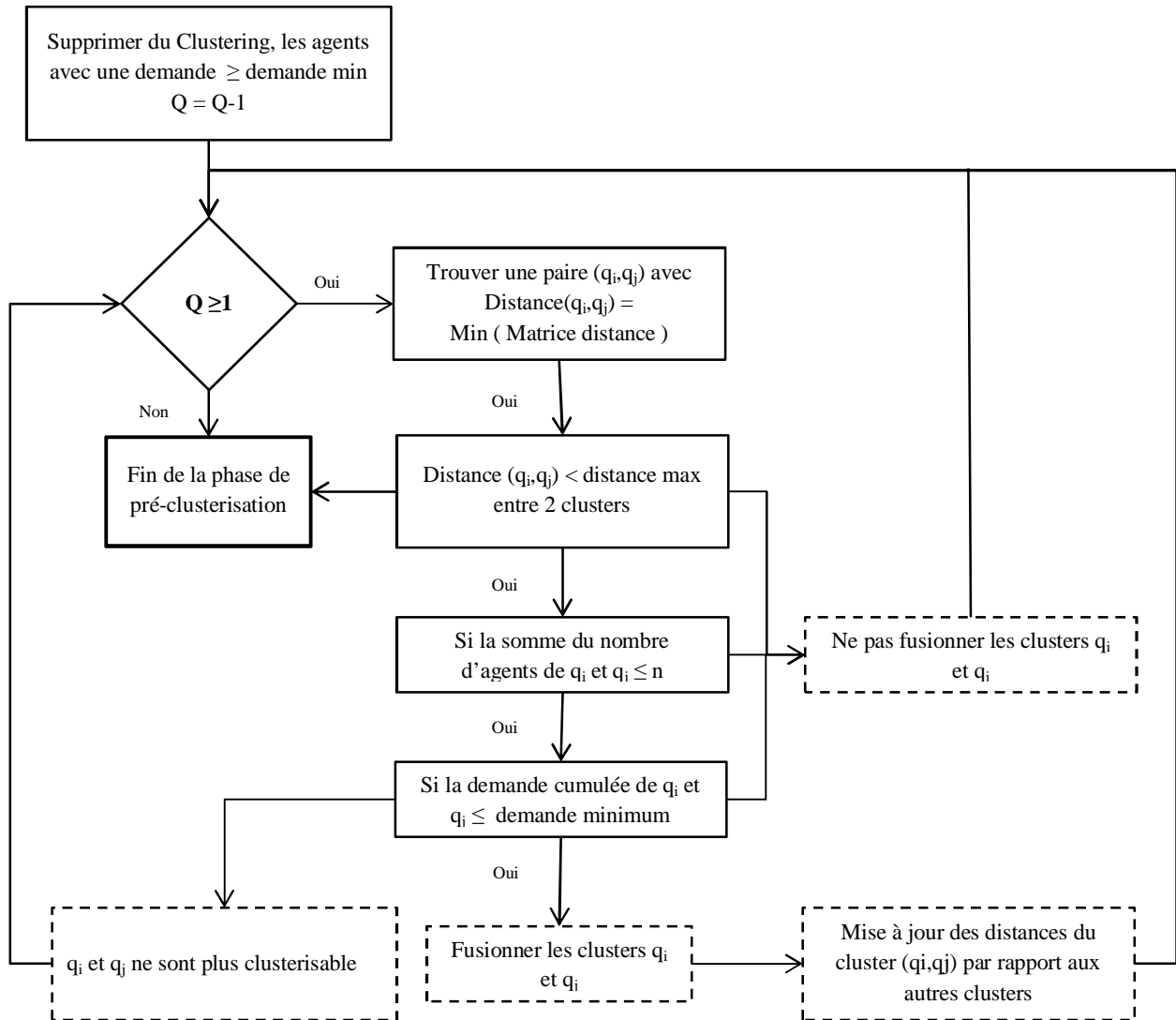


Figure 4.15 : Déroulement de la phase de pré-clusturisation avec  $Q$  est le nombre de clusters restant à chaque étape

Dans cette approche, nous commençons par regrouper les agents en clusters en leur appliquant un algorithme de clusterisation. Les clusters obtenus, nous calculons les matrices des nouvelles distances entre les clusters en utilisant une mesure de similarité de la distance « le single-linkage » et par la suite nous obtenons la matrice des coûts supportés par cluster en fonction de la demande des agents le composant et en prenant le coût de transport par véhicule et par segment.

**Algorithme 1.** Etapes du clustering hiérarchique

**Données :**

- $n$  : Nombre total d'agents du réseau ;
- $Q$  : Nombre de clusters restants à regrouper ;
- $V_{min}$  : Volume de la demande minimale par cluster ;
- Demande ( $q_i$ ) : demande totale du cluster  $q_i$  ;
- Distance ( $q_i, q_j$ ) : Distance entre deux clusters ;
- Distance\_MAX : Distance maximale entre deux clusters ;
- Tournee\_MAX : Distance maximale à parcourir lors d'une tournée ;
- Nombre\_MAX : Nombre maximal d'agents par cluster ;
- NB\_agents ( $q_i$ ) : Nombre d'agents ;

**Algorithme :**

Initialiser le nombre de clusters  $Q$  au nombre d'agents  $n$

**Pour**  $Q = 1$  à  $n$  **Faire**

```

    |
    |   Si demande ( $q_i$ )  $\geq V_{min}$  Faire
    |   |
    |   |   Eliminer le cluster  $q_i$  du processus de clusterisation ;
    |   |    $Q = Q - 1$  ;
    |   |
    |   |   Fin
    |
    |   Fin

```

**Fin**

**Tant que**  $Q \geq 1$  **Faire**

```

    |
    |   Trouver une paire de clusters ( $q_i, q_j$ ) avec une distance minimale dans la matrice des
    |   |   distances ;
    |   |
    |   |   Si NB_agents ( $q_i$ ) + NB_agents ( $q_j$ )  $\leq$  Nombre_MAX Faire
    |   |   |
    |   |   |   Si  $\sum$  Distance ( $q_i, q_j$ )  $\leq$  Tournee_MAX Faire
    |   |   |   |
    |   |   |   |   Si Demande ( $q_i$ ) + Demande ( $q_j$ )  $<$   $V_{min}$  Faire
    |   |   |   |   |
    |   |   |   |   |   Fusionner les clusters ( $q_i, q_j$ ) ;
    |   |   |   |   |   Mettre à jour les distances entre ;
    |   |   |   |   |
    |   |   |   |   |   Fin
    |   |   |   |
    |   |   |   |   Fin
    |   |   |
    |   |   |   Fin
    |   |
    |   |   Fin
    |
    |   Fin

```

**Fin**



**Modèle p-médian pour la solution de clustering hiérarchique**

Une fois que nous obtenons les clusters, ils nous serviront alors d'entrées pour notre modèle mathématique, toujours à l'aide du modèle p-médian. A noter que le modèle p-médian étant un modèle de localisation et d'allocation, sa fonction objectif vient optimiser les distances sous certaines contraintes de mesure de similarité, de di-similarité et d'affectation. Dans notre cas, notre problématique traitant d'un problème appartenant au Facility Location Problems, la fonction objectif utilisée a pour objectif de minimiser les coûts de transport.

**Formulation mathématique:**

$Q$  : Ensemble des Clusters,

$J$  : Ensembles des centres de distribution,

$S$  : Ensemble de segments de produits,

$DQ_{ij}$  : Distance entre le cluster  $q_i$  et le centre de distribution  $j$ ,

$C_s$  : Coût de transport par kilomètre d'une unité de produit du segment  $s$ ,

$AQ_{is}$  : Demande du cluster  $q_i$  en produits de segment  $s$ ,

$p$  : Nombre de centres de distribution à ouvrir.

**Fonction objectif**

$$\text{Min } \sum_i \sum_j \sum_s DQ_{q_{ij}} \cdot AQ_{is} \cdot C_s \cdot x_{q_{ij}} \tag{4.15}$$

**Variables de décision**

$$x_{q_{ij}} = \begin{cases} 1, & \text{si le cluster } q_i \text{ est affecté au centre } j \\ 0, & \text{sinon} \end{cases}$$

$$y_j = \begin{cases} 1, & \text{si le centre de distribution } j \text{ est sélectionné} \\ 0, & \text{sinon} \end{cases}$$

**Sous les contraintes**

$$\sum_j x_{q_{ij}} = 1 \quad \forall i \in I \tag{4.16}$$

$$x_{q_{ij}} \leq y_j \quad \forall (q_i, j) \in Q * J \tag{4.17}$$

$$\sum_j y_j = p \tag{4.18}$$

La contrainte (4.16) est identique à la contrainte (4.2) qui assure l'exclusivité de l'affectation d'un cluster à un seul centre de distribution « ouvert » seulement puisque la contrainte (4.17) permet d'éviter qu'un cluster se trouve affecté à un centre de distribution qui n'est pas ouvert. Nous pouvons ainsi en fonction du  $P$  choisi, se retrouver avec un nombre de centres de distributions à ouvrir auxquels sont affectés les clusters de manière optimale.

### **Conclusion**

Dans ce chapitre, les modèles mathématiques correspondant à chaque scénario sont présentés, avec une fonction « objectif » qui est identique pour tous les scénarios, car l'objectif dans chacun des cas est l'optimisation des coûts de transport supportés par les agents agréés, suivant chaque valeur du paramètre  $p$ , ainsi que des contraintes à respecter. Dans le chapitre suivant, nous entamons la résolution des différentes problématiques formulées dans ce chapitre, en présentant le solveur utilisé, ainsi que la démarche retenue pour la détermination des solutions optimales.

**CHAPITRE 5 :**  
**Résultats et analyse des**  
**scénarios**

## **CHAPITRE 5 : RESULTATS ET ANALYSE DES SCENARIOS**

### **Introduction**

Dans le chapitre précédent, la méthode de résolution a été présentée, ainsi que les modèles mathématiques correspondant à chaque scénario étudié. L'objectif commun de tous les scénarios est d'optimiser les coûts de transport supportés par les deux parties : Agents agréés et HMA. Dans ces modèles, il est question de choisir un nombre optimal de centres de distribution, et de déterminer l'affectation optimale des agents agréés vers ces centres. Pour cela, il est question de déterminer le critère permettant de déterminer ce nombre optimal de centres à ouvrir. Cette question sera traitée au début du présent chapitre. La résolution des différents modèles mathématiques s'est faite avec le solveur ILOG CPLEX développé par IBM. Après cela, nous entamons la présentation des différents résultats obtenus pour chaque scénario, et pour lesquels un consolidé est présenté en premier pour déterminer la situation optimale. Une analyse plus poussée sera donnée pour les optimums identifiés dans chacun des deuxième et troisième scénarios (Le premier étant une affectation vers les centres de distribution actuels, et n'inclut donc pas une identification de centres de distribution à ouvrir).

### **5.1 Critère d'optimisation**

Les coûts logistiques supportés par une entreprise sont influencés par le nombre d'échelons et de centres de distribution ouverts. En effet, alors que les charges liées au transport diminuent dans la partie aval aux centres de distribution à mesure que le nombre de ceux-ci augmente, les charges d'entreposage et de manutention sont directement proportionnelles au nombre de centres de distribution. Il en est de même pour les charges de transport en amont des centres de distributions installés (c'est-à-dire vers ces centres), qui sont plus importantes lorsque le nombre de centres de distribution augmente. Ainsi, dans notre cas, il s'agit d'effectuer une confrontation entre les charges supportées par les deux parties : Agents agréés et HMA. Pour les premiers, les charges de transport diminueront si le nombre de centres de distribution est important, et pour la seconde, ces charges augmenteront dans ce cas. Ce projet permet aussi une vérification d'une théorie présente en littérature, qui stipule que les coûts logistiques suivent une courbe convexe

suivant le nombre de centres de distribution ouverts (Voir Figure 3.3), et dans laquelle nous proposons d'identifier la situation optimale (le nombre de centres de distribution à ouvrir). Les coûts logistiques considérés sont la somme des charges supportées par les agents agréés et HMA. Cette solution optimale peut être considérée comme étant un équilibre, tant les agents seront avantagés par un nombre maximal de centres de distribution, et la maison-mère sera avantagée (en charges de transport) par un nombre réduit de centres de distribution. Le critère de minimisation des coûts globaux logistiques est donc prépondérant dans la détermination d'un équilibre, et d'un nombre optimal de centres de distribution à ouvrir.

### **Calcul des coûts supportés par HMA**

Les coûts supportés par HMA sont calculés après l'identification des centres de distribution à mettre en service (pour différentes valeurs du paramètre  $p$ ), ainsi que l'affectation des agents vers ces centres de distribution. Ces résultats permettent d'identifier le besoin de chaque centre de distribution en véhicules de différents segments, et donc de calculer la capacité nécessaire de chaque centre de distribution. En ayant un coût de transport par Km pour une unité de chaque segment, et en sachant la position géographique des centres de distribution choisis, nous pouvons donc calculer les coûts de transport supportés par HMA, à partir du port de Jijel vers les centres de distribution en question. Ce calcul est effectué dans les scénarios 2 et 3, et pour chaque valeur du paramètre  $p$  (nombre de centres de distribution à mettre en service).

## **5.2 Choix du solveur**

Pour la résolution des modèles mathématiques présentés dans le chapitre 4, nous avons opté pour le solveur CPLEX® développé par IBM. Plusieurs logiciels et calculateurs peuvent être utilisés pour la résolution des problématiques de Distribution Network Design, parmi lesquels Llamasoft® Supply Chain Guru, CAST Aurora, AIMMS et Arena. Les logiciels Llamasoft SC Guru et CAST Aurora sont des solutions « Package », qui présentent l'avantage de concevoir plusieurs modèles simultanément. Ces logiciels fournissent des solutions optimales, en respectant toutes les contraintes du réseau, et prennent aussi en considération les approvisionnement et prévisions de stock. La force de ces solutions réside aussi dans l'aspect de la communication, tant les interfaces développées permettent une visualisation claire des résultats et des réseaux de distribution obtenus. La résolution d'un problème de Distribution

Network Design peut aussi être faite par une simulation des différents scénarios possibles, sans tendre à une optimisation. Cela peut être effectué à travers des logiciels de simulation tels que Arena, qui permet une bonne modélisation des réseaux de distribution régis par l'incertain et les évènements probabilistes. Cet outil permet une quantification des risques, au travers des différentes simulations effectuées, et permet d'identifier les points critiques du réseau. Le calculateur Excel peut aussi être utilisé pour la résolution d'un problème de transport qui a pour but de déterminer les centres de distribution à ouvrir ainsi que l'affectation des points de demande vers ces centres. Le calculateur Excel est simple d'utilisation, permet de concevoir un modèle rapidement, et est utilisé pour les problèmes de taille réduite. Cet outil est généralement utilisé lorsque les données utilisées sont à retraiter, si elles présentent de grands « gaps ».

Les solutions « package » nécessitent une grande maîtrise de ces logiciels, ainsi qu'une familiarisation dans la modélisation d'un réseau de distribution. De plus, ces solutions sont à version payante, et ne sont pas disponibles en open source. Les simulations par le logiciel Arena ne répondent pas au besoin des modèles mathématiques élaborés. Cette solution est donc écartée. Cela dit, il serait intéressant de formuler les résultats obtenus lors du présent travail sur le simulateur Arena, pour appréhender la réaction du réseau de distribution face à la nouvelle structure. La résolution sur Excel est impossible au vu de la taille des modèles développés. Cela est essentiellement dû à la nature de certaines variables utilisées, qui sont binaires (exemple :  $x_{ij}$  : affectation de l'agent  $i$  vers le centre  $j$  ( $=1$  si oui) ;  $y_j$  : ouverture du centre  $j$  ( $=1$  si oui)). Ce nombre élevé de variables non-linéaires rend la résolution sur Excel impossible. Le solveur CPLEX est simple d'utilisation, et requiert la maîtrise de la programmation mathématique sous le langage « OPL ». Une programmation primaire en C++ a permis une transformation vers le langage OPL, pour la programmation du modèle p-médian. Le choix du solveur CPLEX est aussi motivé par le fait qu'il délivre une résolution exacte, sans avoir recours à des heuristiques, ou méta-heuristiques, mis à part la relaxation lagrangienne. Une résolution exacte est plus appropriée au vu de la taille moyenne du modèle construit (panel de 17 centres de distribution, et 37 agents agréés). Les temps de réponse de ce solveur pour les problèmes de cette taille sont raisonnables. Cela dit, le solveur choisi présente l'inconvénient de ne pas proposer une interface graphique riche, tant les résultats sont simplement présentés sous forme de tableaux. Pour ce faire, et à l'aide d'une transition faite sur Excel (pour retranscription des données fournies par CPLEX, et calculs intermédiaires), nous utilisons un logiciel de géocodage MapPoint® développé par Microsoft,

pour une meilleure communication visuelle des résultats obtenus. Le logiciel MapPoint nous permet d'illustrer les centres de distribution sélectionnés, ainsi que les affectations des agents vers ces centres en question. Ainsi donc, les résultats obtenus et présentés dans ce chapitre sont issus d'une résolution d'un modèle p-médian sur le solveur IBM CPLEX, et sont représentés sur le logiciel de géocodage MapPoint. Le tableur Excel a aussi servi de passerelle entre les deux logiciels, et aussi pour des calculs intermédiaires.

### **5.3 Présentation des résultats obtenus par scénario**

Sur la base de modèles mathématiques pour les différents scénarios ainsi que la détermination des paramètres pour la démarche de clustering hiérarchique présentés dans le chapitre 4, et après présentation des critères d'optimisation et choix du solveur, nous détaillons dans ce point les résultats obtenus, ainsi que des analyses succinctes sur ces derniers. Cette partie est divisée en deux points, pour faire la distinction entre les solutions obtenus pour les modèles de distribution sans clustering, et celles obtenues en déroulant une démarche de clustering hiérarchique.

#### **5.3.1 Solutions sans clustering hiérarchique**

Dans cette partie, nous entamons l'exploration des résultats obtenus suivant les différents scénarios. Rappelons que les modèles mathématiques élaborés pour le traitement des différents scénarios sont expliqués dans le chapitre précédent. Dans notre analyse, nous nous basons sur une méthode homogène, déroulée pour chaque scénario. Nous commençons par présenter les différentes situations suivant le paramètre  $p$  (nombre de centres de distribution à mettre en service), à travers un graphe et un tableau récapitulatif des coûts supportés par les deux parties, et nous en tirons la situation optimale, qui est celle assurant un coût global minimal (voir §4.1). Ensuite, nous présentons de façon détaillée la situation optimale, à travers une capture d'écran du solveur CPLEX pour identifier les centres de distribution à mettre en place. Pour les affectations, un exemple des résultats délivrés par le solveur est donné en Annexe F par capture d'écran, pour illustrer la présentation des résultats par le solveur. Puis, nous représentons les coûts supportés par tous les agents (pour la situation optimale identifiée) à travers un graphe et un tableau qui reprennent les coûts moyens par région et au niveau national, ainsi que l'écart-moyen de ces coûts. Il est utile de signaler que pour le scénario 1, seule cette dernière étape sera présentée, du fait que pour le scénario en question, il n'existe pas de situation optimale à

identifier, car il s'agit seulement d'effectuer une affectation optimale des agents agréés vers les centres de distribution actuels (et donc, sans identification des centres à mettre en service). Dans un souci de communication tacite des résultats obtenus, une carte graphique, élaborée avec le logiciel de géo-référencement MapPoint développé par Microsoft, est présentée pour chaque scénario, et dans lesquelles les centres de distribution sélectionnés sont placés, et les affectations des agents vers ces parcs sont illustrés par des arcs.

**Premier scénario : Affectation vers les centres de distribution actuels**

Après le constat effectué dans (§2.4) sur le coût moyen supporté par chaque agent (qui est de 3 695 463 DA) suivant la structure actuelle du canal de distribution, selon laquelle tous les agents sont tenus de récupérer les véhicules à partir du centre de distribution de Jijel, nous avons procédé à une affectation des agents agréés vers l'ensemble des centres de distribution actuellement disponibles, au nombre de cinq (05). Suivant le modèle mathématique présenté dans (§4.4.2) et à l'aide du solveur CPLEX, nous parvenons à l'affectation optimale vers les différents centres. Une étude des coûts de transport supportés par les agents agréés est effectuée sur les plans national et régional, pour calculer une moyenne de coûts de transport, ainsi qu'un écart moyen des coûts supportés. La figure 5.1 donne la dispersion de ces coûts, au niveau régional et national, ainsi que l'écart-moyen dans ces coûts.

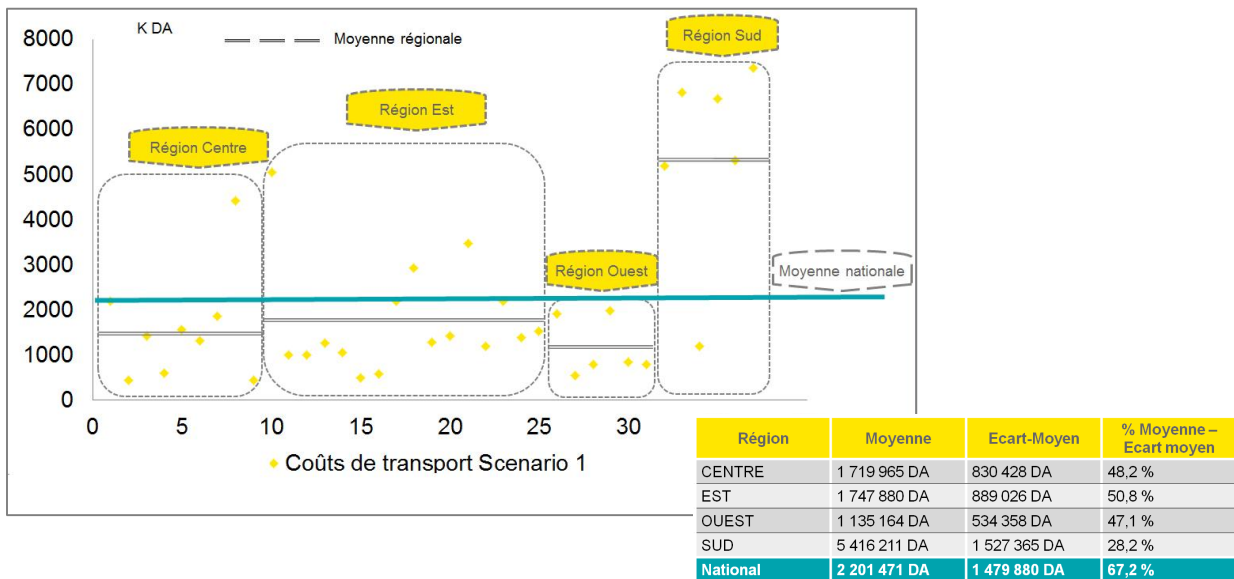


Figure 5.1: Moyennes des coûts de transport sur les plans régional et national (Scénario 1)



Les affectations des agents vers les centres de distribution actuels, suivant la configuration proposée par le scénario 1, sont représentées dans une carte graphique par la figure 5.2.

