

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Ecole Nationale Polytechnique



Département Génie Industriel

Mémoire de projet de fin d'études

pour l'obtention du diplôme d'Ingénieur d'état en Génie Industriel

Contribution à l'amélioration d'un réseau de
distribution par la conception d'un modèle de
localisation-allocation.
Application : Nestlé Algérie

M. Amine Ait Ouakli (Management Industriel)

M. Nedjmeddine Malaoui (Management de l'Innovation)

Présenté et soutenu publiquement le 19/06/2017

Jury :

Président	Mme Sabiha Nait Kaci	MAA	ENP
Promoteur	Mme Nacera Aboun	MAA	ENP
Examineur	M .Ali Boukabous	MAA	ENP

ENP 2017

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Ecole Nationale Polytechnique



Département Génie Industriel

Mémoire de projet de fin d'études
pour l'obtention du diplôme d'Ingénieur d'état en Génie Industriel

Contribution à l'amélioration d'un réseau de
distribution par la conception d'un modèle de
localisation-allocation.
Application : Nestlé Algérie

M. Amine Ait Ouakli (Management Industriel)

M. Nedjmeddine Malaoui (Management de l'Innovation)

Présenté et soutenu publiquement le 19/06/2017

Jury :

Président	Mme Sabiha Nait Kaci	MAA	ENP
Promoteur	Mme Nacera Aboun	MAA	ENP
Examineur	M .Ali Boukabous	MAA	ENP

DEDICACES

Je dédie ce travail a

Mes parents

A mon frère

A ma sœur

A tous mes amis

A mon binôme

A tous ceux qui mon soutenu tout au long de ma formation

Amine

Je dédie ce modeste travail

à mes chers parents à qui je serai toujours redevable,

A mon frère et mes sœurs

A Firas et Walid,

A ma famille et mes amis qui m'ont toujours soutenu,

A la chambre A147,

A mon binôme,

A toute personne à qui je tiens...

Nedjmeddine

REMERCIEMENTS

Nous tenons à exprimer toute notre reconnaissance à notre promotrice Madame Nacera Aboun. Nous la remercions de nous avoir encadrés, orientés, aidés et conseillés.

Nous adressons nos sincères remerciements à tous les professeurs et toutes les personnes qui par leurs paroles, leurs écrits, leurs conseils et leurs critiques ont guidé nos réflexions et ont accepté de nous rencontrer et répondre à nos questions tout au long de l'élaboration de ce mémoire.

Nous remercions également notre promoteur et directeur supply chain de Nestlé Algérie Monsieur Redouane Saker, pour nous avoir accueillis au sein de son département, ainsi que tout le personnel de Nestlé Algérie pour leur accueil et leurs encouragements particulièrement Imen Redjedal et Islem Zerrougui.

Nous remercions les membres du jury de nous faire l'honneur d'évaluer notre travail.

ملخص :

الهدف من هذا العمل يتمثل في تحسين شبكة توزيع شركة نستله الجزائر. من أجل ذلك تم إقتراح إعداد أمثل لخفض التكاليف وتوسيع تغطية السوق. وتتكون المنهجية من تصميم نموذج رياضي للتوقع والتخصيص، الذي تم تطبيقه في عدة سيناريوهات لإختيار عدد و تموقع مراكز التوزيع التي سيتم فتحها، وكذلك الزبائن المخصصة لكل مركز. تم حساب النسبة تكلفة/رقم المعاملات الخاص بكل إعداد مقترح. في النهاية تمت مقارنة النتائج وتقديمها لنستله الجزائر كأداة لدعم القرار.

الكلمات الدالة : شبكة توزيع، مركز التوزيع، التكلفة، التوقع والتخصيص

Abstract :

The objective of this work is to improve the distribution network of Nestlé Algeria. To this end, an optimal network configuration is proposed in order to reduce the costs and maximizing market coverage by the network. The approach used is the design of a mathematical localization-allocation model. Several scenarios were tested and for each scenario, the number of distribution centers to be opened, their location and the clients allocated to them were determined. The ratio Cost / Turnover was calculated for each configuration and several alternatives were proposed. Finally, a comparative study of the different alternatives was carried out in order to provide Nestlé Algeria with a decision-making support.