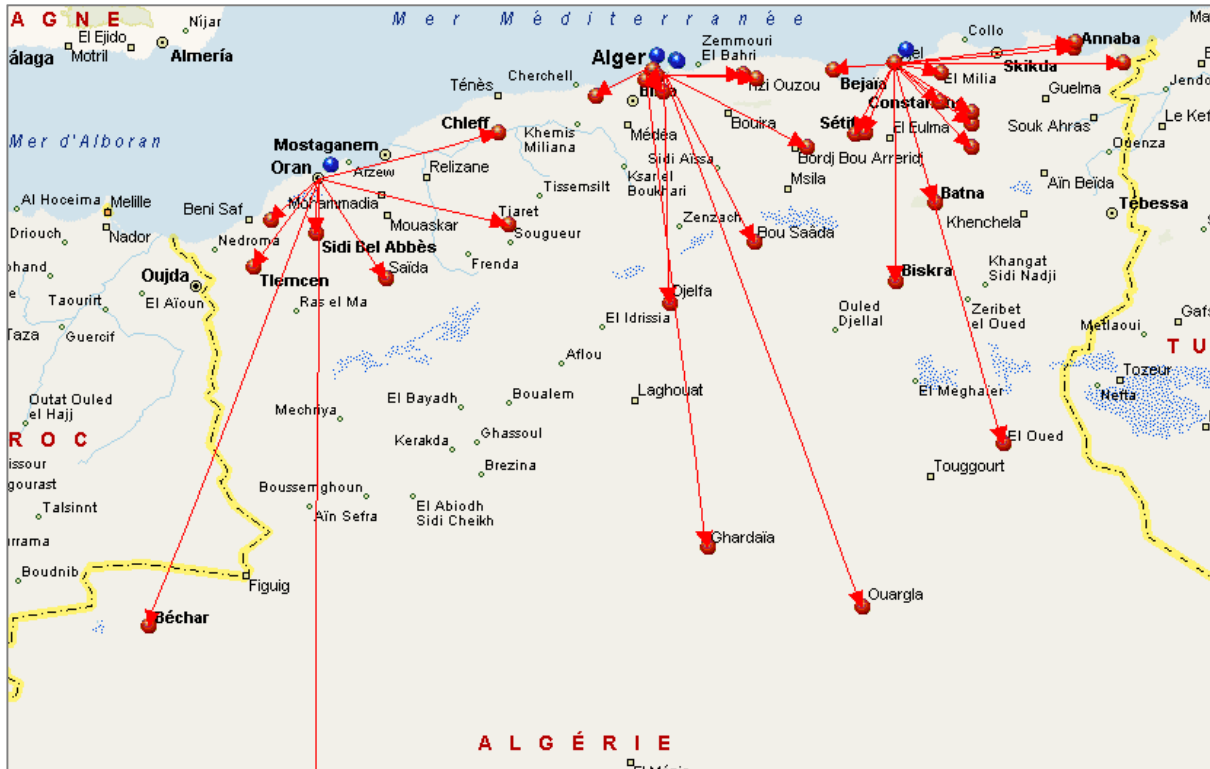


Figure 5.2: Affectation des agents aux 5 DC existants (scénario 1)

Le scénario 1 a été élaboré pour remédier à la situation actuelle avec les infrastructures actuellement disponibles. L'orientation systématique des agents agréés vers le centre de Jijel pour récupérer leur commande de véhicules neufs a un fort impact sur les coûts supportés. Dans le scénario 1, nous avons exploré une structure permettant d'affecter (affectation exclusive) les agents agréés vers les centres de distribution actuels. La configuration proposée permet une réduction des coûts moyens supportés par les agents de 40,4 % par rapport à la situation actuelle. Les affectations des agents agréés vers les centres de distribution sont données en Annexe E.

**Deuxième scénario : Sauvegarde de deux CD, et sélection d'autres CD**

Le cas traité dans le deuxième scénario est justifié par la criticité des deux centres de distribution de Jijel et de Cheraga. En effet, le centre de Jijel est le plus proche du port d'accostage des véhicules importés, et le centre de distribution de Cheraga est aujourd'hui

utilisé comme centre de livraison pour les clients du réseau interne de HMA (Succursales et showrooms d'Alger). Le scénario 2 est résolu par la méthode p-médian, avec la contrainte de garder les deux centres de Jijel et Cheraga. Pour la résolution, nous allons défiler le paramètre p (nombre de centres de distribution à ouvrir) de p=3 jusqu'à p=7, pour ensuite déterminer le nombre optimal de centres de distribution à ouvrir. Dans ce scénario, le cas p=2 n'est pas valable, parce que, dans ce cas, la solution serait de retenir les seuls centres de Jijel et Cheraga, or, leur capacité n'est pas suffisante pour satisfaire la demande globale. Suivant le paramètre p, les résultats obtenus sont illustrés dans la figure 5. 3.

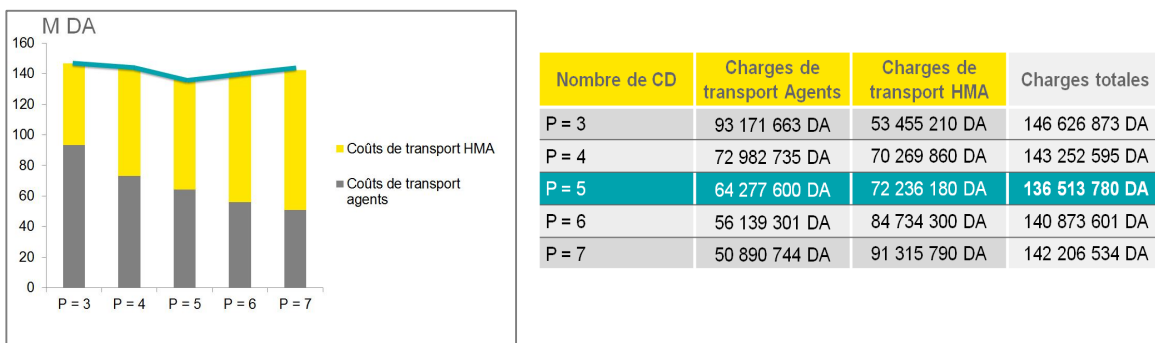
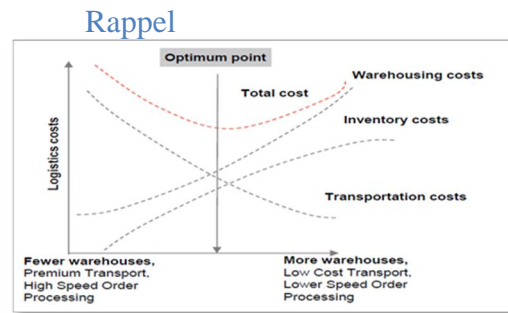


Figure 5.3 : Coûts supportés suivant le paramètre p (Scenario 2)

La première observation à relever est le fait que les coûts supportés par les agents diminue lorsque p augmente, et le comportement des coûts supportés par HMA est inverse. Nous remarquons aussi que les charges logistiques globales suivent une tendance en adéquation avec la courbe des coûts logistiques présentée dans (§3.1.3) (voir figure 3.3 en rappel). En effet, suivant le nombre de centres de distribution, les coûts globaux sont en décroissance jusqu'à p=5 (05 centres de distribution à ouvrir) avant de croître pour p=6 et p=7. La figure 5.3 restitue les coûts supportés par les deux parties : Agents agréés et HMA. Ainsi, et au vu du critère d'optimisation défini, la solution optimale du scénario 2 est l'ouverture de cinq (05) centres dont, évidemment, Cheraga et Jijel, et trois (03) autres centres de distribution choisis parmi le panel de 17 potentiels centres. La figure 5.4 donne la résolution faite par le solveur CPLEX pour les centres de distribution sélectionnés.



Warehouse...aille 17)	Valeur
parc1	0
parc2	0
parc3	0
parc4	0
Cheraga	1
parc6	0
Jijel	1
parc8	0
parc9	0
parc10	1
parc11	0
parc12	0
parc13	0
parc14	1
parc15	0
parc16	1
parc17	0

Figure 5.4 : Capture d'écran CPLEX : Centres de distribution sélectionnés (Scenario 2)

La nomenclature des emplacements des centres de distribution sélectionnés, ainsi que les affectations des agents vers ces centres, sont donnés dans le paragraphe (§4.3.3).

La carte graphique présentée dans la figure 5.5 contient la localisation des centres de distribution sélectionnés, ainsi que les affectations des agents agréés vers ces centres.



Figure 5.5: Affectation des agents vers les centres de distribution sélectionnés (Scenario 2)

Comme pour l'étude du scenario 1, nous nous proposons de représenter graphiquement les coûts supportés par les agents, en effectuant une agrégation par région, afin d'illustrer les apports du scenario 2 par rapport au précédent. La figure 5.6 est une représentation des coûts supportés par les agents par région, ainsi que les coûts moyens par région et au niveau national pour la situation optimale, c'est-à-dire la mise en service de cinq (05) centres de distribution, dont Jijel et Cheraga, actuellement en exercice.

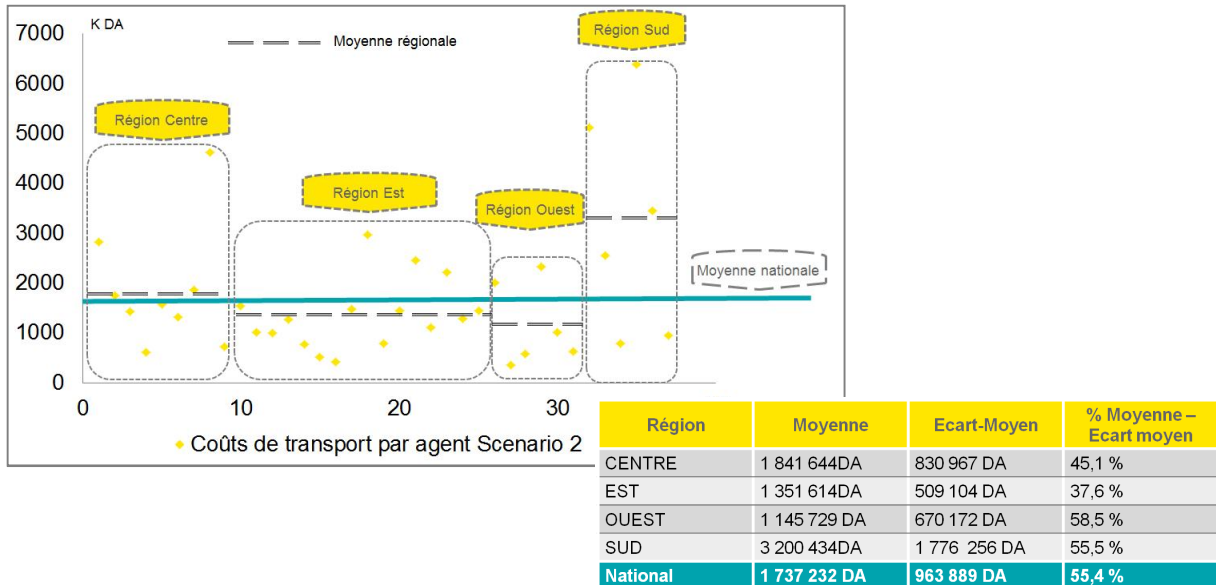


Figure 5.6 : Moyenne des coûts par agent, par région (Scenario 2)

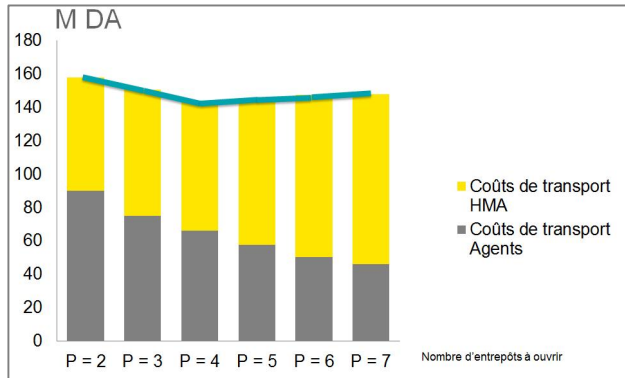
Pour le scenario 2, la situation optimale est donc la sélection de cinq (05) centres de distribution, avec des charges de transport supportés par l'ensemble des agents de l'ordre de 64 227 600 DA (pour une moyenne de 1 737 232 DA par agent) et des charges de transport pour HMA (du port vers ces centres de distribution) évaluées à 72 236 380 DA. La configuration proposée permet de réduire les coûts de transport supportés par les agents de 53 % par rapport à la situation actuelle. La dispersion dans les coûts de transport passe, quant à elle, à 55,4 %, alors qu'elle est de 65,4 % dans la situation actuelle.

**Troisième scenario : Localisation des CD sans contraintes de sauvegarde**

Le scenario 3 traite une localisation des centres de distribution parmi un panel présélectionné de potentiels centres, sans contraintes de sauvegarde d'un ou plusieurs centres actuellement en exercice. Nous remarquons que les scenarios 2 et 3 sont de même nature, mais différent dans le fait qu'il n'y ait aucune contrainte de sauvegarde pour le scenario 3. La méthode de résolution est la même que celle du scenario 2 (p-médian) et les calculs sont obtenus grâce au solveur CPLEX. Ici, le paramètre p est déroulé de p=2 à p=7. La figure 5.7

## CHAPITRE 5 : RESULTATS ET ANALYSE DES RESULTATS

représente les coûts supportés par chacune des parties Agents agréés et HMA. La tendance des coûts globaux suit une courbe convexe dans laquelle une valeur optimale du paramètre  $p$  est identifiée :  $p = 4$ .



Nombre de CD	Charges de transport Agents	Charges de transport HMA	Charges totales
P = 2	90 102 828 DA	67 718 700 DA	157 821 528 DA
P = 3	74 888 207 DA	75 386 290 DA	150 274 497 DA
P = 4	65 915 542 DA	77 283 720 DA	143 199 262 DA
P = 5	57 777 243 DA	87 525 900 DA	145 303 143 DA
P = 6	50 193 652 DA	97 023 360 DA	147 217 012 DA
P = 7	46 005 566 DA	101 879 100 DA	147 884 666 DA

Figure 5.7 : Coûts supportés suivant le paramètre  $p$  (Scenario 3)

Au même titre que pour le scénario 2, nous remarquons que la courbe des coûts globaux de la chaîne logistiques suivent la tendance citée dans la littérature, et dans laquelle le nombre optimal de centres de distribution à ouvrir est identifié. Les coûts subis par chaque partie suivent aussi la tendance expliquée dans (§4.1), c'est-à-dire que les coûts supportés par les agents diminuent en augmentant le nombre de centres de distribution à ouvrir, et les coûts subis par HMA ont un comportement inverse suivant le paramètre  $p$ . Dans le scénario 3, les coûts globaux diminuent suivant le paramètre  $p$  jusqu'à  $p=4$ , puis sont en croissance pour les valeurs supérieures de  $p$ . La situation optimale est donc la mise en service de quatre (04) centres de distribution à travers le territoire national. La sélection de ces centres de distribution sont donnés dans la figure 5.8 qui est une capture d'écran du résultat délivré par le solveur CPLEX. La nomenclature des emplacements des centres de distribution sélectionnés ainsi que l'affectation vers les centres de distribution est données en Annexe D.

## CHAPITRE 5 : RESULTATS ET ANALYSE DES RESULTATS

Warehouse...aile 17)	Valeur
parc1	0
parc2	0
parc3	1
parc4	0
parc5	0
parc6	0
parc7	0
parc8	0
parc9	0
parc10	1
parc11	0
parc12	0
parc13	0
parc14	1
parc15	0
parc16	1
parc17	0

Figure5.8 : Capture d'écran CPLEX : Centres de distribution sélectionnés (Scenario 3)

La carte graphique présentée dans la figure 5.9 est une représentation des centres de distribution retenus pour la situation optimale du scénario 3, et dans laquelle sont données les affectations des agents vers les centres de distribution en question.

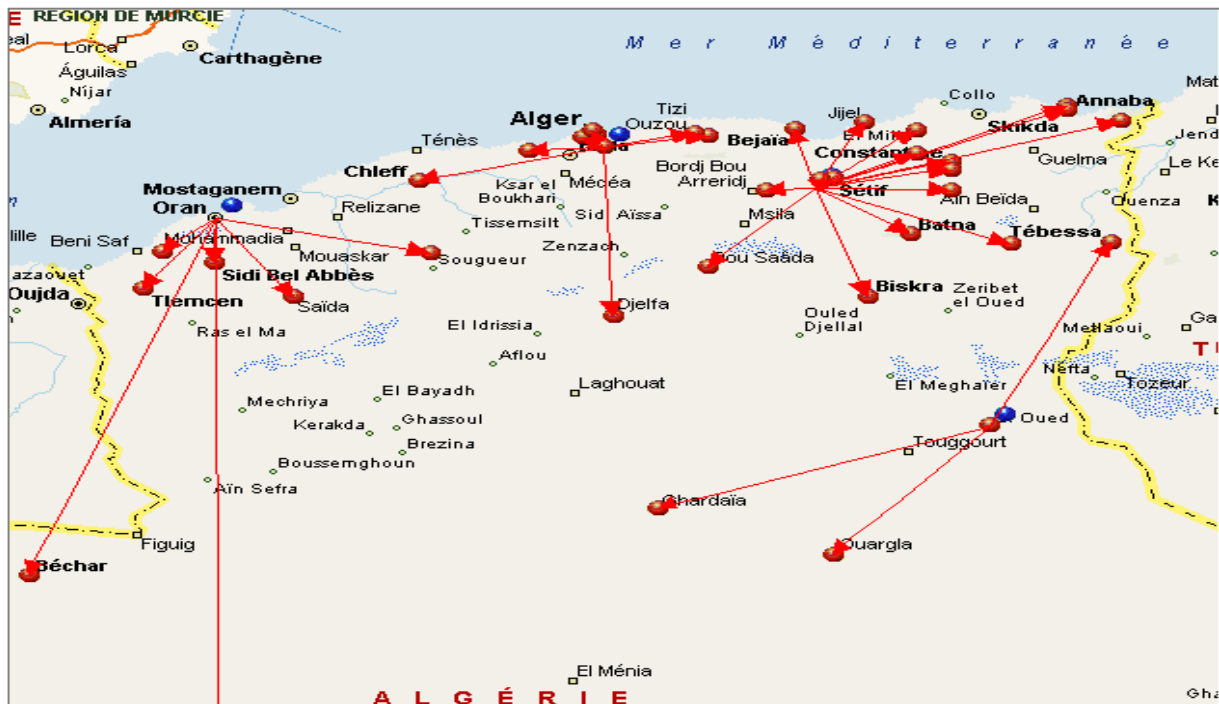


Figure5.9 : Affectation des agents vers les centres de distribution sélectionnés (Scenario 2)

A présent, et après avoir déterminé le nombre de centres de distribution à mettre en service suivant le scénario 3, nous nous étalons sur les coûts de transport supportés par les agents agréés dans cette situation. La figure 5.10 donne la dispersion des coûts supportés par les agents, ainsi que l'écart-moyen de ces coûts. Comme pour les deux scénarios précédents, une agrégation est effectuée par région, et une évaluation du coût moyen national est calculée.

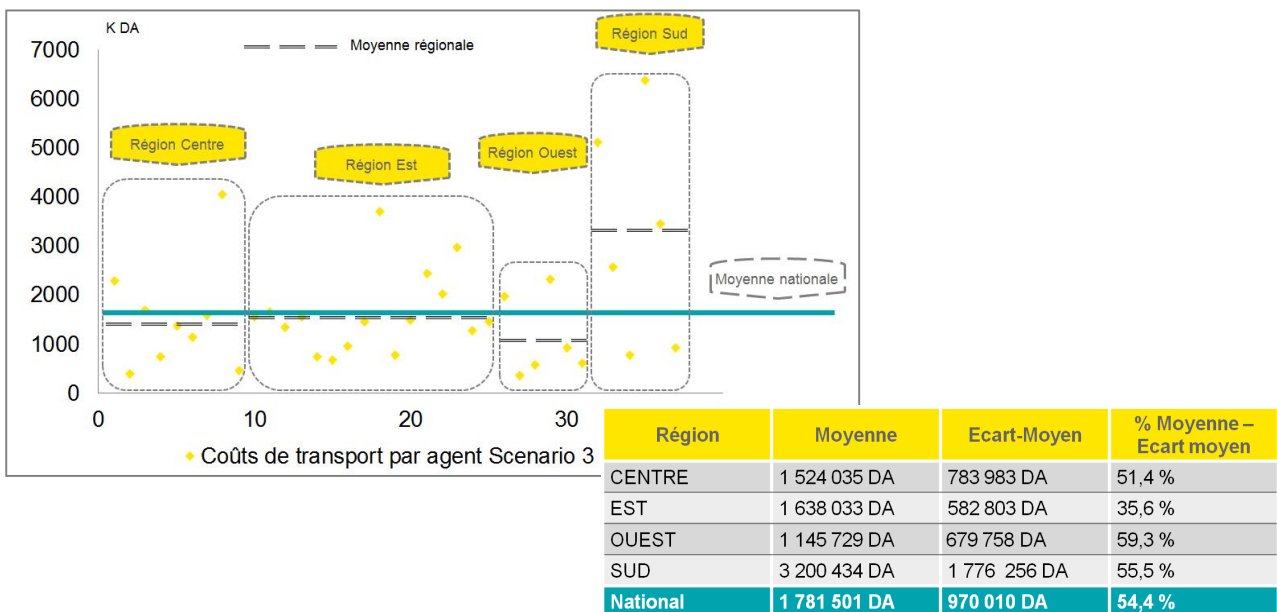


Figure 5.10 : Moyenne des coûts par agent, par région (Scénario 3)

La situation optimale pour le scénario 3 est l'ouverture de quatre (04) centres de distribution. Dans ce cas, les charges supportées par les agents sont pour une moyenne de 1 781 501 DA par agent, et un écart-moyen estimé à 54,4% par rapport à la moyenne, moindre que l'écart-moyen pour la situation actuelle (65,4 %). Cette configuration permet une réduction des coûts moyens de 51,7% par rapport à la situation actuelle. Les charges supportées par HMA sont de l'ordre de 77 283 720 DA.

### 5.3.2 Solution avec clustering hiérarchique

Nous présentons maintenant les résultats obtenus après application de la solution du clustering. Nous commençons d'abord par dérouler les outputs de l'algorithme de clustering



appliqué à nos 37 agents HMA, puis nous utiliserons le modèle p-médian comme dans les scénarios précédents pour optimiser les coûts de transports sous certaines conditions citées précédemment dans le chapitre 4. Enfin, nous discuterons l'optimum atteint pour cette solution et nous comparerons les résultats avec ceux de la solution sans clustering pour arriver à dessiner une approche qui nous donne la meilleure proposition pour la conception de notre réseau.

### 5.3.2.1 Résultats de l'application de la procédure du clustering

#### *Application de l'algorithme sur les données agents :*

Nous avons codé notre algorithme de clusterisation en utilisant le langage C et de le compiler via GCC-GNU Compiler sous CODE BLOCKS avec un ordinateur processeur Intel Dual Core 2. Nous commençons par introduire les paramètres du modèle fixés précédemment en entrant : (voir figure 5.11)

- le nombre d'agents : 37
- la demande minimale par cluster  $V_{min}$  : 1000 Véhicules
- la distance maximale entre cluster : 210 Km

```

2972                                     (if(demand[min1]+demand[min2]+demand[test]<vmin){
"C:\Users\mbelhadi\Documents\2 PFE\GEOCODAGE\CONSOLE\test\bin\Debug\test.exe"
Entrez le nombre d'agents:37
Entrez le Umin:1000
Entrez la dist_max:210
Les clusters livres directement sont: 1  3  8  18  22  24  25  26  31
32
Le nombre de clusterisations possibles est : 27
Entrez la tournée max par cluster:
----- Build: Debug in test (compiler: GNU GCC Compiler)-----
Target is up to date.
  
```

Figure 5.11: Inputs pour déterminer les clusters approvisionnés directement

Le langage C que nous avons utilisé initialise les indices des matrices par défaut à  $i = 0$ . Sachant que  $i$  est un indice qui représente le numéro du Cluster, nous incrémentons chaque valeur de  $i$  retournée par 1. Par exemple, si le modèle retourne le cluster 3, il faudra alors déduire que c'est le cluster 4 qui est en fait retournée.





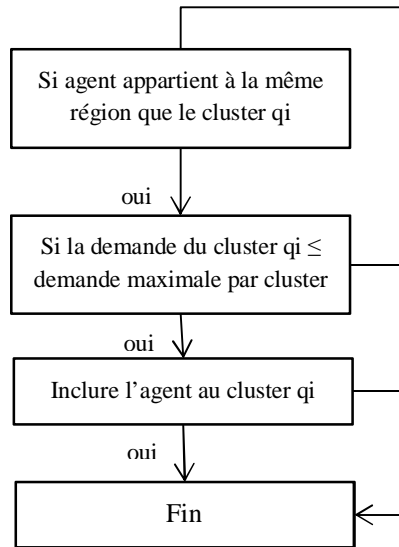


Figure 5.13:Seconde phase du clustering pour le retraitement des clusters non traités

Nous obtenons alors les résultats suivants :

Tableau 5.2 : Résultats de la deuxième phase du clustering

Cluster	Agents appartenant au cluster		Cluster	Agents appartenant au cluster		
Cluster 1	2		Cluster 12	29	21	
Cluster 2	9		Cluster 13	33	<b>22</b>	
Cluster 3	19		Cluster 14	37	10	
Cluster 4	25		Cluster 15	11	36	35
Cluster 5	23	3	Cluster 16	34	16	<b>17</b>
Cluster 6	<b>20</b>	<b>30</b>	Cluster 17	<b>8</b>	<b>7</b>	
Cluster 7	4		Cluster 18	<b>6</b>	<b>31</b>	
Cluster 8	26		Cluster 19	<b>15</b>	<b>12</b>	
Cluster 9	27		Cluster 20	<b>5</b>	<b>24</b>	
Cluster 10	32		Cluster 21	<b>1</b>	<b>13</b>	<b>18</b>
Cluster 11	<b>14</b>	<b>28</b>				

Maintenant, que nous avons les regroupements des agents en 21 clusters vérifiant chacun les paramètres fixés à notre algorithme, nous mettons à jour la nouvelle matrice des distances entre clusters.

## CHAPITRE 5 : RESULTATS ET ANALYSE DES RESULTATS

Nous extrayons les données géo-spatiales (latitude et longitude) de chaque cluster en introduisant leurs adresses sous le BatchGeocodeur 2007 (Voir Figure 5.14). Les résultats de ce géo-codage sont à l'annexe A.

### 4. Géocoder

GEOCODAGE
. Traitees : 21 / 21

Le geocodage d'une adresse vous renvoie les éléments suivants : Latitude et longitude, pertinence du géocodage (accuracy), Nombre de réponses (adresses qui correspondent), adresse ou code d'erreur retourné, et code général retourné par le géocodeur.

### 5. Récupérer les données géocodées

Tout sélectionner

CLUSTER	Ville wilaya	pays	Lat	Lng	Accuracy	NBAdrReturned	Error/Address Code
Cluster1	Tizi ouzou	Algérie	36.716667	4.049999	999999999999545	4	1 Tizi Ouzou, Algeria 200
cluster 7	Bordj Bou Arreridj	Algérie	36.0704188	4.7564045	999999999999996	4	1 Bordj Bou Arreridj, Algeria 200
cluster 2	Tipasa	Algérie	36.6175785	2.3912381	999999999999903	4	1 Tipasa, Algeria 200
cluster 3	alger alger	Algérie	36.752887	3.0420480	00000000225	4	1 Algiers, Algeria 200
cluster 4	BlidaBlida	Algérie	36.4798683	2.8005676	99999999999988	4	1 Blida, Algeria 200
cluster 8	Setif Setif	Algérie	36.1969027	5.4150870	99999999999937	4	1 Setif, Algeria 200
cluster 9	Constantine	Algérie	36.35	6.6000000	000000000023	4	1 Constantine, Algeria 200
cluster 10	Batna	Algérie	35.5685183	6.1871734	99999999999972	4	1 BATNA, Batna, Algeria 200
cluster 17	Sidi bel abbes	Algérie	35.2	-0.6413880	000000000038	4	1 Sidi Bel Abbes, Algeria 200
cluster 5	alner alner	Alérie	36.752887	3.0420480	00000000225	4	1 Alniers, Alneria 200

Format d'origine 
Format Kml (GoogleEarth/Map)

Vous pouvez récupérer les données dans Excel (ou OpenOffice) ou visualiser dans une carte Google Earth ou Google Map.

Figure 5.14 : Résultats de géocodage des clusters sous le BatchGeocodeur 2007

En utilisant le logiciel Mappoint 2013 et en introduisant les données géo-spatiales des 21 clusters, on obtient la figure 5.15 :

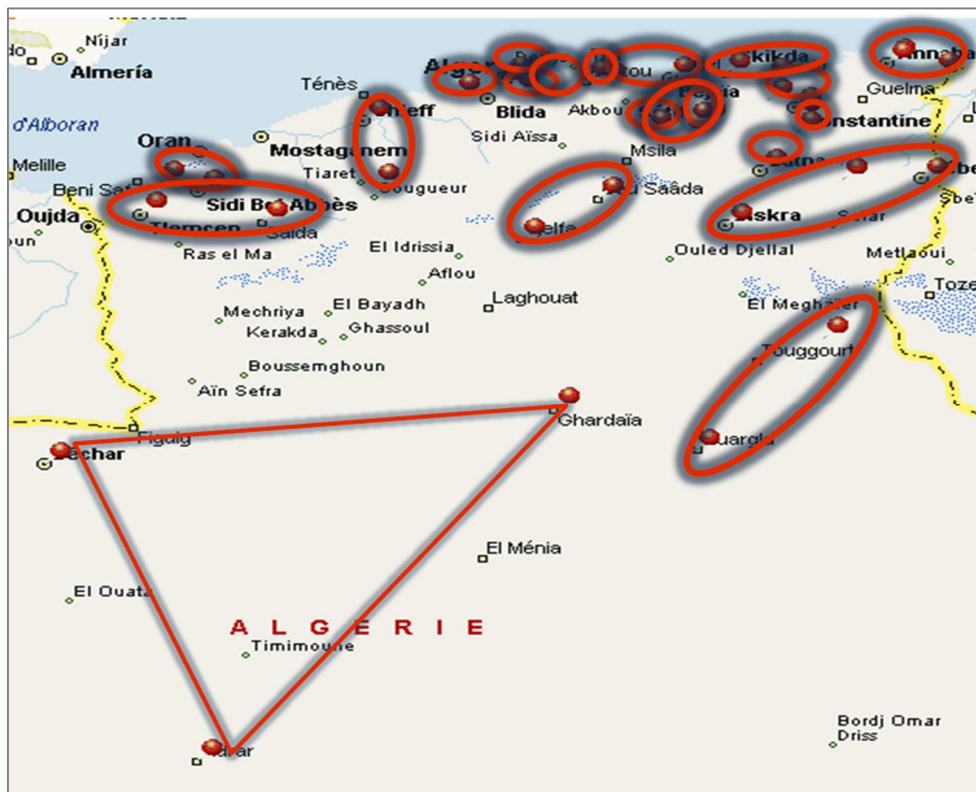


Figure 5.15 : Agents regroupés en 21 clusters

Pour calculer la nouvelle distance entre clusters, on fait appel au « Single Linkage », c'est-à-dire que la distance entre 2 clusters  $q_i$  et  $q_j$  est représentée par la distance minimale entre l'agent  $i'$  appartenant au cluster  $q_i$  et l'agent  $j'$  appartenant au cluster  $q_j$ . Puis en utilisant la formule d'orthodromie, on obtient alors la matrice des nouvelles distances de cluster à cluster.

En utilisant la méthode d'orthodromie (chapitre) on trouve la matrice des distances entre les clusters et les centres de distribution potentiels (Voir Annexe A).

### ***Résultats de l'application du modèle p-médian aux résultats du Clustering***

Contrairement, à la solution proposée sans clustering, nous choisissons de ne pas décider des éventuels parcs actuels à garder ou à éliminer. En permettant ainsi un degré de liberté décisionnelle maximale au modèle, nous lui laissons libre cours pour optimiser les coûts de transports et avoir une affectation précise des 21 clusters aux centres de distribution ouverts. Ainsi, notre réseau approvisionné par le port de Jijel, se compose de 3 échelons : le port, les centres de distribution et les clusters.

Nous notons alors deux types de coûts : les coûts de transport primaires supportés par HMA qui représentent les frets relatifs à l'approvisionnement des centres de distributions ; et les coûts de transport secondaires supportés par les clusters.

Nous appliquons le modèle p-médian spécifique à l'approche par clustering que nous avons présenté précédemment dans le chapitre 4.

Le modèle p-médian ainsi que les données en entrée sont écrits en langage de modélisation OPL spécifique au solveur ILOG CPLEX. La figure 5.16 représente un exemple de ce code.

```

11
12 //Data
13 int P = ...;
14 {string} clusters = ...;
15 {string} DC = ...;
16 float couts[clusters][DC] = ...;
17
18 //Variables
19 dvar boolean OpenWarehouse[DC];
20 dvar boolean Affectation[clusters][DC];
21
22 //Objective
23 minimize
24     sum( p in clusters , w in DC )
25         couts[p][w]*Affectation[p][w];
26
27 //Constraints
28 subject to {
29     forall( p in clusters )
30         ctShip:
31             sum( w in DC )
32                 Affectation[p][w] == 1;
33
34     ctOpen:
35         sum( w in DC ) |
36             OpenWarehouse[w] == P;
37     forall( p in clusters , w in DC )
38         ctShipOpen:
39             Affectation[p][w] <= OpenWarehouse[w];

```

Figure 5.16 : Modèle p-médian écrit en langage OPL sous le solveur IBM ILOG CPLEX

En exécutant pour chaque  $p$ , le modèle sous le solveur IBM ILOG CPLEX Optimization Studio, on obtient comme sorties : un vecteur regroupant les centres de distribution à ouvrir et une matrice regroupant les affectations des clusters aux DC ouverts comme le montre la figure 5.17.

Solution avec l'objectif 66 249	
Nom	Valeur
<b>Données (4)</b>	
clusters	{"cluster1" "cluster2" "cl...
couts	[[3951 992 2020 5912 383...
DC	{"DC 1" "DC 2" "DC 3" "...
P	3
<b>Variables de décision (2)</b>	
Affectation	[[0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 ...
OpenWarehouse	[0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 ...
<b>Contraintes (3)</b>	
ctOpen	sum(w in DC) OpenWar...
ctShip	sum(w in DC) Affectatio...
ctShipOpen	Affectation[p][w] <= Op...

DC (taille 17)	Valeur
DC 1	0
DC 2	0
DC 3	1
DC 4	0
DC 5	0
DC 6	0
DC 7	0
DC 8	0
DC 9	0
DC 10	0
DC 11	0
DC 12	1
DC 13	0
DC 14	0
DC 15	0
DC 16	0
DC 17	1

Figure 5.17: Les DC ouverts pour  $p=3$

## CHAPITRE 5 : RESULTATS ET ANALYSE DES RESULTATS

En effet, pour chaque  $p$ , les contraintes sont vérifiées pour pouvoir retourner l'affectation adéquate des clusters aux DC ouverts. La figure 5.18 est un exemple de cette vérification.

clusters (taille 21)	DC (taille 17)	Valeurs
		Contrainte
cluster1	DC 1	Affectation#0#0 <= OpenWarehouse["DC.1"]
cluster1	DC 2	Affectation#0#1 <= OpenWarehouse["DC.2"]
cluster1	DC 3	Affectation#0#2 <= OpenWarehouse["DC.3"]

Figure 5.18 : Vérification des contraintes pour l'affectation des clusters aux DC

Par la suite, nous calculons les coûts de transport supportés par chaque cluster par rapport au DC qui lui est affecté (Voir calculs intermédiaires en Annexe D). L'écart moyen entre les coûts supportés au sein de chaque cluster, nous permet d'avoir une visibilité sur l'homogénéité des charges pour les agents appartenant au même cluster. La somme des coûts de transport supportés par les clusters, nous donne le coût de transport secondaire pour chaque  $p$  (Voir tableau 5.3).

Tableau 5.3 : Calcul des coûts primaires et secondaires pour chaque  $p$

	Frais moyen par Cluster	Ecart Moyen	% Ecart Moyen - Moyenne	Transport secondaire (DC -cluster)	Transport primaire (Port - DC)	Coût total	Ratio de stabilité
<b>P=2</b>	4 311 554	2 987 825	69%	90 542 631	48 762 057	139 304 687	0,54
<b>P=3</b>	3 183 679	1 792 135	56%	66 857 250	57 413 911	124 271 161	0,86
<b>P=4</b>	2 618 335	1 373 738	52%	54 985 040	68 961 253	123 946 293	1,25
<b>P=5</b>	2 075 634	1 157 284	56%	43 588 320	59 081 397	102 669 717	1,36
<b>P=6</b>	1 788 790	1 031 275	58%	37 564 592	58 845 796	96 410 388	1,57
<b>P=7</b>	1 586 352	824 621	52%	33 313 397	62 744 276	96 057 673	1,88

Les coûts primaires sont des coûts que HMA doit supporter. Les coûts secondaires sont des coûts que les clusters doivent supporter en payant HMA pour la livraison des véhicules jusqu'au parc de chaque agent. Ainsi, on remarque que les deux flux sont

inverses (voir figure 5.19) : HMA débourse pour approvisionner ses centres de distribution et les agents payent en retour HMA (ou le gestionnaire des DC désigné par HMA). On comprend alors que pour obtenir l'optimum, on représente la variation des coûts primaires et secondaires pour chaque p et déduisons l'optimalité lorsqu'on constate un équilibre et un écart relativement faible.

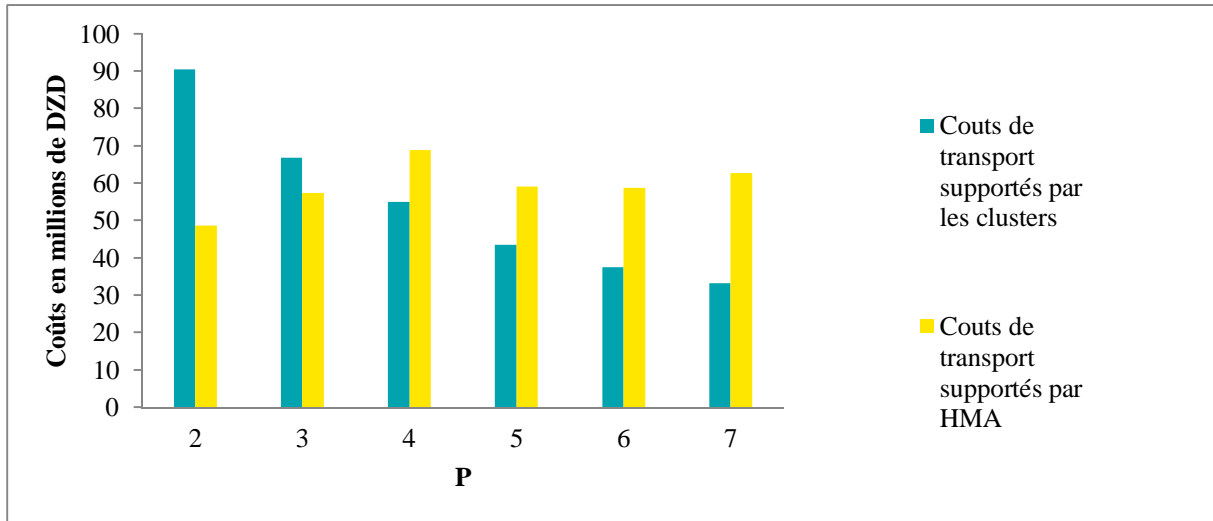


Figure 5.19 : Coûts primaire et secondaire généré pour chaque p

Nous ajoutons un calcul du ratio de stabilité pour chaque p qui est le ratio entre les coûts supportés par HMA et ceux supportés (payés) par les clusters (les agents). Plus ce ratio se rapproche de 1, plus les flux monétaires entre les deux acteurs sont stables et équitables.

On remarque que les coûts supportés par HMA lors de l'approvisionnement des DC à ouvrir pour p=3 et p=4 sont relativement similaires aux coûts supportés par les clusters puisque lors de l'ouverture de 3 centres de distributions. On constate un ratio de stabilité de 0,86 et pour p=4, nous avons un ratio de 1,25. Nous devons alors choisir quel nombre de centres de distribution choisir soit 3 ou 4. Pour la prise de cette décision, nous nous référons à l'écart moyen entre les ratio de stabilité de chaque p, par rapport à l'idéale c'est-à-dire 1. On trouve alors que pour p=3 le ratio est 14% en dessous de l'idéale c'est-à-dire que les clusters supportent 14% moins de coûts que HMA. Pour p=4, il est supérieur de 25%. Dans ce cas HMA supporte 25% de moins en transport que ses agents. Pour choisir entre les deux, il faut alors représenter la dispersion des deux configurations et déduire la plus homogène et stable possible.



## CHAPITRE 5 : RESULTATS ET ANALYSE DES RESULTATS

Pour  $p=3$ , où l'ouverture de 3 centres de distribution est de mise : le DC 3 (Centre), 12 (Est) et 17 (Sud), nous obtenons la dispersion représentée par la figure 5.20 :

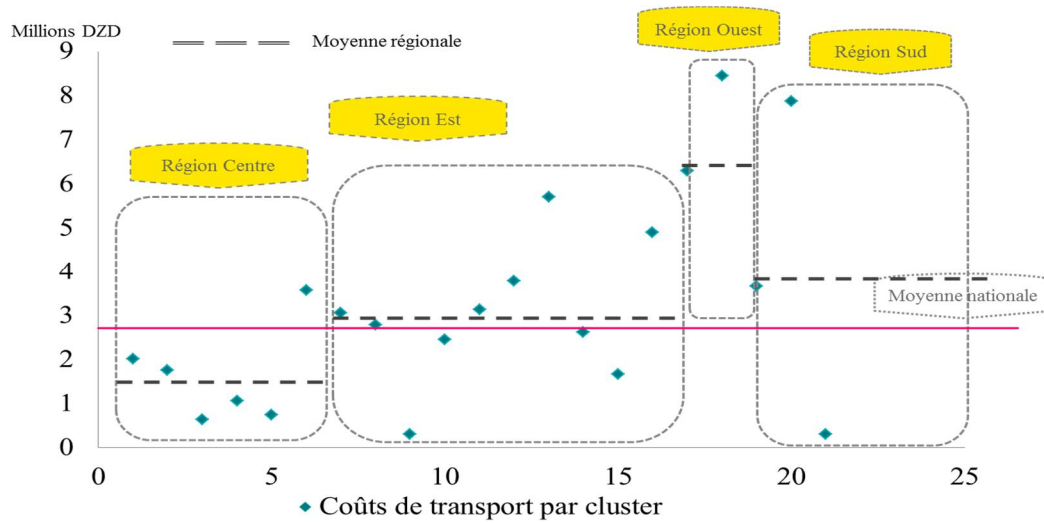


Figure 5.20 : Dispersion des coûts supportés par les clusters pour l'ouverture de 3 DC

Nous représentons maintenant dans la figure 5.21 la dispersion entre les coûts de transports supportés par les clusters dans le cas où le nombre de centre de distribution est de  $p=4$ . Figure 5.21

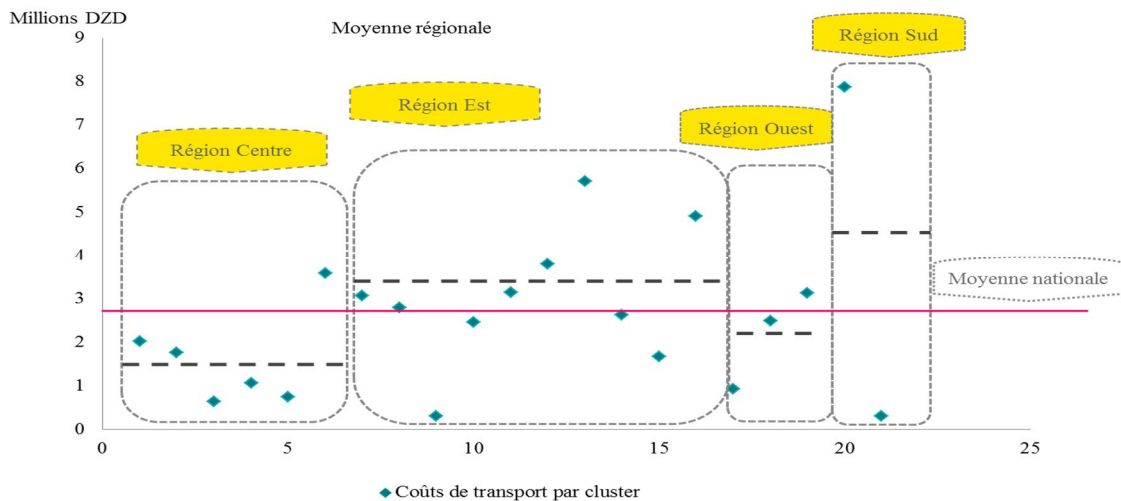


Figure 5.21: Dispersion des coûts supportés par les clusters pour l'ouverture de 4 DC

En comparant ces deux graphiques, on remarque que la dispersion dans les régions Centre et Est sont relativement identiques. La différence se creuse lorsqu'il s'agit de la région Ouest et Sud.

En effet, pour  $p=3$ , il n'y a pas de centre ouvert pour la région Ouest et les clusters de cette région sont alors affectés au DC 3 de la région Centre et au DC 17 de la région Sud ce qui



## CHAPITRE 5 : RESULTATS ET ANALYSE DES RESULTATS

génère des écarts important allant jusqu'à 40%. Pour  $p=4$ , les 4 centres ouverts sont à raison de 1 par région ainsi pour la région ouest on se retrouve avec une moyenne régionale de 63% inférieure à celle de  $p=3$ . L'écart au sein de cette région est alors seulement de 38% en moyenne.

Nous en déduisons que notre choix vient se porter sur la deuxième configuration à savoir, l'ouverture de 4 centres de distribution.

Les clusters assignés à chaque centre de distribution ouvert sont présentés dans le tableau 5.4 :

Tableau 5.4 : Clusters affectés aux 4 centres de distribution ouverts

DC 3 : Blida		DC 12: Batna		DC 14: Oran		DC 17: Bechar	
<b>Cluster 1</b>	Tizi Ouzou	<b>Cluster 6</b>	Bousaada Djelfa	<b>Cluster 17</b>	Sidi Bel Abbes Ain Témouchent	<b>Cluster 21</b>	Adrar Bechar Ghardaia
<b>Cluster 2</b>	Tipaza	<b>Cluster 7</b>	Bordj Bou Arréridj	<b>Cluster 18</b>	Saida Tlemcen		
<b>Cluster 3</b>	Alger	<b>Cluster 8</b>	Setif	<b>Cluster 19</b>	Tiaret Chlef		
<b>Cluster 4</b>	Blida	<b>Cluster 9</b>	Constantine				
<b>Cluster 5</b>	Alger	<b>Cluster 10</b>	Batna				
<b>Cluster 12</b>	Oum El Bouaghi Constantine	<b>Cluster 11</b>	Mila, setif				
		<b>Cluster 13</b>	Jijel Jijel				
		<b>Cluster 14</b>	Tizi, bejaia				
		<b>Cluster 15</b>	Biskra Tebessa Khenchela				
		<b>Cluster 16</b>	Annaba Annaba El Taref				
		<b>Cluster 20</b>	Ouargla El Oued				

*Nouvelle structure du réseau de distribution*

La représentation cartographique du réseau de distribution obtenu avec ouverture de quatre centres de distribution auxquels sont affectés les 21 clusters a été faite à partir du logiciel de MapPoint 2013 comme suit dans la Figure 5.22.

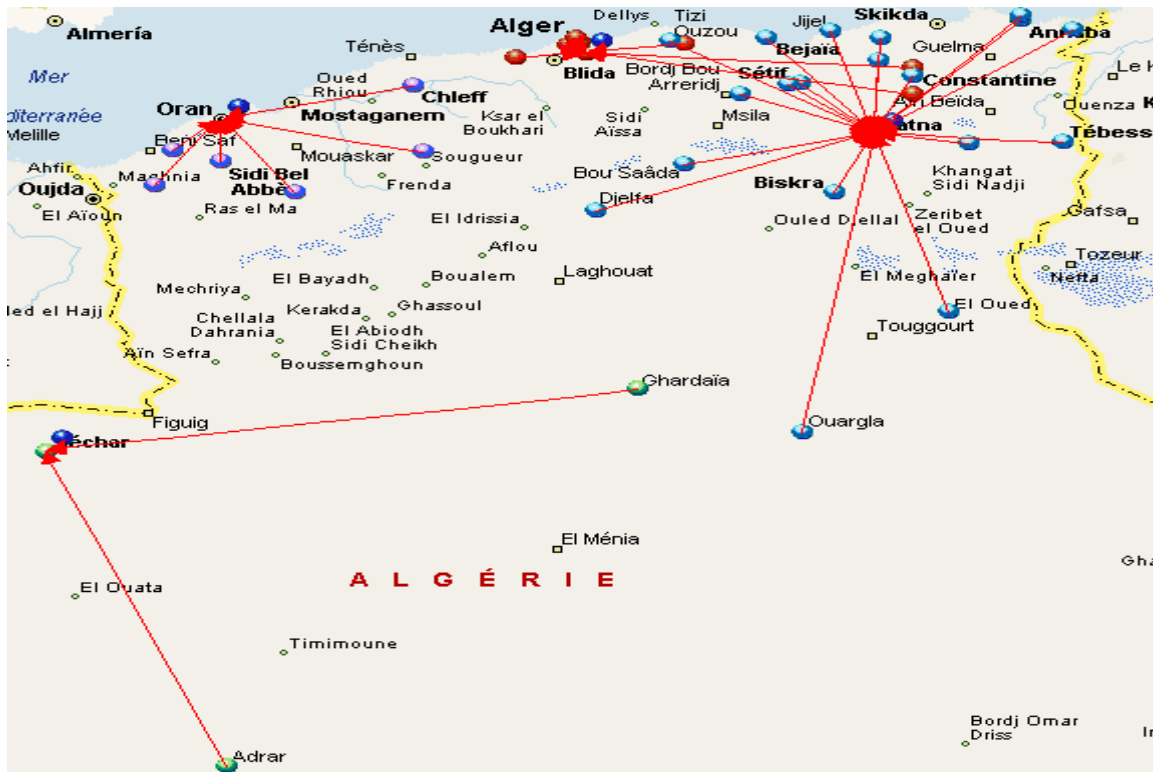


Figure 5.22 : Clusters affectés aux 4 centres de distribution ouverts

**5.4 Analyse des résultats**

Les trois scénarios envisagés dans ce travail ont eu des apports considérables, en termes de coûts de transport supportés par les agents, et par l'entreprise HMA. Dans le premier scénario, qui consiste à effectuer une affectation optimale des agents agréés vers les centres de distribution actuellement en service, qui sont au nombre de cinq (05), la réduction des coûts de transport est à hauteur de 40,4% pour les agents agréés. Dans le scénario 2, la réduction de ces coûts est de l'ordre de 53%. Rappelons que ce scénario consiste à sauvegarder deux centres de distribution (Cheraga et Jijel) pour leur forte activité, et sélectionner d'autres centres parmi le panel de centres potentiels. La situation optimale a

## CHAPITRE 5 : RESULTATS ET ANALYSE DES RESULTATS

retenu cinq (05) centres de distribution. Dans le troisième scénario, aucune contrainte de sauvegarde de centre de distribution n'est posée. La réduction des coûts dans ce scénario est de l'ordre de 52%. Remarquons que la performance dans le troisième scénario, en termes de charges de transport, est moindre que celle du second scénario, mais il est à signaler que le nombre de centres de distribution à mettre en service dans ce scénario passe à quatre (04) centres de distribution, au lieu de cinq (05) pour le deuxième et premier scénario. Cette situation est retenue comme étant optimale du fait de notre vision et raisonnement suivant une performance globale de la chaîne logistique, et non une performance locale, c'est-à-dire au profit des agents agréés seulement. En effet, cette situation dans laquelle quatre centres de distribution sont mis en service avantage l'entreprise HMA dans la réduction de la complexité de son réseau de distribution. Une solution de clustering hiérarchique des agents agréés a aussi été testée, et a donné naissance à vingt-et-un (21) clusters suivant certains critères, et à la sélection de quatre (04) centres de distribution pour les desservir. La réduction des coûts de transport que permet d'effectuer cette solution de clustering est de 64%. Le tableau 5.5 retrace les différents résultats obtenus au travers de ce projet.

Tableau 5.5 : Récapitulatif des coûts moyens par agent, par solution proposée

<b>Coût moyen par agent: situation actuelle</b>				
<b>3 695 436 DZD</b>				
	<b>Scenario 1</b>	<b>Scenario 2</b>	<b>Scenario 3</b>	<b>Cluster</b>
<b>Nombre de DC</b>	5	5	4	4
<b>Coût moyen par agent</b>	2 201 471	1 737 232	1 787 501	1 309 167
<b>Ecart Situation actuelle</b>	40,4%	53%	51,7%	64%

### Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons déroulé les différents résultats obtenus au cours de notre projet de conception d'un réseau de distribution. Après une présentation des critères d'optimisation, ainsi que du solveur choisi, les différents résultats sont séparés en deux parties, pour distinguer entre les solutions obtenues sans clustering, et en déroulant une démarche de clustering hiérarchique.

## CHAPITRE 5 : RESULTATS ET ANALYSE DES RESULTATS

Les résultats obtenus sont prometteurs, et permettent de réduire les coûts de transport pour les agents agréés de 51 % pour les scénarios sans clustering, et une réduction de 64% pour la solution de clustering hiérarchique. Les résultats obtenus sont présentés de façon synthétisée à travers une représentation graphique des centres de distribution sélectionnés dans chaque scénario étudié, en ajoutant les affectations des agents agréés vers ces centres.

# **CONCLUSION GÉNÉRALE**

## CONCLUSION GENERALE

Le travail effectué a consisté à l'élaboration d'un réseau de distribution pour le compte d'une concession automobile en Algérie, en l'occurrence Hyundai Motor Algérie. L'objectif principal assigné à ce projet est la réduction des charges logistiques, particulièrement les coûts de transport, à travers l'identification d'un nombre optimal de centres de distribution à mettre en service, leur emplacement, ainsi que l'affectation optimale des points de demande (qui sont les agents agréés) vers ces centres. La problématique de restructuration du canal de distribution a découlé d'un diagnostic effectué sur la performance du réseau de distribution, qui a mené à auditer un panel de trente-sept (37) agents agréés au sujet de toutes les activités en relation avec la vente de véhicules neufs. Les principaux paramètres ayant motivé notre démarche de restructuration du réseau de distribution sont la différence des prix de ventes justifiés par les frais de transport, les ruptures de stocks récurrentes et l'obsolescence des véhicules. Après une simulation de la situation actuelle de la distribution des véhicules neufs, qu'est l'approvisionnement à partir d'un même centre de distribution pour les mêmes agents, et dans laquelle une estimation des coûts moyens a été effectuée, nous avons d'abord défini une solution sans clustering regroupant trois scénarios puis une solution utilisant un clustering hiérarchique des agents pour mutualiser les commandes. La conception des modèles de distribution pour ces scénarios est soumise à des considérations jugées importantes dans l'industrie automobile. Par exemple, l'affectation des agents agréés vers les centres de distribution est exclusive, c'est-à-dire qu'un agent agréé ne peut être affecté qu'à un seul et unique centre de distribution.

Le premier scénario a consisté à effectuer une affectation des agents agréés vers les centres de distribution actuellement en service. L'entreprise HMA dispose de cinq (05) centres de distribution à capacité consistante, et cet état de fait nous a encouragé à penser à une utilisation optimale de ces centres, pour remédier à l'affectation systématique des agents agréés vers le centre de Jijel. Les résultats obtenus (avec le solveur IBM CPLEX) sont une affectation optimale de ces agents vers les centres de distribution actuels, et ont permis une réduction des coûts moyens supportés par un agent de l'ordre de 41 %. L'avantage de l'implémentation de ce scénario est le temps d'exécution réduit pour le mettre en place. En effet, l'exploitation de ce scénario nécessite uniquement une réorganisation de la gestion des commandes.

Le second scénario a traité de la sauvegarde de deux centres de distribution, jugés critiques pour la forte activité qui y règne, et leur importance dans la configuration actuelle. Il s'agit, ici, d'identifier d'autres centres de distribution à ajouter à ces deux centres sauvegardés, pour satisfaire la demande globale. Le choix d'autres centres de distribution est effectué sur la base d'un panel de dix-sept (17) centres potentiels, objectivement choisis. Cette problématique a été résolue par un algorithme p-médian, qui consiste à choisir p centres de distribution parmi n potentiels centres, de façon à optimiser une fonction objectif et à respecter des contraintes. L'algorithme p-médian permet aussi d'avoir l'affectation optimale des points de demande vers les centres de distribution. Les contraintes soumises à ce scénario sont l'ouverture obligatoire des deux centres sauvegardés, ainsi que la contrainte de capacité des centres de distribution actuels. La contrainte de capacité ne concerne pas les centres de distribution à choisir parmi les dix-sept centres potentiels, car ils sont considérés comme étant à capacité illimitée. La résolution est effectuée suivant le paramètre p, que nous déroulons de  $p = 3$  à  $p = 7$ . Suivant un critère d'optimisation qui est la minimisation des coûts globaux de transport (supportés par les deux parties : HMA et les agents agréés), la situation optimale fait ressortir que le nombre optimal de centres de distribution à mettre en service est de cinq (05), c'est-à-dire les deux centres sauvegardés, ainsi que trois autres centres sélectionnés par l'algorithme. La solution optimale permet une réduction des coûts de transport de l'ordre de 53% par rapport à la situation actuelle.

Le troisième scénario étudié est identique au deuxième scénario, sauf qu'aucune contrainte de sauvegarde de centres de distribution n'est imposée. Ce scénario ne tient pas compte de la situation actuelle et de l'activité de HMA, et tend à se rapprocher considérablement d'un état optimal, puisque les centres de distribution actuels sont inclus dans le panel de centres de distribution. Ici, le paramètre p (nombre de centres de distribution à ouvrir) a été déroulé de  $p = 2$  à  $p = 7$ . La résolution, effectuée aussi sur le solveur IBM CPLEX, a permis d'identifier une situation optimale qui requiert l'ouverture de quatre (04) centres de distribution, et aussi d'établir les affectations des agents vers centres sélectionnés. La configuration présentée dans le scénario 3 a permis de réduire les coûts de transport par rapport à la situation actuelle de l'ordre de 52 %.

Par la suite, une solution de clustering hiérarchique a été implémentée. En effet, les solutions proposées sans clustering se basent sur l'hypothèse que les camions sont toujours chargés en totalité. Ce qui n'est pas réaliste dans un environnement incertain. La solution de conception de réseau de distribution avec clustering des agents vient assurer une continuité du

remplissage des camions au fur et à mesure des commandes émises par les agents. Ainsi, le cluster regroupant un certain nombre d'agents, leur commande se voit alors être mutualisée et centralisée chez un centre de distribution. Pour livrer les véhicules, il suffit au camion transporteur d'effectuer une tournée à travers les différents agents composant un cluster. La composition même d'un cluster et ses propriétés ont été fixés et justifiés. Un cluster doit vérifier une demande minimale de 1000 véhicules, une distance maximale entre 2 agents de 210 Km, une tournée maximale entre les agents de 500 Km et un nombre maximal de 3 agents par cluster. Ces paramètres et conditions établis, nous avons appliqué un algorithme de clustering hiérarchique ascendant sur l'ensemble des agents codé en langage C et compilé sous Code Blocks. Le résultat de cette première phase de clustering a été la clusterisation de seulement 23 agents. Nous avons donc développé un autre algorithme pour une seconde phase de clusterisation. Ce dernier se base sur la classification régionale des agents et des clusters. Un agent peut alors être regroupé avec un cluster dont la demande minimale n'atteint pas les 1000 véhicules et appartenant à la même région. Nos 21 clusters obtenus, nous avons appliqué un modèle p-médian avec une fonction objectif minimisant les coûts de transports supportés par les clusters. La résolution s'est faite grâce à la technologie ILOG CPLEX développée par IBM. En variant, le p qui est le nombre de centres de distribution à ouvrir, nous nous retrouvons avec un optimum atteint avec p=4 c'est-à-dire pour l'ouverture des 4 centres de distributions : DC 3 (Blida, Centre), DC 12 (Batna, Est), DC 14 (Oran, Ouest) et DC 17 (Béchar, Sud). En effet, cette configuration permet de réduire les coûts de transport par rapport à la situation actuelle de 64%.

Tableau 5.5 : Récapitulatif des coûts moyens par agent, par solution proposée

Coût moyen par agent: situation actuelle				
3 695 436 DZD				
	Scenario 1	Scenario 2	Scenario 3	Cluster
Nombre de DC	5	5	4	4
Coût moyen par agent	2 201 471	1 737 232	1 787 501	1 309 167
Ecart Situation actuelle	40,4%	53%	51,7%	64%



En comparant les coûts moyen par agent et l'écart par rapport à la situation actuelle, on en déduit que la solution optimale pour la conception de notre réseau et qui reste stable pour les deux parties prenantes autant pour HMA que pour ses agents est la solution par clusterisation des agents et mutualisation des commandes. En effet, cette solution enregistre une amélioration de 64% des coûts supportés par les agents par rapport à la situation actuelle.

Notons que Hyundai Motor Algérie fait partie du groupe industriel Cevital qui jouit d'une filiale « Numilog », spécialisée dans le transport et la gestion de plateformes logistiques. Ainsi, nous supposons que si HMA venait, sur le plan stratégique, à ouvrir des centres de distributions et à organiser ses agents en clusters, elle ferait appel à un prestataire 3-PL pour gérer ces centres. Ce prestataire pourrait alors être Numilog et ainsi faciliter le développement et la gestion interne du projet. En effet, le gestionnaire des DC aura pour responsabilité : la veille au partitionnement des commandes, la logistique des tournées du camion à travers un même cluster, l'encaissement des frets payés par les agents, la gestion des conflits et la gestion intermédiaire des retours.

Il reste que cette solution bien qu'optimale demande un engagement de la part de HMA pour mener à bien l'implantation de ces centres de distributions et de développer des procédures de gestion spécifiques à son business plan.

Notons que notre étude peut ouvrir d'autres domaines d'application et être renforcée par d'autres concepts. En effet, à travers notre travail, il est clair que nous avons supposé la demande comme étant fixe sur un horizon d'un an. On peut aller plus loin en effectuant la même démarche en prenant en compte la périodicité de la demande et même la demande implicite puisque nous évoluons dans un environnement incertain. Autre aspect, la modélisation par p-médian. Nous avons utilisé le p-médian puisqu'il permet entre autre au décideur de fixer le nombre de centres de distribution à ouvrir. Une approche plus radicale et idéale aurait été d'appliquer la modélisation par la programmation en nombre entiers mixte (Mix Integer Programming) : cette solution permet d'effectuer une résolution non supervisée c'est-à-dire sans fixer au préalable le nombre de centres à ouvrir. Nous obtiendrons ainsi une situation optimale par rapport à laquelle nous nous référerions. Autre perspective : la qualité des clusters. L'algorithme hiérarchique ascendant que nous avons développé pour cette étude a une complexité quadratique ce qui reste raisonnable dans notre cas (n étant de 37 agents). L'amélioration de cet algorithme pour qu'il puisse être utilisé pour des ordres de grandeurs plus importants allié aux tests de qualité de clustering ( par la mesure de l'inertie,

de la silhouette ou de la séparation inter et intra cluster ) permettrait d'appliquer le clustering avec précision à un panel plus large d'objets. En outre, le choix du nombre de centres de distribution pour chaque scénario a été effectué suivant la variation du coût de transport total pour les 3 scénarios de la solution sans clustering et suivant la dispersion et le ratio de stabilité dans la solution avec clustering. Les coûts variant pour les deux parties prenantes, un équilibre de Nash aurait pu être calculé via des calculs probabilistiques pour déterminer le nombre et la localisation des centres de distributions favorables autant à Hyundai Motor Algérie que pour ses agents. Enfin, en termes de management de projet, une planification avancée du projet d'ouverture de ces centres de distribution comme le lancement d'un centre pilote et son dimensionnement peut aussi représenter une suite intéressante pour ce travail.

## BIBLIOGRAPHIE

- Arifin, S. (2010). *Location Allocation problem using Genetic Algorithm and Simulated Annealing : A case study based on school in Enschede*. Twente: University of Twente.
- Barreto, S., Ferreira, C., Paixao, J., & Santo, B. (2007). Using clustering analysis in a capacitated location routing problem. *European Journal of Operations Research*, 968-977.
- Blum, E. (2011, Juillet 28). Retrieved Mai 2015, 26, from [www.cours-marketing.fr/marketing/politique-de-distribution/la-fonction-distribution-et-son-role/](http://www.cours-marketing.fr/marketing/politique-de-distribution/la-fonction-distribution-et-son-role/)
- Boumazza, A. (2014, Août 13). Retrieved Avril 25, 2015, from [www.algerie-focus.com/blog/2013/08/5-millions-de-voitures-en-circulation-en-algerie-bonne-ou-mauvaise-nouvelle/](http://www.algerie-focus.com/blog/2013/08/5-millions-de-voitures-en-circulation-en-algerie-bonne-ou-mauvaise-nouvelle/)
- Brandeau, M., & Chiu, S. (1989). An overview of representative problems in location research. In *Management Science* (pp. 645 - 674).
- Brown, G., Graves, G., & Honczarenko, M. (1987). Design and operation of multicommodity production/distribution system using primal goal decomposition. *Manage Sci.*
- businessnews.com.tn. (2015, Février 23). Retrieved Avril 25, 2015, from [www.businessnews.com.tn/le-parc-automobile-en-tunisie-compte-pres-de-1800000-unites](http://www.businessnews.com.tn/le-parc-automobile-en-tunisie-compte-pres-de-1800000-unites)
- Chopra, S., & Meindl, P. (2001). *Supply Chain Management: Strategy, Planning, and Operations*. Upper Saddle River: Prentice-Hall.
- PEETERS, D., & THOMAS, I. (2001). " Localisation des services publics : de la théorie aux applications " p. 105 – 127 in SANDERS L. Modèles en analyse spatiale, Hermes science publications, Paris, 329 p.
- LABBE, M., D., PEETERS, & J.-F., THISSE (1995). Location on networks, in M. Ball, T. Magnanti, C. Monma et G. Nemhauser (eds.): *Handbook on Operations Research and Management Science: Networks*, North Holland, 551-624.
- Christopher, M. (2005). *Logistics and Supply Chain Management : creating value-added network*. Prentice Hall.
- Daskin, M., Snyder, L., & Berger, L. (2005). *Facility location in supply chain design*. New York: Springer.
- Eshrich, S., Ke, J., Hall, L., & Goldgof, D. (2003). Fast Accurate Fuzzy Clustering through Data Reduction. *IEEE Transactions on Fuzzy Systems*, 262-270.
- EY. (2012). *E-Learning EY*. Paris: EY Advisory Global.
- EY, E.-L. (2014). *Automotive Industry*. Paris: EY Advisory Global.

- Ferretti, I., Zanoni, S., & Zavanella, L. (2006). *Distribution Network Design under uncertain demand*. Brescia: Department of Mechanical and Industrial Engineering, Université de Brescia.
- Festinger, J.-C. (2009, Décembre 15). *L'étude Benchmark ASLOG 2008/2009 : L'état de l'art de la logistique globale des entreprises en France*. Consulté le Mai 25, 2015, sur <http://www.aslog.org/fr/315-l-etude-benchmark-aslog-20082009>
- Fleischmann, B., Meyr, H., & Wagner, M. (2008). *Supply Chain Management and Advanced Planning Concepts, Models, Software and Case Studies*. Berlin: Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- Geoffrion, A., & Graves, G. (1974). Multicommodity distribution system design by Benders decomposition. *Manage Sci.*
- Dunn, J., Well separated clusters and optimal fuzzy partitions. *Journal of Cybernetics*, 4:95–104, 1974.
- Golmohammadi, V., Afshari, H., Hasanzadeh, A., & Rahimi, M. (2010). A heuristic approach for designing a distribution network in a supply chain system. *African Journal of Business Management*.
- Gruha, S., Meyerson, A., & Munagala, K. (2000). Hierarchical placement an network design problems. *Proceedings of the 41th annual IEEE Symposium on Foundations of Computer Science*, (pp. 603-612).
- hyundai-algerie.com. (2015, Février 15). Retrieved Février 15, 2015, from [www.hyundai-algerie.com](http://www.hyundai-algerie.com)
- Izadi, A., & Kimiagari, A. (2014). Distribution network design under demand uncertainty using genetic algorithm and Monte Carlo approach : a case study in pharmaceutical industry. *Journal of Industrial Engineering International*.
- Jayaraman, V. (1998). An efficient heuristic procedure for practical-sized capacitated warehouse design and management. *Decision Sci.*
- JORADP. (2015). *Décret Exécutif 15-58*. Alger: Journal Officiel de la République Algérienne Démocratique et Polulaire.
- Kchaou, M. (2013). *Modeling and solving a distribution network design problem with multiple operational constraints*. Paris: Ecole Centrale Paris.
- Laribi, Y. (2015, Février 24). Directeur Logistique HMA. (A. B. Nacer, Interviewer)
- lavieeco.com. (2014, Aril 29). Retrieved Avril 25, 2015, from [www.lavieeco.com/news/actualites/maroc-plus-de-2-3-millions-de-voitures-en-circulation-a-fin-2013](http://www.lavieeco.com/news/actualites/maroc-plus-de-2-3-millions-de-voitures-en-circulation-a-fin-2013)
- Le Goupil, A. (2014, Janvier 31). *Prezi Inc*. Retrieved Mai 2015, 25, from Prezi Inc. Web site: <https://prezi.com/xow04gturnjm/les-couts-logistiques-et-leur-evolution/>
- Martinez, F. (2015, Février 10). Retrieved Février 25, 2015, from [www.automotive-marketing.com](http://www.automotive-marketing.com)
- Mirchandani, P., & Francis, R. (1990). *Discrete location theory*. Wiley-Interscience.

- Murray, A. (2010). Advances in Location modeling : GIS linkages and contributions. *Journal of Geographical Systems*.
- Murtagh, F. (1983). A survey of recent advances in hierarchical clustering algorithms. *The Computer Journal*, 354-359.
- Pirkul, H., & Jayaraman, V. (1996). Production, transportation, and distribution planning in a multi-commodity tri-echelon system. *Transport Sci.*
- Pirkul, H., & Jayaraman, V. (2001). Planning and coordination of production and distribution facilities for multiple commodities. *European Journal of Operations Research*.
- Sadigh, A., & Fallah, H. (2009). *Demand Point Aggregation Analysis for Location Models*. Physica-Verlag HD.
- Scaparra, M., & Scutellà, M. (2010). *Facilities, Locations, Customers : Building blocks of location models. A survey*.
- Sneath, P., & Sokal, R. (1973). *Numerical taxonomy : the principles and practice of numerical classification*. San Francisco: W.H. Freeman.
- Tragantalerngsak, S., Holt, J., & Ronnqvist, M. (2000). An exact method for the two-echelon, single-source, capacitated facility location problem. *European Journal of Operations Reseraches*.
- Ward, J. (1963). Hierarchical grouping to optimize an objective function. *Journal of American statistical association*, 236-244.
- webstar-auto.com. (2015, Avril 25). Retrieved Avril 2015, 2015, from [www.webstar-auto.com](http://www.webstar-auto.com)
- Zhang, T., Ramakrishnan, R., & Livny, M. (1996). BIRCH: An efficient data clustering method for very large data bases. *Proceedings of the ACM SIGMOD Internation conference on Management of Data* (pp. 103-114). Montréal, Québec, Canada: ACM Press.

# **ANNEXES**

## ANNEXE A : Résultats du géo-codage

### Données géo-spatiales des agents sous Batch Géocodeur 2007

Ville	Pays	Lat	Lng	Accuracy	NbAdrReturned	Error/Address	Code
Adrar	Algérie	27.866667	-0.2833329999999705	4	1	Adrar, Algeria	200
Tizi ouzou	Algérie	36.677555	4.198051399999994	6	1	Route de Tizi-Rached, Tizi Rached, Algeria	200
alger Bordj Bou Arréridj	Algérie	36.663913	2.953391099999976	6	1	Rocade Alger-Ouest, Douera, Algeria	200
Arréridj	Algérie	36.070659	4.763963800000056	6	1	Rue Colonel Amirouche, Bordj Bou Arréridj, Algeria	200
Ouargla	Algérie	31.95	5.316667000000052	4	1	Ouargla, Algeria	200
Saida	Algérie	34.832963	0.14755059999993136	6	1	Boulevard chiboub Majdoub, Saïda, Algeria	200
Ain temouc hent	Algérie	35.307250	-1.1424514000000272	4	1	Ain Temouchent, Algeria	200
Sidi Bel Abbès	Algérie	35.2	-0.6413890000000038	4	1	Sidi Bel Abbes, Algeria	200
Tipaza	Algérie	36.512095	2.4142861000000266	9	1	Hadjout Ville, Hadjout, Algeria	200
Bejaia	Algérie	36.750889	5.056733300000019	4	2	Bejaia, Algeria	200
Biskra	Algérie	34.859079	5.719970999999987	6	1	Djoudi Mokhtar, Biskra, Algeria	200
Tiaret	Algérie	35.351973	1.4684718999999404	6	1	Route de l'Aéroport, Tiaret, Algeria	200
Béchar	Algérie	31.615977	-2.2145722000000205	6	1	N6, Béchar, Algeria	200
Mila	Algérie	36.455833	6.245638999999983	6	1	N79, Mila, Algeria	200
Chlef	Algérie	36.166667	1.3333330000000387	4	1	Chlef, Algeria	200
Annaba	Algérie	36.952144	7.776476000000002	6	1	Route du Cap de Garde, Annaba, Algeria	200
El taref Ghardai a	Algérie	36.756778	8.306661800000029	6	1	N82, El Tarf, Algeria	200
alger Bou saada Constan tine	Algérie	32.490224	3.673841199999997	4	1	Ghardaia, Algeria	200
Jijel	Algérie	36.752640	3.040429300000028	6	1	Avenue Merabet Athmane, Algiers, Algeria	200
alger	Algérie	35.211413	4.180512399999998	6	1	Rue Ibn Aissa Ali, Bou Saâda, Algeria	200
El Oued	Algérie	36.351285	6.600934199999983	6	1	Avenue Kadour Boumedous, Constantine, Algeria	200
Blida	Algérie	36.719622	6.269674300000002	6	1	N27, Algeria	200
Setif Constan tine	Algérie	36.697877	3.079262999999969	4	1	Djasr Kasentina, Algeria	200
Setif	Algérie	33.377473	6.846770900000024	6	1	N48, El Oued, Algeria	200
	Algérie	36.563325	3.1554102999999714	9	4	Mail De L'arbaâ, N8, Larbaâ, Algeria	200
	Algérie	36.196879	5.4149165999999695	6	1	Rue Atoui Nouredine, Sétif, Algeria	200
	Algérie	36.257484	6.589704900000015	9	1	Ali Mendjeli, Ali Mendjeli, Algeria	200
	Algérie	1	6.589704900000015	9	1	AEROPORT INTERNATIONAL SETIF -	200
	Algérie	36.176667	5.288610999999946	9	7	KHALFOUNE _ Ain Arnat _ Setif, Ain Arnat,	200

Oum el bouaghi	Algérie	36.038011	1	6.586013200000025	9	5	Ain M'Lila Railway Station, Ain M'lila, Algeria	200
Djelfa	Algérie	34.666667	3.25		4	1	Djelfa, Algeria	200
Tlemcen	Algérie	34.882776	-1.316669999999931		4	3	Tlemcen, Algeria	200
Batna	Algérie	35.550059						
Batna	Algérie	99999999	6.167006799999967		6	1	Rue des Frères Abidi, Batna, Algeria	200
Jijel	Algérie	36.816738						
Jijel	Algérie	69999999	5.749093300000027		4	1	Jijel, Algeria	200
Annaba	Algérie	36.9	7.766666999999984		4	1	Annaba, Algeria	200
Khenchela	Algérie	35.416667	7.133332999999993		4	1	Khenchela, Algeria	200
Tebessa	Algérie	35.4	8.116667000000007		4	1	Tebessa, Algeria	200
Tizi ouzou	Algérie	36.716667	4.0499999999999545		4	1	Tizi Ouzou, Algeria	200

## Matrice des distances agent-agent

	Dist 1	Dist 2	Dist 3	Dist 4	Dist 5	Dist 6	Dist 7	Dist 8	Dist 9	Dist 10	Dist 11	Dist 12	Dist 13	Dist 14	Dist 15	Dist 16	Dist 17	Dist 18
Dist 1	0	1066	1024	1029	705	776	831	816	994	1108	964	849	457	1135	935	1261	1275	639
Dist 2	1066	0	111	84	536	419	504	466	160	77	244	286	815	185	263	320	366	468
Dist 3	1024	111	0	175	567	325	398	362	51	188	320	198	735	295	155	431	477	469
Dist 4	1029	84	175	0	461	440	540	498	216	80	160	308	812	140	308	287	326	411
Dist 5	705	536	567	461	0	577	705	660	573	534	326	519	713	508	595	600	601	166
Dist 6	776	419	325	440	577	0	129	83	277	491	508	133	420	580	183	726	766	418
Dist 7	831	504	398	540	705	129	0	47	347	580	626	237	422	678	243	821	864	544
Dist 8	816	466	362	498	660	83	47	0	312	541	580	192	424	636	208	781	823	500
Dist 9	994	160	51	216	573	277	347	312	0	237	351	155	691	343	104	480	526	462
Dist 10	1108	77	188	80	534	491	580	541	237	0	219	358	879	111	339	243	290	490
Dist 11	964	244	320	160	326	508	626	580	351	219	0	391	821	184	423	297	315	324
Dist 12	849	286	198	308	519	133	237	192	155	358	391	0	538	447	91	594	634	378
Dist 13	457	815	735	812	713	420	422	424	691	879	821	538	0	947	603	1092	1123	563
Dist 14	1135	185	295	140	508	580	678	636	343	111	184	447	947	0	441	147	187	500
Dist 15	935	263	155	308	595	183	243	208	104	339	423	91	603	441	0	582	627	462
Dist 16	1261	320	431	287	600	726	821	781	480	243	297	594	1092	147	582	0	52	622
Dist 17	1275	366	477	326	601	766	864	823	526	290	315	634	1123	187	627	52	0	636
Dist 18	639	468	469	411	166	418	544	500	462	490	324	378	563	500	462	622	636	0
Dist 19	103	104	13	172	573	337	409	374	62	180	320	210	748	288	166	422	469	477
Dist 20	919	163	196	109	378	370	483	438	215	188	146	247	715	232	278	377	409	306
Dist 21	114	218	328	168	503	607	707	666	375	145	184	476	968	34	473	124	159	506
Dist 22	116	185	296	153	538	591	685	644	345	108	213	458	964	29	446	137	182	527
Dist 23	103	100	12	166	566	336	410	374	63	176	314	208	746	284	167	419	466	471



<b>Dist 24</b>	917	439	509	355	214	638	764	717	533	409	195	540	872	347	591	406	399	312
<b>Dist 25</b>	1019	94	21	154	550	333	411	374	66	171	299	203	739	276	169	414	460	455
<b>Dist 26</b>	1070	121	226	60	472	500	600	558	271	69	151	368	869	80	366	227	266	442
<b>Dist 27</b>	1135	219	328	165	493	604	705	663	375	148	174	473	962	38	472	131	163	497
<b>Dist 28</b>	1062	112	216	49	470	489	588	546	260	67	152	357	858	91	355	238	277	436
<b>Dist 29</b>	1115	225	333	164	469	598	703	660	378	158	153	468	949	56	472	147	174	477
<b>Dist 30</b>	827	239	224	208	358	284	406	360	219	283	227	179	611	336	241	481	512	245
<b>Dist 31</b>	786	536	433	566	696	134	50	71	382	611	642	259	373	705	279	850	892	533
<b>Dist 32</b>	1049	217	314	139	408	553	663	618	354	167	87	426	891	101	441	212	234	411
<b>Dist 33</b>	1145	139	250	121	543	551	642	602	299	62	218	418	932	60	401	181	228	517
<b>Dist 34</b>	1256	319	429	284	594	724	819	779	479	242	292	591	1088	144	580	6	51	617
<b>Dist 35</b>	1094	299	401	226	421	639	750	706	442	238	143	514	964	140	530	180	183	456
<b>Dist 36</b>	1154	380	485	312	463	727	839	795	528	313	226	603	1045	205	618	175	152	522
<b>Dist 37</b>	1065	14	98	96	543	410	493	455	148	90	256	277	808	198	251	333	379	471

Dist 19	Dist 20	Dist 21	Dist 22	Dist 23	Dist 24	Dist 25	Dist 26	Dist 27	Dist 28	Dist 29	Dist 30	Dist 31	Dist 32	Dist 33	Dist 34	Dist 35	Dist 36	Dist 37
1036	919	1144	1160	1031	917	1019	1070	1135	1062	1115	827	786	1049	1145	1256	1094	1154	1065
104	163	218	185	100	439	94	121	219	112	225	239	536	217	139	319	299	380	14
13	196	328	296	12	509	21	226	328	216	333	224	433	314	250	429	401	485	98
172	109	168	153	166	355	154	60	165	49	164	208	566	139	121	284	226	312	96
573	378	503	538	566	214	550	472	493	470	469	358	696	408	543	594	421	463	543
337	370	607	591	336	638	333	500	604	489	598	284	134	553	551	724	639	727	410
409	483	707	685	410	764	411	600	705	588	703	406	50	663	642	819	750	839	493
374	438	666	644	374	717	374	558	663	546	660	360	71	618	602	779	706	795	455
62	215	375	345	63	533	66	271	375	260	378	219	382	354	299	479	442	528	148
180	188	145	108	176	409	171	69	148	67	158	283	611	167	62	242	238	313	90
320	146	184	213	314	195	299	151	174	152	153	227	642	87	218	292	143	226	256
210	247	476	458	208	540	203	368	473	357	468	179	259	426	418	591	514	603	277
748	715	968	964	746	872	739	869	962	858	949	611	373	891	932	1088	964	1045	808
288	232	34	29	284	347	276	80	38	91	56	336	705	101	60	144	140	205	198
166	278	473	446	167	591	169	366	472	355	472	241	279	441	401	580	530	618	251
422	377	124	137	419	406	414	227	131	238	147	481	850	212	181	6	180	175	333
469	409	159	182	466	399	460	266	163	277	174	512	892	234	228	51	183	152	379
477	306	506	527	471	312	455	442	497	436	477	245	533	411	517	617	456	522	471
0	200	321	288	7	511	23	221	322	211	327	233	444	311	241	421	397	480	90
200	0	252	252	193	319	176	156	247	147	236	104	502	184	228	373	269	358	168
321	252	0	51	317	331	309	108	10	119	35	356	734	97	92	121	114	173	232
288	252	51	0	284	375	278	96	59	107	81	356	714	130	48	135	164	222	198
7	193	317	284	0	504	16	216	318	206	322	226	445	305	238	418	391	475	87
511	319	331	375	504	0	488	340	321	342	297	361	770	249	395	401	228	253	450
23	176	309	278	16	488	0	206	309	196	313	211	445	293	233	413	380	465	82
221	156	108	96	216	340	206	0	106	12	107	260	626	99	75	224	178	259	135
322	247	10	59	318	321	309	106	0	117	24	350	731	87	98	127	106	167	233
211	147	119	107	206	342	196	12	117	0	118	250	615	105	82	236	187	269	126
327	236	35	81	322	297	313	107	24	118	0	339	727	66	114	143	85	155	239

233	104	356	356	226	361	211	260	350	250	339	0	418	283	329	477	363	450	239
444	502	734	714	445	770	445	626	731	615	727	418	0	684	672	848	770	859	525
311	184	97	130	305	249	293	99	87	105	66	283	684	0	146	208	89	177	230
241	228	92	48	238	395	233	75	98	82	114	329	672	146	0	180	199	265	152
421	373	121	135	418	401	413	224	127	236	143	477	848	208	180	0	174	170	331
397	269	114	164	391	228	380	178	106	187	85	363	770	89	199	174	0	89	313
480	358	173	222	475	253	465	259	167	269	155	450	859	177	265	170	89	0	394
90	168	232	198	87	450	82	135	233	126	239	239	525	230	152	331	313	394	0

## Distances entre le parc de Jijel et les agents

Distributeur	DC de Jijel (Km)	Distributeur	DC de Jijel (Km)
Dist 1	1 145	Dist 25	233
Dist 2	139	Dist 26	75
Dist 3	250	Dist 27	98
Dist 4	121	Dist 28	82
Dist 5	543	Dist 29	114
Dist 6	551	Dist 30	329
Dist 7	642	Dist 31	672
Dist 8	602	Dist 32	146
Dist 9	299	Dist 33	40
Dist 10	62	Dist 34	180
Dist 11	218	Dist 35	199
Dist 12	418	Dist 36	265
Dist 13	932	Dist 37	152
Dist 14	60		
Dist 15	401		
Dist 16	181		
Dist 17	228		
Dist 18	517		
Dist 19	241		
Dist 20	228		
Dist 21	92		
Dist 22	48		
Dist 23	238		
Dist 24	395		

## Position des centres de distribution potentiels sous Batch Géocodeur 2007

ENCODAGE	REGION	VILLE	wilaya	LAT	LG
DC 1	CENTRE	bougzoul	médéa	35,64383	2,865622
DC 2	CENTRE	bouira	bouira	36,37763	3,896235
DC 3	CENTRE	larba	blida	36,56528	3,153889
DC 4	CENTRE	djelfa bou	djelfa	34,66667	3,25
DC 5	CENTRE	saada	bou saada	35,32818	4,205553
DC 6	CENTRE	msila	msila	35,70194	4,547222
DC 7	EST	Jijel	Jijel	36,81674	5,749093
DC 8	EST	ain beida	oum el bouaghi	35,79813	7,392173
DC 9	EST	skikda	skikda	36,86667	6,9
DC 10	EST	mezloug	sétif	36,08336	5,247552
DC 11	EST	guelma	guelma	36,45	7,433333
DC 12	EST	batna	batna	35,56852	6,187173
DC 13	OUEST	chlef	chlef	36,16667	1,333333
DC 14	OUEST	oran	oran	35,69765	-0,63374
DC 15	SUD	ghardaia	ghardaia	32,49022	3,673841
DC 16	SUD	el oued	el oued	33,37134	6,847968
DC 17	SUD	bechar	bechar	31,61825	-2,21432

## Matrice des distances entre les agents i (au nombre de 37) et les potentiels centres de distribution j (au nombre de 17)

Distance Agents - Parcs																
914	1025	1020	827	932	983	1145	1141	1206	1052	1198	1052	935	871	639	916	457
166	50	94	239	150	113	139	303	242	115	290	217	263	447	468	440	815
114	90	50	224	186	179	250	410	352	215	401	315	155	339	469	510	735
178	85	154	208	97	50	121	239	211	50	243	140	308	488	411	355	812
469	509	550	358	389	423	543	469	586	460	537	410	595	690	166	213	713
263	380	333	284	373	411	551	666	649	482	682	555	183	119	418	638	420
365	469	411	406	485	517	642	774	743	583	783	665	243	63	544	764	422
322	430	374	360	440	473	602	730	703	541	741	620	208	55	500	717	424
105	133	66	219	208	212	239	454	402	258	449	355	104	288	462	534	691
232	112	171	283	176	125	62	235	165	76	215	166	339	524	490	410	879
273	236	299	227	147	142	218	184	247	143	235	90	423	584	324	195	821
131	247	203	179	248	281	418	538	516	351	551	428	91	194	378	541	538
649	773	739	611	724	773	932	1002	1020	849	1038	893	603	477	563	872	50
317	210	277	336	222	174	60	126	74	99	106	99	441	624	500	347	946
150	231	169	241	275	294	401	547	503	352	547	442	50	185	462	592	602
463	352	414	481	368	321	181	133	79	246	64	210	582	766	622	407	1092
504	396	460	512	401	357	228	134	126	284	85	232	627	810	636	399	1123
358	433	456	245	319	366	517	502	569	425	559	413	462	533	50	312	563
124	87	50	233	190	179	241	404	344	211	394	312	166	350	477	511	748
128	132	177	104	50	64	228	298	306	137	324	186	278	439	306	319	715
345	242	309	356	244	198	92	94	63	125	75	95	473	655	506	332	968
328	215	279	356	242	192	50	144	58	116	108	128	446	630	527	376	964
119	81	50	226	183	172	238	399	341	206	390	306	167	351	471	504	746
443	429	489	361	325	333	395	274	388	334	346	251	591	732	312	50	872
106	69	50	211	167	157	233	390	335	195	383	294	169	354	455	489	739
238	138	207	260	146	96	75	183	152	50	183	99	366	547	442	340	868
342	242	309	350	239	194	98	88	73	122	79	85	472	653	497	322	962
226	127	196	250	136	85	82	194	163	50	195	105	355	536	436	343	858
338	244	313	339	229	187	114	77	96	120	89	63	472	652	477	297	949
114	199	211	50	114	165	329	397	410	240	427	285	241	371	245	362	611
389	500	445	418	505	540	672	796	772	609	809	686	279	110	533	770	372
299	224	293	283	179	147	146	114	160	102	152	50	441	615	411	250	891
290	172	233	329	216	164	50	186	103	93	156	144	401	586	517	396	932
461	350	413	477	364	318	180	127	77	243	58	205	580	764	617	401	1088
387	311	380	363	266	236	199	48	163	186	118	87	530	703	456	229	963
476	395	465	450	355	325	265	79	196	270	132	176	618	792	522	254	1045
160	50	82	239	155	121	152	317	254	128	304	230	251	435	471	451	808

Remarque : Les distances entre agents et centres de distribution inférieures à 50 Km ont été ramenées à 50 Km, pour éviter un biais dans l'affectation, et aussi pour éliminer un cas aberrant suivant lequel un agent peut louer un camion porteur à un coût inférieur à 10 000 DA, d'où la distance minimale de 50 Km ( $10\,000\text{ DA} / (200\text{ DA} / \text{Km}) = 50\text{ Km}$ ).

## Position des 21 clusters sous Batch Géocodeur 2007

Nom	Ville	wilaya	pays	Lat	Lng	Accurac y	NbAdr Return ed	Error/Address	Code
Clust 1	Tizi ousou	Tizi ousou	Algérie	36,716667	4,05	4	1	Tizi Ouzou, Algeria	200
Clust 2	Tipasa	Tipasa	Algérie	36,6178786	2,3912362	4	1	Tipasa, Algeria	200
Clust 3	alger	alger	Algérie	36,752887	3,042048	4	1	Algiers, Algeria	200
Clust 4	Blida	Blida	Algérie	36,4798683	2,8005677	4	1	Blida, Algeria	200
Clust 5	alger	alger Bordj	Algérie	36,752887	3,042048	4	1	Algiers, Algeria	200
Clust 6	Bordj Bou Arreridj	Bou Arréridj	Algérie	36,0704188	4,7564046	4	1	Bordj Bou Arreridj, Algeria	200
Clust 7	Setif	Setif	Algérie	36,1969027	5,4150871	4	1	Setif, Algeria	200
Clust 8	Constanti ne	Constant ine	Algérie	36,35	6,6	4	1	Constantine, Algeria	200
Clust 9	Batna	Batna	Algérie	35,5685184	6,1871735	4	1	BATNA, Batna, Algeria	200
Clust 10	Mila	Mila	Algérie	36,450278	6,264444	4	1	Mila, Algeria	200
Clust 11	constanti ne	constanti ne	Algérie	36,35	6,6	4	1	Constantine, Algeria	200
Clust 12	constanti ne	constanti ne	Algérie	34,666667	3,25	4	1	Djelfa, Algeria	200
Clust 13	Jijel	Jijel	Algérie	36,8167387	5,7490933	4	1	Jijel, Algeria	200
Clust 14	bejaia	bejaia	Algérie	36,7508896	5,0567333	4	1	Bejaia, Algeria	200
Clust 15	biskra	biskra	Algérie	34,85	5,733333	4	1	Biskra, Algeria	200
Clust 16	annaba	annaba	Algérie	36,9	7,766667	4	1	Annaba, Algeria	200
Clust 17	Sidi bel abbes	Sidi bel abbes	Algérie	35,2	-0,641389	4	1	Sidi Bel Abbes, Algeria	200
Clust 18	Tlemcen	Tlemcen	Algérie	34,882776	-1,31667	4	3	Tlemcen, Algeria	200
Clust 19	tiaret	tiaret	Algérie	35,3673553	1,3220322	4	1	Tiaret, Algeria	200
Clust 20	El oued	El oued	Algérie	33,3713397	6,8479682	4	1	El Oued, Algeria	200
Clust 21	bechar	bechar	Algérie	31,6182492	-2,2143231	4	1	Béchar, Algeria	200

## Mise à jour de la matrice des distances entre Clusters

	clust 1	clust 7	clust 2	clust 3	clust 4	clust 8	clust 9	clust 10	clust 17	clust 5	clust 20	clust 18	clust 11	clust 19	clust 6	clust 12	clust 13	clust 14	clust 21	clust 15	clust 16
clust 1	0	84	160	104	94	121	219	217	466	100	439	419	185	263	163	218	139	14	468	244	319
clust 7	84	0	216	172	154	60	165	139	498	166	355	440	140	308	109	164	121	80	411	160	284
clust 2	160	216	0	62	66	271	375	354	312	51	533	277	343	104	215	375	299	148	462	351	479
clust 3	104	172	62	0	23	221	322	311	374	7	511	337	288	166	200	321	241	90	477	320	421
clust 4	94	154	66	23	0	206	309	293	374	16	448	333	276	169	176	309	278	82	455	299	413
clust 8	121	60	271	221	206	0	106	99	558	216	340	500	80	366	156	107	75	69	442	151	224
clust 9	219	165	375	322	309	106	0	87	663	318	321	604	38	472	247	10	59	148	497	106	127
clust 10	217	139	354	311	293	99	87	0	618	305	249	553	101	426	184	66	130	167	411	87	208
clust 17	466	498	312	374	374	558	663	618	0	362	705	50	636	192	360	660	602	455	422	580	779
clust 5	100	166	51	7	16	216	318	305	362	0	59	325	284	155	193	317	250	87	469	314	418
clust 20	439	355	533	511	488	340	321	249	660	504	0	577	347	519	319	297	375	409	312	195	401
clust 18	419	440	277	337	333	500	604	553	50	325	577	0	580	133	284	598	551	410	373	508	724
clust 11	112	49	260	211	196	12	38	101	546	206	342	489	0	355	147	34	29	67	436	140	144
clust 19	263	308	104	166	169	366	472	426	192	155	519	133	441	0	179	468	401	251	378	391	580
clust 6	163	109	215	200	176	156	247	184	360	193	319	284	232	179	0	236	228	168	245	146	373
clust 12	218	164	375	321	309	107	10	66	660	317	297	598	34	468	236	0	51	145	477	85	121
clust 13	139	121	299	241	233	75	59	130	602	238	375	551	29	401	228	51	0	62	517	164	135
clust 14	14	80	148	90	82	69	148	167	455	87	409	410	111	251	168	145	62	0	471	219	242
clust 21	468	411	462	477	455	442	497	411	422	469	166	373	500	378	245	477	517	471	0	324	617
clust 15	244	160	351	320	299	151	106	87	580	314	195	639	140	391	146	85	164	219	324	0	170
clust 16	319	284	479	421	413	224	127	208	779	418	399	724	144	580	373	121	135	242	617	152	0

clust 17 Clust 18 clust 19 Clust 20 clust 21

466 419 263 439 468

312 277 104 533 462

374 337 166 511 477

374 333 169 488 455

362 325 155 504 469

360 284 179 319 245

498 440 308 355 411

558 500 366 340 442

663 604 472 321 497

618 553 426 249 411

636 580 441 347 500

660 598 468 297 477

602 551 401 375 517

455 410 251 409 471

580 508 391 195 324

779 724 580 401 617

0 50 192 660 422

50 0 133 577 373

192 133 0 519 378

705 577 519 0 166

422 373 378 312 0

## Matrice des distances DC-Clusters

	DC 1	DC 2	DC 3	DC 4	DC 5	DC 6	DC 7	DC 8	DC 9	DC 10	DC 11	DC 12	DC 13	DC 14	DC 15	DC 16	DC 17
Clust 1	160	40	82	239	155	121	152	317	254	128	304	230	251	435	471	451	808
Clust 2	116	137	68	230	217	219	300	458	403	263	451	360	107	290	474	543	699
Clust 3	124	87	23	233	190	179	241	404	344	211	393	312	166	350	477	511	748
Clust 4	93	99	33	206	180	179	266	419	368	224	414	321	136	321	451	506	711
Clust 5	124	87	23	233	190	179	241	404	344	211	393	312	166	350	477	511	748
Clust 6	177	84	154	207	96	45	122	239	211	44	244	141	308	487	410	356	812
Clust 7	238	138	207	260	146	96	75	183	152	20	183	99	366	547	442	340	868
Clust 8	345	242	309	356	244	198	92	94	63	125	75	95	473	654	506	332	967
Clust 9	300	225	294	285	181	149	144	112	158	102	149	10	442	616	413	252	893
Clust 10	318	212	278	337	224	175	61	125	73	100	105	98	443	625	500	346	948
Clust 11	345	242	309	356	244	198	92	94	63	125	75	95	473	654	506	332	967
Clust 12	114	199	211	10	114	165	329	397	410	240	427	285	241	371	245	362	611
Clust 13	290	172	233	329	216	164	10	186	103	93	156	144	401	586	517	396	932
Clust 14	232	112	171	283	176	125	62	235	165	76	215	166	339	524	490	410	879
Clust 15	275	238	301	228	149	143	219	184	248	144	235	90	424	586	324	194	822
Clust 16	461	350	413	477	364	318	180	127	77	243	58	205	580	764	617	401	1088
Clust 17	322	430	374	360	440	473	602	730	703	541	741	620	208	55	500	717	424
Clust 18	389	500	445	418	505	540	672	796	772	609	809	686	279	110	533	770	372
Clust 19	143	258	212	192	262	294	429	551	528	363	563	441	89	181	387	554	530
Clust 20	444	429	489	362	326	334	396	274	389	335	346	252	592	732	312	10	872
Clust 21	649	773	739	611	724	773	932	1002	1020	849	1038	893	602	477	563	872	10

## ANNEXE B : Données relatives aux demandes

### Contribution de l'agent dans la demande régionale

Encodage	Wilaya	Région	Demande	Contribution par agent par région
Dist 2	Tizi ousou	CENTRE	1117	14%
Dist 3	alger	CENTRE	373	5%
Dist 9	Tipaza	CENTRE	1179	15%
Dist 23	alger	CENTRE	1065	14%
Dist 37	Tizi ousou	CENTRE	252	3%
Dist 25	Blida	CENTRE	1462	19%
Dist 19	alger	CENTRE	1247	16%
Dist 20	Bou saada	CENTRE	252	3%
Dist 30	Djelfa	CENTRE	871	11%
<b>CENTRE Total</b>			<b>7818</b>	<b>100%</b>
Dist 10	Bejaia	EST	443	4%
Dist 4	Bordj Bou Arréridj	EST	1412	13%
Dist 16	Annaba	EST	252	2%
Dist 22	Jijel	EST	378	3%
Dist 35	Khenchela	EST	318	3%
Dist 21	Constantine	EST	252	2%
Dist 26	Setif	EST	1346	12%
Dist 17	El taref	EST	252	2%
Dist 32	Batna	EST	1126	10%
Dist 27	Constantine	EST	1397	13%
Dist 34	Annaba	EST	546	5%
Dist 28	Setif	EST	743	7%
Dist 29	Oum el bouaghi	EST	557	5%
Dist 36	Tebassa	EST	252	2%
Dist 33	Jijel	EST	1036	9%
Dist 14	Mila	EST	766	7%
<b>EST Total</b>			<b>11076</b>	<b>100%</b>
Dist 8	Sidi Bel Abbès	OUEST	501	19%
Dist 6	Saida	OUEST	791	30%
Dist 7	Ain temouchent	OUEST	252	10%
Dist 12	Tiaret	OUEST	543	21%
Dist 31	Tlemcen	OUEST	258	10%
Dist 15	Chlef	OUEST	251	10%
<b>OUEST Total</b>			<b>2596</b>	<b>100%</b>
Dist 24	El Oued	SUD	890	29%
Dist 5	Ouargla	SUD	570	18%
Dist 11	Biskra	SUD	252	8%
Dist 18	Ghardaia	SUD	519	17%
Dist 1	Adrar	SUD	250	8%
Dist 13	Béchar	SUD	615	20%
<b>SUD Total</b>			<b>3096</b>	<b>100%</b>



## Demande par agent par segment de véhicule

Agent	segment 1	segment 2	segment 3	segment 4	segment 5	segment 6	segment 7
Dist 1	100	16	20	100	2	12	2
Dist 2	600	51	100	300	6	57	3
Dist 3	150	26	20	150	2	23	2
Dist 4	800	51	130	350	6	71	4
Dist 5	350	21	20	150	5	22	2
Dist 6	600	23	25	100	3	37	3
Dist 7	100	16	20	100	2	12	2
Dist 8	290	13	15	150	2	29	2
Dist 9	700	51	80	300	3	42	3
Dist 10	200	30	15	150	2	44	2
Dist 11	100	16	20	100	2	12	2
Dist 12	400	6	60	50	2	23	2
Dist 13	400	28	45	100	4	36	2
Dist 14	450	41	80	150	6	37	2
Dist 15	100	11	20	100	2	16	2
Dist 16	100	16	20	100	2	12	2
Dist 17	100	16	20	100	2	12	2
Dist 18	350	15	30	100	5	17	2
Dist 19	700	51	120	300	6	67	3
Dist 20	100	16	20	100	2	12	2
Dist 21	100	16	20	100	2	12	2
Dist 22	200	20	30	100	2	24	2
Dist 23	600	41	60	300	4	57	3
Dist 24	700	14	30	100	2	42	2
Dist 25	850	51	130	350	6	71	4
Dist 26	800	51	120	300	5	67	3
Dist 27	850	51	120	300	6	67	3
Dist 28	400	31	30	250	3	27	2
Dist 29	300	51	65	100	2	37	2
Dist 30	400	30	85	300	2	52	2
Dist 31	100	15	25	100	2	14	2
Dist 32	600	51	60	350	6	57	2
Dist 33	600	41	40	300	6	47	2
Dist 34	200	41	64	200	4	35	2
Dist 35	150	21	20	100	2	23	2
Dist 36	100	16	40	85	2	7	2
Dist 37	100	16	20	100	2	12	2

## Demande cumulée par Cluster par segment de véhicule

	segment 1	segment 2	segment 3	segment 4	segment 5	segment 6	segment 7	Demande totale
Clust 1	600	51	100	300	6	57	3	1117
Clust 2	700	51	80	300	3	42	3	1179
Clust 3	700	51	120	300	6	67	3	1247
Clust 4	850	51	130	350	6	71	4	1462
Clust 5	750	67	80	450	6	80	5	1438
Clust 6	500	46	105	400	4	64	4	1123
Clust 7	800	51	130	350	6	71	4	1412
Clust 8	800	51	120	300	5	67	3	1346
Clust 9	850	51	120	300	6	67	3	1397
Clust 10	600	51	60	350	6	57	2	1126
Clust 11	850	72	110	400	9	64	4	1509
Clust 12	400	67	85	200	4	49	4	809
Clust 13	1 000	81	100	500	10	95	6	1792
Clust 14	300	46	35	250	4	56	4	695
Clust 15	350	53	80	285	6	42	6	822
Clust 16	400	73	104	400	8	59	6	1050
Clust 17	390	29	35	250	4	41	4	753
Clust 18	700	38	50	200	5	51	5	1049
Clust 19	500	17	80	150	4	39	4	794
Clust 20	1 050	35	50	250	7	64	4	1460
Clust 21	850	59	95	300	11	65	6	1386

# ANNEXE C : Programmes et données sur IBM CPLEX

## Programme de résolution Scenario 1

```
// -----  
// Licensed Materials - Property of IBM  
//  
// 5725-A06 5725-A29 5724-Y48 5724-Y49 5724-Y54 5724-Y55  
// Copyright IBM Corporation 1998, 2013. All Rights Reserved.  
//  
// Note to U.S. Government Users Restricted Rights:  
// Use, duplication or disclosure restricted by GSA ADP Schedule  
// Contract with IBM Corp.  
// -----  
  
//Data  
int P = ...;  
{string} PointsDeVente = ...;  
{string} Warehouses = ...;  
int Demande[PointsDeVente] = ...;  
int Capacity[Warehouses] = ...;  
float VariableCosts[PointsDeVente][Warehouses] = ...;  
  
//Variables  
dvar boolean OpenWarehouse[Warehouses];  
dvar boolean Affectation[PointsDeVente][Warehouses];  
  
//Objective  
minimize  
sum( p in PointsDeVente , w in Warehouses )  
    VariableCosts[p][w]*Affectation[p][w];  
  
//Constraints  
subject to {  
    forall( p in PointsDeVente )  
        ctShip:  
            sum( w in Warehouses )  
                Affectation[p][w] == 1;  
  
        ctOpen:  
            sum( w in Warehouses )  
                OpenWarehouse[w] == P;  
        forall( p in PointsDeVente , w in Warehouses )  
            ctShipOpen:  
                Affectation[p][w] <= OpenWarehouse[w];  
        forall(w in Warehouses)  
            ctCapacity:  
                sum(p in PointsDeVente)  
                    Affectation[p][w]*Demande[p]<=Capacity[w];  
}
```

## Programme de résolution Scenario 2

```
// -----  
// Licensed Materials - Property of IBM  
//  
// 5725-A06 5725-A29 5724-Y48 5724-Y49 5724-Y54 5724-Y55  
// Copyright IBM Corporation 1998, 2013. All Rights Reserved.  
//  
// Note to U.S. Government Users Restricted Rights:  
// Use, duplication or disclosure restricted by GSA ADP Schedule  
// Contract with IBM Corp.  
// -----  
  
//Data  
int P = ...;  
{string} PointsDeVente = ...;  
{string} Warehouses = ...;  
int Demande[PointsDeVente] = ...;  
int Capacity[Warehouses] = ...;  
float VariableCosts[PointsDeVente][Warehouses] = ...;  
  
//Variables  
dvar boolean OpenWarehouse[Warehouses];  
dvar boolean Affectation[PointsDeVente][Warehouses];  
  
//Objective  
minimize  
sum( p in PointsDeVente , w in Warehouses )  
    VariableCosts[p][w]*Affectation[p][w];  
  
//Constraints  
subject to {  
  
    OpenWarehouse["Cheraga"] == 1;  
    OpenWarehouse["Jijel"] == 1;  
  
    forall( p in PointsDeVente )  
        ctShip:  
            sum( w in Warehouses )  
                Affectation[p][w] == 1;  
  
    ctOpen:  
        sum( w in Warehouses )  
            OpenWarehouse[w] == P;  
    forall( p in PointsDeVente , w in Warehouses )  
        ctShipOpen:  
            Affectation[p][w] <= OpenWarehouse[w];  
    forall(w in Warehouses)  
        ctCapacity:  
            sum(p in PointsDeVente)  
                Affectation[p][w]*Demande[p]<=Capacity[w];  
}
```

## Programme de résolution Scenario 3

```
// -----  
// Licensed Materials - Property of IBM  
//  
// 5725-A06 5725-A29 5724-Y48 5724-Y49 5724-Y54 5724-Y55  
// Copyright IBM Corporation 1998, 2013. All Rights Reserved.  
//  
// Note to U.S. Government Users Restricted Rights:  
// Use, duplication or disclosure restricted by GSA ADP Schedule  
// Contract with IBM Corp.  
// -----  
  
//Data  
int P = ...;  
{string} PointsDeVente = ...;  
{string} Warehouses = ...;  
float VariableCosts[PointsDeVente][Warehouses] = ...;  
  
//Variables  
dvar boolean OpenWarehouse[Warehouses];  
dvar boolean Affectation[PointsDeVente][Warehouses];  
  
//Objective  
minimize  
sum( p in PointsDeVente , w in Warehouses )  
    VariableCosts[p][w]*Affectation[p][w];  
  
//Constraints  
subject to {  
    forall( p in PointsDeVente )  
        ctShip:  
            sum( w in Warehouses )  
                Affectation[p][w] == 1;  
  
    ctOpen:  
            sum( w in Warehouses )  
                OpenWarehouse[w] == P;  
    forall( p in PointsDeVente , w in Warehouses )  
        ctShipOpen:  
            Affectation[p][w] <= OpenWarehouse[w];  
}
```

## Programme de résolution avec Clustering

```
// -----  
// Licensed Materials - Property of IBM  
//  
// 5725-A06 5725-A29 5724-Y48 5724-Y49 5724-Y54 5724-Y55  
// Copyright IBM Corporation 1998, 2013. All Rights Reserved.  
//  
// Note to U.S. Government Users Restricted Rights:  
// Use, duplication or disclosure restricted by GSA ADP Schedule  
// Contract with IBM Corp.  
// -----  
  
//Data  
int P = ...;  
{string} Clusts = ...;  
{string} DC = ...;  
float couts[Clusts][DC] = ...;  
  
//Variables  
dvar boolean OpenWarehouse[DC];  
dvar boolean Affectation[Clusts][DC];  
  
//Objective  
minimize  
  sum( p in Clusts , w in DC )  
    couts[p][w]*Affectation[p][w];  
  
//Constraints  
subject to {  
  forall( p in Clusts )  
    ctShip:  
      sum( w in DC )  
        Affectation[p][w] == 1;  
  
  ctOpen:  
      sum( w in DC )  
        OpenWarehouse[w] == P;  
  forall( p in Clusts , w in DC )  
    ctShipOpen:  
      Affectation[p][w] <= OpenWarehouse[w];  
}
```

# Fichier de données pour le scenario 1

```
// -----
// Licensed Materials - Property of IBM
//
// 5725-A06 5725-A29 5724-Y48 5724-Y49 5724-Y54 5724-Y55
// Copyright IBM Corporation 1998, 2013. All Rights Reserved.
//
// Note to U.S. Government Users Restricted Rights:
// Use, duplication or disclosure restricted by GSA ADP Schedule
// Contract with IBM Corp.
// -----

//DATA:
P=4;
PointsDeVente={"Agent1","Agent2","Agent3","Agent4","Agent5","Agent6","Agent7","Agent8","Agent9","Agent10","Agent11","Agent12","Agent13","Agent14","Agent15","Agent16","Agent17","Agent18","Agent19","Agent20","Agent21","Agent22","Agent23","Agent24","Agent25","Agent26","Agent27","Agent28","Agent29","Agent30","Agent31","Agent32","Agent33","Agent34","Agent35","Agent36","Agent37"};
Demande=[250 , 1117 , 373 , 1412 , 570 , 791 , 252 , 501 , 1179 , 443 , 252 , 543
, 615 , 766 , 251 , 252 , 252 , 519 , 1247 , 252 , 252 , 378 , 1065 , 890
, 1462 , 1346 , 1397 , 743 , 557 , 871 , 258 , 1126 , 1036 , 546 , 318 , 252
, 252 ];
Warehouses={"Cheraga" , "Mohammadia" , "Bab Ezzouar" , "Jijel" , "Oran"};
Capacity=[8000 , 3000 , 4000 , 11000 , 6000];
VariableCosts=[[ 6075353, 6083760, 6084452, 6712256, 5178348],
[ 2719365 , 2330046 , 2196273 , 3410818 , 10087202 ],
[ 482700 , 482700 , 418340 , 2012709 , 2451894 ],
[ 5545537 , 5058562 , 4885580 , 3728043 , 14041602 ],
[ 6920771 , 6808945 , 6766290 , 6484799 , 8029450 ],
[ 5516443 , 5682146 , 5736298 , 9148601 , 1899274 ],
[ 2212846 , 2285242 , 2309469 , 3527941 , 527914 ],
[ 3877880 , 4008653 , 4052185 , 6354834 , 790034 ],
[ 1415812 , 1733383 , 1846920 , 7573197 , 6411136 ],
[ 1792707 , 1642823 , 1591702 , 598720 , 4684282 ],
[ 1799397 , 1720358 , 1691782 , 1190076 , 3042489 ],
[ 2467152 , 2561638 , 2592791 , 4990151 , 1974131 ],
[ 9949152 , 10051683 , 10083221 , 12461886 ,
6670322 ],
[ 5008136 , 4737483 , 4643932 , 992171 , 9988797 ],
[ 877979 , 949769 , 974204 , 2207791 , 824922 ],
[ 2359794 , 2275406 , 2246730 , 992013 , 4021029 ],
[ 2619619 , 2534004 , 2504751 , 1249115 , 4265217 ],
[ 5298114 , 5235802 , 5210625 , 5695967 , 5706231 ],
[ 1562997 , 1535576 , 1425892 , 6632006 , 8643020 ],
[ 1127883 , 1065698 , 1043021 , 1247353 , 2244557 ],
[ 1807484 , 1719403 , 1688888 , 499500 , 3410914 ],
[ 2444324 , 2314605 , 2270233 , 579320 , 4926400 ],
[ 1300227 , 1300227 , 1528337 , 5445356 , 7222249 ],
[ 9650319 , 9397393 , 9304985 , 7351460 , 13156978 ],
[ 1850316 , 2073630 , 1914120 , 7445896 , 10178901 ],
[ 6728279 , 6254472 , 6088209 , 2183352 , 15093664 ],
[ 10030097 , 9541014 , 9371078 , 2930585 , 18831910 ],
[ 3421471 , 3169695 , 3081165 , 1274634 , 7852059 ],
[ 4205008 , 4002494 , 3931683 , 1421682 , 7760350 ],
[ 4512817 , 4417036 , 4379951 , 6297510 , 6600121 ],
[ 2499595 , 2570085 , 2593478 , 3831982 , 794711 ],
[ 7665991 , 7285176 , 7149972 , 3477100 , 14012680 ],
[ 5440771 , 5101618 , 4986224 , 1180764 , 12051115 ],
[ 5262501 , 5073072 , 5008607 , 2202015 , 8967488 ],
[ 2801955 , 2691111 , 2651939 , 1371973 , 4648262 ],
[ 2796996 , 2704718 , 2672283 , 1510272 , 4353224 ],
[ 537000 , 450058 , 420372 , 836708 , 2201949 ]];
```

## Fichier de données pour le scenario 2

```
// -----  
// Licensed Materials - Property of IBM  
//  
// 5725-A06 5725-A29 5724-Y48 5724-Y49 5724-Y54 5724-Y55  
// Copyright IBM Corporation 1998, 2013. All Rights Reserved.  
//  
// Note to U.S. Government Users Restricted Rights:  
// Use, duplication or disclosure restricted by GSA ADP Schedule  
// Contract with IBM Corp.  
// -----
```

//DATA:

P=4;

PointsDeVente={"Agent1","Agent2","Agent3","Agent4","Agent5","Agent6","Agent7","Agent8","Agent9","Agent10","Agent11","Agent12","Agent13","Agent14","Agent15","Agent16","Agent17","Agent18","Agent19","Agent20","Agent21","Agent22","Agent23","Agent24","Agent25","Agent26","Agent27","Agent28","Agent29","Agent30","Agent31","Agent32","Agent33","Agent34","Agent35","Agent36","Agent37"};

Demande=[250 , 1117 , 373 , 1412 , 570 , 791 , 252 , 501 , 1179 , 443 , 252 , 543  
 , 615 , 766 , 251 , 252 , 252 , 519 , 1247 , 252 , 252 , 378 , 1065 , 890  
 , 1462 , 1346 , 1397 , 743 , 557 , 871 , 258 , 1126 , 1036 , 546 , 318 , 252  
 , 252 ];

Warehouses={"DC1","DC2","DC3","DC4","Cheraga","DC6","Jijel","DC8","DC9","DC10","DC11","DC12","DC13","DC14","DC15","DC16","DC17"};

Capacity=[30000 , 30000 , 30000 , 30000 , 8000 , 30000 , 9000 , 30000 , 30000 , 30000 , 30000 , 30000 , 30000  
 , 30000 , 30000 , 30000 ];

VariableCosts=[[ 4056202,445 , 1222550, 2298829,31 , 5854430,  
 6075353, 2760950, 3400109, 7400844, 5906637, 2808402,  
 7091727, 5307782, 6419072,315 , 10930765,76 , 11444873,45

//////////

//////////

//////////

Matrice 37 \* 17



## Fichier de données pour le scenario 3

```
// -----  
// Licensed Materials - Property of IBM  
//  
// 5725-A06 5725-A29 5724-Y48 5724-Y49 5724-Y54 5724-Y55  
// Copyright IBM Corporation 1998, 2013. All Rights Reserved.  
//  
// Note to U.S. Government Users Restricted Rights:  
// Use, duplication or disclosure restricted by GSA ADP Schedule  
// Contract with IBM Corp.  
// -----
```

//DATA:

P=4;

PointsDeVente={"Agent1","Agent2","Agent3","Agent4","Agent5","Agent6","Agent7","Agent8","Agent9","Agent10","Agent11","Agent12","Agent13","Agent14","Agent15","Agent16","Agent17","Agent18","Agent19","Agent20","Agent21","Agent22","Agent23","Agent24","Agent25","Agent26","Agent27","Agent28","Agent29","Agent30","Agent31","Agent32","Agent33","Agent34","Agent35","Agent36","Agent37"};

Warehouses={"DC1","DC2","DC3","DC4","DC5","DC6","DC7","DC8","DC9","DC10","DC11","DC12","DC13","DC14","DC15","DC16","DC17"};

VariableCosts=[[ 4056202,445 , 1222550, 2298829,31 , 5854430,  
1905525, 2760950, 6712256, 7400844, 5906637, 2808402,  
7091727, 5307782, 6419072,315 , 10930765,76 , 11444873,45

//////////

//////////

//////////

*Matrice 37 \* 17*

## Fichier de données pour le Clustering

```
// -----  
// Licensed Materials - Property of IBM  
//  
// 5725-A06 5725-A29 5724-Y48 5724-Y49 5724-Y54 5724-Y55  
// Copyright IBM Corporation 1998, 2013. All Rights Reserved.  
//  
// Note to U. S. Government Users Restricted Rights:  
// Use, duplication or disclosure restricted by GSA ADP Schedule  
// Contract with IBM Corp.  
// -----  
  
P=3;  
Clusts={"Clust1", "Clust2", "Clust3", "Clust4 ", "Clust5 ", "Clust6 ", "Clust7 ", "Clust8  
", "Clust9 ", "Clust10 ", "Clust11 ", "Clust12 ", "Clust13 ", "Clust14 ", "Clust15  
", "Clust16 ", "Clust17 ", "Clust18 ", "Clust19 ", "Clust20 ", "Clust21 "};  
DC={"DC 1", "DC 2", "DC 3", "DC 4", "DC 5", "DC 6", "DC 7", "DC 8", "DC 9", "DC 10", "DC  
11", "DC 12", "DC 13", "DC14", "DC 15", "DC 16", "DC 17"};  
  
couts=[[ 3951 , 992 , 2020 , 5912 , 3833 , 3000 , 3752 , 7827 , 6288 , 3171 , 7505  
, 5699 , 6196 , 10760 , 11651 , 11146 , 19979 ]  
[ 2998 , 3532 , 1760 , 5935 , 5597 , 5633 , 7729 , 11790 , 10371 , 6763 , 11611 , 9283  
, 2760 , 7474 , 12201 , 13988 , 18001 ]  
[ 3416 , 2389 , 635 , 6394 , 5216 , 4906 , 6626 , 11103 , 9442 , 5795 , 10809 , 8559  
, 4564 , 9615 , 13119 , 14044 , 20548 ]  
[ 2990 , 3168 , 1058 , 6603 , 5780 , 5753 , 8530 , 13458 , 11818 , 7182 , 13300  
, 10304 , 4366 , 10293 , 14472 , 16229 , 22823 ]  
[ 3987 , 2789 , 742 , 7464 , 6088 , 5726 , 7734 , 12960 , 11021 , 6764 , 12617 , 9991  
, 5328 , 11223 , 15313 , 16393 , 23984 ]  
[ 4497 , 2146 , 3910 , 5274 , 2450 , 1147 , 3090 , 6083 , 5369 , 1123 , 6196 , 3574  
, 7822 , 12391 , 10433 , 9047 , 20639 ]  
[ 7393 , 4280 , 6424 , 8077 , 4533 , 2972 , 2336 , 5702 , 4732 , 611 , 5692 , 3067  
, 11395 , 17022 , 13750 , 10586 , 27011 ]  
[ 10160 , 7130 , 9103 , 10493 , 7183 , 5836 , 2710 , 2768 , 1867 , 3678 , 2221 , 2783  
, 13918 , 19272 , 14906 , 9777 , 28492 ]  
[ 9154 , 6855 , 8968 , 8696 , 5531 , 4539 , 4396 , 3407 , 4811 , 3116 , 4538 , 0  
, 13481 , 18787 , 12594 , 7671 , 27217 ]  
[ 7968 , 5306 , 6963 , 8436 , 5593 , 4387 , 1537 , 3117 , 1831 , 2499 , 2616 , 2459  
, 11083 , 15649 , 12516 , 8669 , 23709 ]  
[ 11449 , 8035 , 10258 , 11825 , 8095 , 6576 , 3054 , 3119 , 2104 , 4145 , 2503 , 3136  
, 15684 , 21718 , 16797 , 11018 , 32108 ]  
[ 2049 , 3573 , 3793 , 0 , 2046 , 2958 , 5900 , 7121 , 7364 , 4309 , 7669 , 5122  
, 4323 , 6662 , 4401 , 6490 , 10972 ]  
[ 11478 , 6834 , 9236 , 13024 , 8558 , 6509 , 0 , 7361 , 4065 , 3688 , 6171 , 5717  
, 15902 , 23205 , 20494 , 15690 , 36945 ]  
[ 3673 , 1768 , 2708 , 4488 , 2783 , 1984 , 983 , 3715 , 2606 , 1206 , 3401 , 2630  
, 5372 , 8292 , 7765 , 6486 , 13914 ]  
[ 5113 , 4418 , 5598 , 4236 , 2768 , 2667 , 4067 , 3417 , 4606 , 2678 , 4371 , 1672  
, 7890 , 10889 , 6031 , 3604 , 15278 ]  
[ 11048 , 8392 , 9891 , 11434 , 8736 , 7616 , 4308 , 3045 , 1850 , 5819 , 1395 , 4911  
, 13911 , 18319 , 14779 , 9615 , 26081 ]  
[ 5422 , 7244 , 6307 , 6063 , 7423 , 7979 , 10152 , 12309 , 11849 , 9122 , 12492  
, 10458 , 3511 , 933 , 8422 , 12093 , 7152 ]  
[ 8824 , 11331 , 10089 , 9476 , 11449 , 12246 , 15243 , 18061 , 17517 , 13815 , 18354  
, 15554 , 6331 , 2490 , 12086 , 17463 , 8449 ]  
[ 2475 , 4458 , 3666 , 3322 , 4524 , 5089 , 7423 , 9529 , 9132 , 6282 , 9743 , 7630  
, 1537 , 3126 , 6686 , 9574 , 9173 ]  
[ 13876 , 13420 , 15297 , 11303 , 10188 , 10443 , 12380 , 8580 , 12153 , 10479 , 10833 , 7870  
, 18502 , 22896 , 9755 , 0 , 27254 ]  
[ 19621 , 23354 , 22348 , 18475 , 21889 , 23362 , 28182 , 30293 , 30840 , 25660 , 31376  
, 26997 , 18210 , 14407 , 17026 , 26350 , 0 ]];
```

## ANNEXE D : Calculs intermédiaires de la matrice des coûts

### Inputs

- Matrice des distances (calculée par géo-référencement) entre les agents  $i$  et les centres de distribution  $j$ , ( $D_{ij}$ )
- Demande des agents  $i$  en produits de segment  $l$ , ( $A_{il}$ )
- Coût de transport au kilomètre d'un produit de segment  $l$ , ( $C_l$ )

**1<sup>er</sup> calcul** : Coût d'approvisionnement de l'agent  $i$  en produit de segment  $l$ , pour chaque centre de distribution  $j$  :  $APPRO_{ijl}$

$$A_{il} * C_l * D_{ij} = APPRO_{ijl}$$

**2<sup>ème</sup> calcul** : Coût de transport de l'agent  $i$  à partir du centre de distribution  $j$  (pour toute sa demande) :  $CTRANS_{ij}$

$$\sum_l APPRO_{ijl} = CTRANS_{ij}$$

## Coût de transport du produit l vers l'agent i à partir du centre de distribution 1

Cout de transport du produit K vers l'agent i à partir du parc 1						
1554539,274	1645982,761	231352,0214	45721,74336	45721,74336	132593,0557	1709993,202
995346,3937	1990692,787	194590,22	24883,65984	12441,82992	274217,9315	564029,6231
341105,4989	341105,4989	67993,69611	5685,091648	5685,091648	75839,12259	77317,24642
1242770,231	2840617,67	208252,7829	26630,79066	17753,86044	365551,9864	784720,6314
1406983,18	3282960,753	226524,2919	58624,29915	23449,71966	299218,4229	318916,1874
525584,971	3153509,826	139017,2248	19709,43641	19709,43641	281976,3369	223373,6127
729683,5332	729683,5332	134261,7701	18242,08833	18242,08833	126964,9348	248092,4013
964719,407	1865124,187	96150,36756	16078,65678	16078,65678	270443,0071	164002,2992
628325,5099	1466092,856	122837,6372	7854,068874	7854,068874	127550,0785	284840,8978
695884,6112	927846,1483	160053,4606	11598,07685	11598,07685	295982,9213	118300,3839
546939,5473	546939,5473	100636,8767	13673,48868	13673,48868	95167,48122	185959,4461
130576,6887	1044613,51	18019,58304	6528,834435	6528,834435	87094,65136	266376,4449
129858,008	5194232,032	418135,6786	64927,9004	32463,9502	677847,2802	993396,8761
950937,2599	2852811,78	298911,2787	47546,863	15848,95433	340118,56	862183,1157
299502,2655	299502,2655	37887,03658	7487,556637	7487,556637	69484,52559	101830,7703
926901,861	926901,861	170549,9424	23172,54652	23172,54652	161280,9238	315146,6327
1007162,113	1007162,113	185317,8288	25179,05282	25179,05282	175246,2076	342435,1184
716950,7949	2509327,782	123674,0121	44809,42468	17923,76987	176728,3709	365644,9054
745728,5803	1740033,354	145789,9374	18643,21451	9321,607254	241491,7719	507095,4346
256947,08	256947,08	47278,26272	6423,677	6423,677	44708,79192	87362,0072
690186,9628	690186,9628	126994,4012	17254,67407	17254,67407	120092,5315	234663,5674
656150,3125	1312300,625	150914,5719	16403,75781	16403,75781	228340,3087	334636,6594
712580,9088	1425161,818	111993,9662	11876,34848	8907,26136	196316,0404	242277,509
886596,1941	6206173,359	142741,9873	22164,90485	22164,90485	539937,0822	452164,059
738541,7389	1793601,366	123758,4942	15825,8944	10550,59627	217236,7772	466336,3551
1425888,947	3802370,527	278761,2892	29706,01974	17823,61184	461750,3708	969604,4843
2052438,2	5815241,566	401251,6681	51310,95499	25655,4775	664647,9037	1395657,976
1130548,089	1808876,943	161216,1575	16958,22134	11305,48089	177043,8308	230631,8102
676371,0426	2029113,128	396691,6165	16909,27607	16909,27607	362873,0644	747390,0021
684815,7991	913087,7321	78753,81689	5706,798325	5706,798325	172117,0375	329852,9432
777995,9011	777995,9011	134204,2929	19449,89753	19449,89753	157933,1679	330648,258
2090664,905	3583996,98	350335,7048	44799,96225	14933,32075	493695,5839	609279,4865
1737827,095	3475654,189	273128,4917	43445,67736	14481,89245	394776,3883	393907,4748
1843871,96	1843871,96	434692,8146	46096,799	23048,3995	467882,5098	1003066,346
773971,2625	1160956,894	186914,0599	19349,28156	19349,28156	258119,4161	263150,2293
809097,3632	951879,2508	175145,7821	23796,98127	23796,98127	96615,74396	647277,8905
319562,3941	319562,3941	58799,48051	7989,059852	7989,059852	55603,85657	108651,214

Pour calculer le coût de transport de toute la demande de l'agent i à partir du centre de distribution 1, il suffit de calculer la somme des valeurs de la première ligne. Pour chaque agent, nous effectuons la somme des valeurs sur la ligne pour trouver le coût de transport à partir du centre de distribution 1.

En tout, 17 matrices 37 \* 7 ont été calculées pour sommer les valeurs sur leur ligne, et trouver les coûts de transport de chaque agent à partir de chaque centre de distribution.



# Coûts d'approvisionnement de l'agent i à partir du centre de distribution j

Coût d'approvisionnement des agents à partir des pairs

5365904	6012646	5983254	4853855	5468738	5769764	6716422	6694584	7076798	6170784	7032330	6173107	5488764	5113338	3751994	5376318	2681046
4056202	1222550	2298829	5854430	3668763	2760950	3400109	7400844	5906637	2808402	7091727	5307782	6419072	10930766	11444873	10751100	19924779
914731	724581	402250	1799618	1499660	1436929	2008719	3294943	2833862	1732056	3224545	2533835	1248186	2730311	3771109	4100003	5914968
5486298	2626426	4770657	6423933	2989476	1545100	3739923	7371716	6505205	1545100	7509725	4324473	9527657	15079672	12685957	10984374	25101045
5616677	6100099	6590348	4286659	4664120	5068282	6498268	5614359	6774195	5504807	6429489	4914033	7128813	8257863	1985677	2552266	8534577
4362881	6307166	5525806	4715643	6197796	6821967	9147266	11054701	10775705	8007492	11327506	9209763	3039320	1983633	6931733	10589354	6965165
2005170	2580088	2260363	2233608	2666515	2840465	3526415	4252663	4083218	3206114	4302009	3652160	3338663	347819	2988048	4200631	2319684
392597	4533052	3946473	3794156	464571	492611	6352455	7702314	7414227	5708134	7816597	6543932	2196855	583847	5269901	7567241	4475004
2645355	3369746	1675818	5523870	5259271	5348451	7561977	11465009	10151697	6525852	11335587	8969054	2631200	7285305	11666840	13489488	17457731
221264	1069114	1637350	2713800	1682848	1199598	594593	2246794	1576231	729346	2056656	1590417	3248619	5014185	4695635	3922391	8414593
1502990	1296906	1645652	1245586	809695	779492	1196466	1012129	1358945	784265	1291901	492327	2323560	3210402	1782765	1073461	4511349
1559739	2946866	2424890	2141169	2965636	3360178	4989115	6425847	6164701	4189190	6580022	5112588	1091854	2318343	4511435	6457084	6420481
8679562	10330368	9885519	8172387	9682301	10336991	12465053	13398344	13640576	11349887	13877177	11940881	8055814	6374407	7530440	11653623	668400
5368358	3563355	4684052	5692768	3767898	2949150	1012403	2139018	1255283	1669860	1799071	1673361	7473484	10565327	8467397	5882667	16029654
833182	1269500	928589	1323643	1514149	1615682	2205772	3004739	2767433	1933057	3009109	2431627	274850	1014866	2538579	3252800	3313511
2547126	1934120	2275361	2642120	2022375	1763843	994432	730157	431461	1350729	349915	1152499	3198391	4209790	3417078	2236918	6000883
2767681	2176946	2528474	2815028	2206345	1962032	1252258	739051	691505	1559558	467677	1273088	3445540	4453037	3495665	2193740	6170814
3955059	4774423	5026848	2704994	3523457	4038788	5705606	5541791	6277525	4687636	6167811	4593956	5095168	5883934	551650	3442326	6214282
3408104	2387442	1371050	6381413	5207193	4898737	6617165	11084739	9427688	5786971	10791547	8545852	4551541	9591911	13093139	14018507	20504388
706091	726503	971026	572831	274800	350983	1250434	1637449	1681919	751490	1780439	1023258	1528956	2414679	1682749	1754410	3930858
1896634	1331084	1699250	1959085	1341286	1089821	505618	516738	347456	687068	413866	520315	2597916	3597176	2782629	1825332	5318053
2715150	1782596	2304928	2942923	1999837	1585105	413800	1188636	483819	957064	894947	1061075	3689158	5210261	4360037	3111884	7979778
2709114	1852532	1140550	5164091	4172437	3925390	5433716	9111835	7773100	4693512	8890759	6981039	3809170	8011684	10744462	11506868	17006872
8271942	7997453	9118328	6738491	6070128	6221187	7375235	5108263	7240282	6241414	6452775	4684066	11033182	13657308	5823818	933000	16265553
3365851	2213583	1595100	6733619	5318997	5023591	7432160	12429791	10701702	6216955	12203293	9381810	5391540	11281331	14527817	15599590	23582587
6985905	4044696	6070557	7632653	4283947	2808707	2208175	5388750	4472872	1469800	5379468	2898500	10768158	16086174	12994441	10004654	25526496
10406204	7352327	9410517	10658453	7257430	5898173	2966207	2689530	2226447	3712016	2388767	2578278	14347492	19859280	15119733	9789145	29250209
3536581	1983246	3064828	3904284	2124710	1330987	1285972	3032527	2551909	782050	3042972	1649945	552747	8379803	6817658	5363296	13415324
4246257	3066900	3931075	4253651	2875603	2353835	1437340	971094	1209477	1511969	1114065	796003	5927297	8180424	5984722	3735225	11919297
2190041	3819087	4054320	959400	2186611	3161615	6306176	7611049	7870514	4605567	8196561	5475010	4620350	7120304	4704379	6936517	11727221
2217677	2847723	2535568	2381620	2877374	3077694	3830837	4539091	4402310	3472076	4612792	3903074	1591025	625866	3037447	4388882	2123433
7187706	5393734	7061492	6808947	4317381	3546622	3507769	2744800	3862379	2453030	3648991	1203300	10611272	14795447	9879594	6020723	21431562
6333221	3771050	5096397	7186306	4722195	3591453	1093300	4061640	2242741	2035097	3404922	3154286	8774135	12803840	11307783	8657436	20385073
5662331	4301380	5069736	5860170	4477315	3903295	2207895	1560428	947961	2982590	714955	2517062	7130046	9888976	7574971	4927815	13367708
2681810	2151943	2634003	2517050	1840827	1659663	1380699	333714	1126736	1286345	817970	603040	3670512	4826777	3157856	1586498	6676579
2727610	2266006	2664322	2581772	2032903	1860528	1516779	453097	1124998	1546514	756347	1006947	3359859	4539423	2991842	1454762	5990840
878157	274800	449052	1314213	852020	666831	834045	1739913	1397752	704824	1668191	1266748	1377181	2391790	2589808	2477487	4440995

**Coût de transport du produit l vers le Cluster  $q_i$  à partir du centre de distribution 1**

Coût de transport du produit K vers l'agent i à partir du DC 1						
1917374	162977	367497	1198359	23967	264118	16298
1629420	118715	214152	872904	8729	141760	11871
1740672	126820	343161	932503	18650	241580	12682
1583504	95010	278510	815039	13972	191790	12668
1865006	166607	228774	1398755	18650	288454	21137
1768754	162725	427154	1768754	17688	328281	24055
3802618	242417	710614	2079557	35650	489349	32322
5519709	351881	952150	2587363	43123	670300	35188
5106624	306397	829075	2252922	45058	583657	30640
3821228	324804	439441	2786312	47765	526374	21654
5864690	496774	872804	3449818	77621	640286	46918
913088	152942	223136	570680	11414	162187	15522
5792757	469213	666167	3620473	72409	797952	59086
1391769	213405	186729	1449760	23196	376706	31547
1924692	291453	505919	1959061	41243	334896	56091
3687744	673013	1102635	4609680	92194	788716	94037
2508270	186512	258866	2009832	32157	382350	43734
5445971	295638	447348	1944990	48625	575328	66130
1430648	48642	263239	536493	14306	161806	19457
9319529	310651	510355	2773669	77663	823669	60355
11034424	765919	1418248	4868128	178498	1223523	132413



## Coûts d'approvisionnement du Cluster $q_i$ à partir du centre de distribution $j$

### Cout d'approvisionnement des agents à partir des parcs

3950590	992056	2020161	5912286	3833004	2999889	3752138	7827394	6288106	3170811	7504737	5698752	6195560	10760009	11650838	11145538	19978819
2997551	3332379	1760082	5934519	5596550	5632810	7728997	11790493	10370607	6763406	11610969	9283337	2759947	7474019	12201443	13988448	18001106
3416069	2389017	635329	6394407	5215870	4905856	6626205	11102904	9442255	5794902	10808892	8559371	4564452	9614797	13119179	14043917	20547969
2990493	3168201	1058495	6603183	5779943	5753215	8529982	13458146	11817755	7182497	13299808	10304262	4365666	10292829	14472414	16229130	22823007
3987383	2788563	741584	7463826	6088188	5726326	7734391	12959786	11021406	6764059	12616603	9990865	5327824	11222804	15313270	16392663	23984472
4497410	2145593	3909589	5273787	2450239	1146720	3090316	6082733	5368547	1122938	6196303	3573925	7822397	12390675	10433399	9047091	20639369
7392527	4280301	6423930	8076810	4533310	2972434	2336288	5701593	4732458	610897	5691733	3066731	11394663	17021859	13750153	10586186	27010975
10159714	7130183	9103283	10493375	7183091	5835948	2709681	2768043	1866682	3678245	2220750	2783235	13918254	19272493	14905685	9776909	28492223
9154374	6854680	8968409	8695587	5530532	4539131	4396179	3406727	4811289	3115837	4537650	304750	13480779	18787382	12593707	7670882	27216939
7967578	5306090	6963098	8435843	5592896	4386903	1537324	3116848	1831448	2499090	2615883	2459395	11082533	15649404	12516473	8669024	23709395
11448910	8034954	10258426	11824911	8094576	6576489	3053521	3119288	2103551	4144988	2502548	3136408	15684383	21718039	16797113	11017530	32107688
2048969	3573080	3793160	179520	2045760	2957959	5899962	7120782	7363532	4308898	7668577	5122336	4322729	6661648	4401346	6489700	10971809
11478058	6834489	9236491	13024152	8558304	6508995	396290	7361143	4064647	3688322	6170934	5716692	15901865	23205130	20493741	15690365	36945031
3673111	1767901	2707543	4487576	2782780	1983671	983226	3715329	2606476	1206057	3400914	2629934	5371960	8291523	7764764	6486117	13914482
5113357	4417629	5597887	4235837	2767732	2667013	4067089	3417098	4605765	2678464	4370999	1672009	7890274	10888998	6030757	3604308	15278391
11048020	8392313	9891432	11433628	8735576	7615620	4307768	3044511	1849543	5819256	1394930	4910976	13911251	18318592	14779333	9614535	26081395
5421723	7244290	6306876	6063457	7422508	7978713	10151886	12309101	11848707	9122193	12491738	10457886	3510803	933048	8421852	12093240	7151523
8824030	11330950	10088899	9476350	11448930	12245992	15242711	18060822	17516576	13815222	18354072	15554014	6330610	2490291	12085852	17463148	8449037
2474592	4457518	3665945	3322401	4524083	5088500	7422791	9529472	9131926	6281666	9743455	7630009	1537448	3126308	6685830	9573971	9172799
13875892	13419600	15296903	11303110	10188196	10443176	12379587	8579845	12153216	10478966	10832928	7870237	18501966	22895860	9755389	312670	27254367
19621153	23354122	22347808	18475201	21889432	23362284	28181668	30293156	30840173	25660204	31375560	26997239	18209720	14406918	17026333	26349578	302290

## ANNEXE E : Résultats des affectations

### Scenario 1

#### Vers DCs Actuels : Affectation, Average and Average Deviation

CHERAGA		MOHAMMADIA		BAB EZZOUAR		JIJEL		ORAN	
Agent 9	1415812	Agent 4	5058562	Agent 2	2196273	Agent 10	598719,8	Agent 1	5178348
Agent 18	5298114	Agent 5	6808945	Agent 3	418340	Agent 11	1190076	Agent 6	1899274
Agent 19	1562997	Agent 30	4417036	Agent 20	1043021	Agent 14	992170,7	Agent 7	527913,6
Agent 23	1300227			Agent 37	420372,1	Agent 16	992013,3	Agent 8	790034,2
Agent 25	1850316					Agent 17	1249115	Agent 12	1974131
						Agent 21	499500,3	Agent 13	6670322
	2285493		5428181		1019502	Agent 22	579320	Agent 15	824922,1
	1205048		920509		600145,6	Agent 24	7351460	Agent 31	794710,7
	53%		17%		59%	Agent 26	2183352		
						Agent 27	2930585		2332457
						Agent 28	1274634		1795939
						Agent 29	1421682		77%
						Agent 32	3477100		
						Agent 33	1180764		
						Agent 34	2202015		
						Agent 35	1371973		
						Agent 36	1510272		
							1823809		
							1061820		
							58%		



## Affectation Scenario 2

P = 3

DCs Ouverts	Agents affectés aux DCs
CHERAGA	Agent 3
	Agent 7
	Agent 8
	Agent 9
	Agent 15
	Agent 19
	Agent 23
DC 6 M'Sila	Agent 1
	Agent 2
	Agent 4
	Agent 5
	Agent 6
	Agent 11
	Agent 12
	Agent 13
	Agent 18
	Agent 20
	Agent 24
	Agent 25
	Agent 28
	Agent 30
	Agent 31
JIJEL	Agent 10
	Agent 14
	Agent 16
	Agent 17
	Agent 21
	Agent 22
	Agent 26
	Agent 27
	Agent 29
	Agent 33
Agent 34	
Agent 35	
Agent 36	

P = 4

DCs Ouverts	Agents affectés aux DCs
CHERAGA	Agent 9
	Agent 19
	Agent 23
	Agent 25
DC 6 M'sila	Agent 2
	Agent 3
	Agent 4
	Agent 5
	Agent 11
	Agent 18
	Agent 20
	Agent 24
	Agent 28
	Agent 30
JIJEL	Agent 10
	Agent 14
	Agent 16
	Agent 17
	Agent 21
	Agent 22
	Agent 26
	Agent 27
	Agent 29
	Agent 33
DC 14 Oran	Agent 34
	Agent 35
	Agent 36
	Agent 1
	Agent 6
	Agent 7
	Agent 8
	Agent 12
Agent 13	
Agent 15	
Agent 31	

P = 5

P = 6

DCs Ouverts	Agents affectés aux DCs	DCs Ouverts	Agents affectés aux DCs
CHERAGA	Agent 9	CHERAGA	Agent 9
	Agent 19		Agent 19
	Agent 23		Agent 23
	Agent 25		Agent 25
JIJEL	Agent 10	JIJEL	Agent 10
	Agent 14		Agent 14
	Agent 16		Agent 16
	Agent 17		Agent 17
	Agent 21		Agent 21
	Agent 22		Agent 22
	Agent 27		Agent 27
	Agent 29		Agent 29
	Agent 33		Agent 33
	Agent 34		Agent 34
DC 10 Setif	Agent 2	DC 10 Setif	Agent 2
	Agent 3		Agent 3
	Agent 4		Agent 4
	Agent 11		Agent 11
	Agent 20		Agent 20
	Agent 26		Agent 26
	Agent 28		Agent 28
	Agent 30		Agent 30
	Agent 32		Agent 32
	Agent 35		Agent 35
DC 14 Oran	Agent 1	DC 14 Oran	Agent 6
	Agent 6		Agent 7
	Agent 7		Agent 8
	Agent 8		Agent 12
	Agent 12		Agent 15
	Agent 13		Agent 31
	Agent 15	Agent 5	
	Agent 31	Agent 18	
DC 16 El Oued	Agent 5	DC 16 El Oued	Agent 24
	Agent 18		Agent 36
	Agent 24		Agent 1
	Agent 36	DC 17 Béchar	Agent 13

P = 7

DCs Ouverts	Agents affectés aux DCs
DC 2 Bouira	Agent 2
	Agent 3
	Agent 4
	Agent 20
	Agent 30
	Agent 37
CHERAGA	Agent 9
	Agent 19
	Agent 23
	Agent 25
JIJEL	Agent 10
	Agent 14
	Agent 22
	Agent 26
	Agent 28
	Agent 32
	Agent 33
DC 11 Guelma	Agent 16
	Agent 17
	Agent 21
	Agent 27
	Agent 29
	Agent 34
	Agent 35
	Agent 36
DC 14 Oran	Agent 6
	Agent 7
	Agent 8
	Agent 12
	Agent 15
	Agent 31
DC 16 El Oued	Agent 5
	Agent 11
	Agent 18
	Agent 24
DC 17 Béchar	Agent 1
	Agent 13

### Scenario 3

P = 2

P = 3

DCs Ouverts	Agents affectés aux DCs	DCs Ouverts	Agents affectés aux DCs
DC 3 Larbâa	Agent 1	DC 3 Larbâa	Agent 2
	Agent 2		Agent 3
	Agent 3		Agent 9
	Agent 6		Agent 15
	Agent 7		Agent 19
	Agent 8		Agent 20
	Agent 9		Agent 23
	Agent 12		Agent 25
	Agent 13		Agent 30
	Agent 15		Agent 37
	Agent 19	Agent 4	
	Agent 20	Agent 5	
	Agent 23	Agent 10	
	Agent 25	Agent 11	
	Agent 30	Agent 14	
	Agent 31	Agent 16	
	DC 12 Batna	Agent 37	DC 12 Batna
Agent 4		Agent 18	
Agent 5		Agent 21	
Agent 10		Agent 22	
Agent 11		Agent 24	
Agent 14		Agent 26	
Agent 16		Agent 27	
Agent 17		Agent 28	
Agent 18		Agent 29	
Agent 21		Agent 32	
Agent 22		Agent 33	
Agent 24		Agent 34	
Agent 26		Agent 35	
Agent 27		Agent 36	
Agent 28		Agent 1	
Agent 29		Agent 6	
Agent 32		Agent 7	
Agent 33	Agent 8		
Agent 34	Agent 12		
Agent 35	Agent 13		
Agent 36	Agent 31		
		DC 14 Oran	

P = 4

P = 5

DCs Ouverts	Agents affectés aux DCs	DCs Ouverts	Agents affectés aux DCs
DC 3 Larbâa	Agent 2	DC 3 Larbâa	Agent 2
	Agent 3		Agent 3
	Agent 9		Agent 9
	Agent 15		Agent 15
	Agent 19		Agent 19
	Agent 23		Agent 23
	Agent 25		Agent 25
	Agent 30		Agent 30
DC 10 Setif	Agent 37	DC 10 Setif	Agent 37
	Agent 4		Agent 4
	Agent 10		Agent 10
	Agent 11		Agent 11
	Agent 14		Agent 14
	Agent 16		Agent 16
	Agent 17		Agent 17
	Agent 20		Agent 20
	Agent 21		Agent 21
	Agent 22		Agent 22
	Agent 26		Agent 26
	Agent 27		Agent 27
	Agent 28		Agent 28
	Agent 29		Agent 29
DC 14 Oran	Agent 32	DC 14 Oran	Agent 32
	Agent 33		Agent 33
	Agent 34		Agent 34
	Agent 35		Agent 35
	Agent 1		Agent 6
	Agent 6		Agent 7
DC 16 El Oued	Agent 7	DC 16 El Oued	Agent 8
	Agent 8		Agent 12
	Agent 12		Agent 31
	Agent 13		Agent 5
DC 17 Bechar	Agent 31	DC 17 Bechar	Agent 18
	Agent 5		Agent 24
	Agent 18		Agent 36
	Agent 24		Agent 1
DC 16 El Oued	Agent 36	DC 17 Bechar	Agent 13
	Agent 36		Agent 13

P = 6

P = 7

DCs Ouverts	Agents affectés aux DCs
DC 3 Larbâa	Agent 2
	Agent 3
	Agent 9
	Agent 15
	Agent 19
	Agent 23
	Agent 25
	Agent 30
	Agent 37
DC 10 Setif	Agent 4
	Agent 10
	Agent 11
	Agent 14
	Agent 20
	Agent 26
	Agent 28
	Agent 32
Agent 33	
DC 11 Guelma	Agent 16
	Agent 17
	Agent 21
	Agent 22
	Agent 27
	Agent 29
	Agent 34
	Agent 35
Agent 36	
DC 14 Oran	Agent 6
	Agent 7
	Agent 8
	Agent 12
DC 16 El Oued	Agent 31
	Agent 5
	Agent 18
DC 17 Bechar	Agent 24
	Agent 1
	Agent 13

DCs Ouverts	Agents affectés aux DCs
DC 3 Larbâa	Agent 2
	Agent 3
	Agent 9
	Agent 15
	Agent 19
	Agent 23
	Agent 25
	Agent 37
DC 4 Djelfa	Agent 12
	Agent 18
	Agent 20
DC 10 Setif	Agent 30
	Agent 4
	Agent 10
	Agent 11
	Agent 14
	Agent 26
	Agent 28
	Agent 32
Agent 33	
DC 11 Guelma	Agent 16
	Agent 17
	Agent 21
	Agent 22
	Agent 27
	Agent 29
	Agent 34
	Agent 35
Agent 36	
DC 14 Oran	Agent 6
	Agent 7
	Agent 8
	Agent 31
DC 16 El Oued	Agent 5
	Agent 24
DC 17 Bechar	Agent 1
	Agent 13

## Résultats d'affectation des Clusters

P = 2	
DCs Ouverts	Clusters affectés aux DCs
DC 3	Clust 1
	Clust 2
	Clust 3
	Clust 4
	Clust 5
	Clust 12
	Clust 17
	Clust 18
	Clust 19
	Clust 21
DC 12	Clust 6
	Clust 7
	Clust 8
	Clust 9
	Clust 10
	Clust 11
	Clust 13
	Clust 14
	Clust 15
	Clust 16
Clust 20	

P = 3	
DCs Ouverts	Clusts affectés aux DCs
DC 3	Clust 1
	Clust 2
	Clust 3
	Clust 4
	Clust 5
	Clust 12
	Clust 17
	Clust 19
	Clust 21
DC 12	Clust 6
	Clust 7
	Clust 8
	Clust 9
	Clust 10
	Clust 11
	Clust 13
	Clust 14
	Clust 15
DC 17	Clust 16
	Clust 18

P = 4

DCs Ouverts	Clusters affectés aux DCs
DC 3	Clust 1
	Clust 2
	Clust 3
	Clust 4
	Clust 5
	Clust 12
	Clust 6
DC 12	Clust 7
	Clust 8
	Clust 9
	Clust 10
	Clust 11
	Clust 13
	Clust 14
	Clust 15
	Clust 16
	Clust 20
DC 14	Clust 17
	Clust 18
	Clust 19
DC 17	Clust 21

P = 5

DCs Ouverts	Clusters affectés aux DCs
DC 3	Clust 1
	Clust 2
	Clust 3
	Clust 4
	Clust 5
	Clust 12
	Clust 6
DC 7	Clust 7
	Clust 8
	Clust 9
	Clust 10
	Clust 11
	Clust 13
	Clust 14
	Clust 16
	Clust 17
DC 14	Clust 18
	Clust 19
DC 16	Clust 15
	Clust 20
DC 17	Clust 21



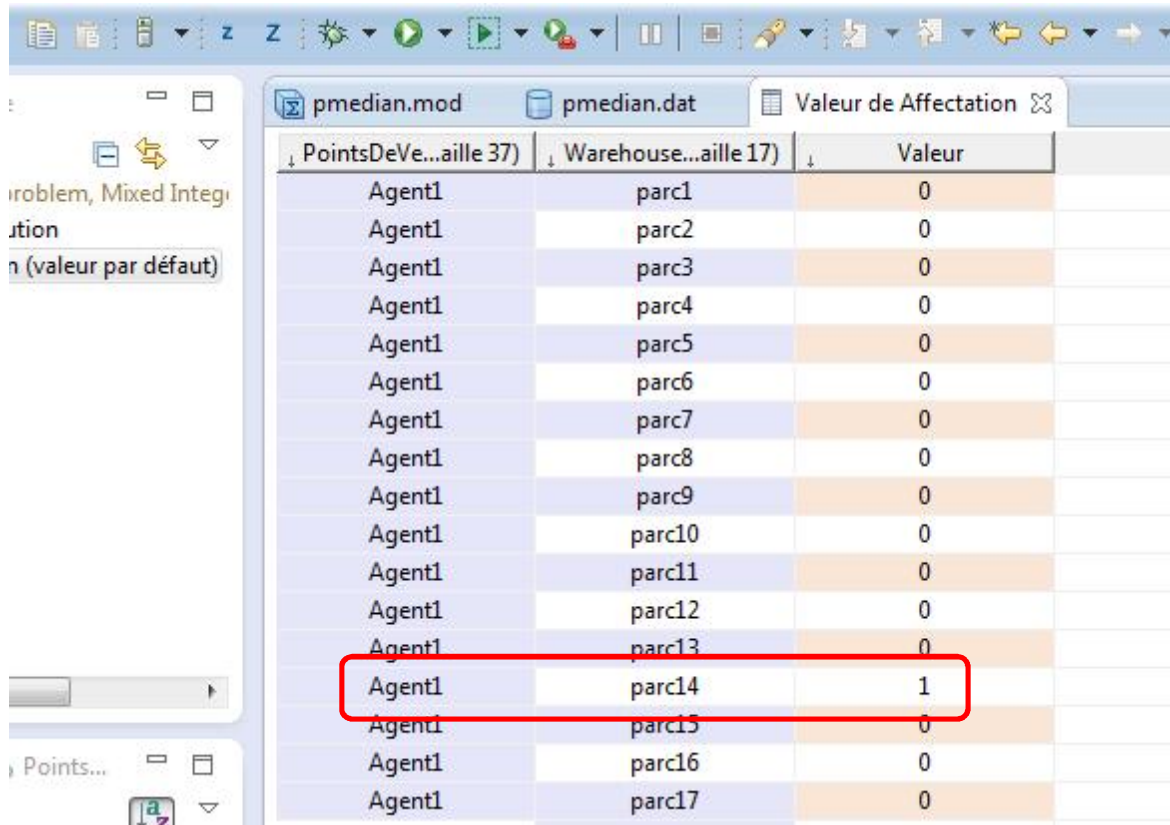
P = 6

DCs Ouverts	Clusters affectés aux DCs
DC 3	Clust 1
	Clust 2
	Clust 3
	Clust 4
	Clust 5
	Clust 12
DC 7	Clust 6
	Clust 7
	Clust 8
	Clust 10
	Clust 11
	Clust 13
	Clust 14
Clust 16	
DC 12	Clust 9
	Clust 15
DC 14	Clust 17
	Clust 18
	Clust 19
DC 16	Clust 20
DC 17	Clust 21

P = 7

DCs Ouverts	Clusters affectés aux DCs
DC 3	Clust 1
	Clust 2
	Clust 3
	Clust 4
	Clust 5
	Clust 12
DC 7	Clust 6
	Clust 7
	Clust 10
	Clust 13
	Clust 14
DC 9	Clust 8
	Clust 11
DC 12	Clust 16
	Clust 9
DC 14	Clust 15
	Clust 17
	Clust 18
DC 16	Clust 19
	Clust 20
DC 17	Clust 21

## ANNEXE F : Exemple d'affectation effectué sur IBM ILOG CPLEX Optimization Studio



PointsDeVe...aile 37)	Warehouse...aile 17)	Valeur
Agent1	parc1	0
Agent1	parc2	0
Agent1	parc3	0
Agent1	parc4	0
Agent1	parc5	0
Agent1	parc6	0
Agent1	parc7	0
Agent1	parc8	0
Agent1	parc9	0
Agent1	parc10	0
Agent1	parc11	0
Agent1	parc12	0
Agent1	parc13	0
Agent1	parc14	1
Agent1	parc15	0
Agent1	parc16	0
Agent1	parc17	0