Key Words: Distribution network, distribution center, cost, location-allocation

Résumé :

L'objectif de ce travail consiste en l'amélioration du réseau de distribution de Nestlé Algérie. A cet effet, une configuration optimale du réseau est proposée en vue de réduire les coûts et maximiser la couverture du marché par ce dernier. L'approche utilisée consiste en la conception d'un modèle mathématique de localisation-allocation. Plusieurs scénarii ont été testés et pour chaque scénario, le nombre de centres de distribution à ouvrir, leur emplacement ainsi que les clients qui leurs sont alloués ont été déterminés. Le ratio Coût/ Chiffre d'affaire a été calculé pour chaque configuration et plusieurs alternatives ont été proposées. Enfin, une étude comparative des différentes alternatives a été menée afin de fournir à Nestlé Algérie un support d'aide à la décision.

Mots clés : Réseau de distribution, centre de distribution, coût, localisation-allocation

Table des matières

Liste des tableaux

Liste des figures

Introduction générale	9
Chapitre I Etat des lieux	11
1.Présentation de l'entreprise	12
1.1Nestlé monde	12
1.1.1.Ambitions	12
1.1.3.Les axes de développement de Nestlé	12
1.1.4.Historique du Groupe Nestlé	12
1.1.5.Les business du Groupe Nestlé	13
1.2Le marché agroalimentaire	13
1.3Nestlé Maghreb.....	14
1.4Nestlé Algérie	14
2.Diagnostic et problématique	16
2.1Avant-propos	16
2.2.Cadre du projet	16
2.3.Diagnostic.....	16
2.3.1.Présentation du réseau de distribution de Nestlé Algérie SPA.....	16
2.3.2.Présentation des processus de Nestlé Algérie SPA.....	19
2.3.3.Traitement des données	23
2.3.4.Analyse des charges	23
2.3.5.Indicateur clé	24
2.4.Résultat du diagnostic	25
2.5.Choix de la piste à suivre	25
3.Enoncé de la problématique	26
Chapitre II Etat de l'art	28
1.Définition d'un réseau de distribution	29
1.1.Performance d'un réseau de distribution.....	29
1.2.Configuration des réseaux de distribution.....	29
2.Conception d'un réseau de distribution	30
3.Les coûts d'un réseau de distribution	32
4.Localisation d'installations	33
4.1.Les méthodes qualitatives	34
4.2.Les méthodes quantitatives	34
4.2.1.La méthode du barycentre	34
4.2.2.Les modèles mathématiques	35
5.Calcul de distances	41

Chapitre III Construction du modèle mathématique	43
1.Définition du problème	44
2.Définition et notations	44
2.1.Ensembles.....	44
2.2. Constantes	44
2.3.Paramètres d'entrés.....	44
2.4.Variables de décision	45
2.5.Fonction Objectif	45
2.6.Contraintes du modèle	48
2.7.Modélisation finale du problème	49
3.Calcul du paramètre C_0 (Coût kilométrique par palette)	50
4.Calcul de la demande (a_{ik}).....	51
4.1.Préparation des données	51
4.2.Calcul des demandes.....	53
5.Calcul des distances	54
6.Calcul des coûts liés aux centres de distribution.....	54
6.2.Les coûts d'exploitation	55
7.Le coût de perte P_{Km}	55
Chapitre IV Résolution du modèle mathématique et analyse des résultats	57
1.Le choix des points potentiel.....	58
1.1.Première étape : la pré-sélection.....	58
1.2.Deuxième étape : l'ajout de points issus du modèle p-centre	58
1.3.Troisième étape : la sélection	59
2.Le géocodage des communes et des points potentiel	59
3.Calcul du nombre de van	60
4.Choix des logiciels	60
5.Présentation des résultats et discussion	61
5.1.Allocation des communes aux centres de distribution existants	61
5.2. Sauvegarde du centre d'Oran.....	63
5.3. Scénario sans contrainte de sauvegarde.....	64
5.4. Amélioration de la solution par un modèle P-centre.....	66
5.5. Solution avec pondération des communes.....	68
6. Comparaison des résultats.....	70
Conclusion générale	73
Bibliographie.....	75
Annexes	77

Liste des tableaux

Tableau 1 Evolution du chiffre d'affaire de Nestlé	12
Tableau 2 Ratios coûts/Chiffre d'affaire des distributeurs	24
Tableau 3 Pourcentages des charges à réduire par rapport aux charges payées	26
Tableau 4 Types de charges	32
Tableau 5 Type et capacité des véhicule	50
Tableau 6 Prix de transport d'une palette par kilomètre	51
Tableau 7 Estimation population par détaillant	54
Tableau 8 Synthèse de la dispersion des clients pour le scénario 1	62
Tableau 10 Comparaison des valeurs du ratio avant et après reconfiguration	63
Tableau 11 Valeurs Coût/CA scénario 2	63
Tableau 12 valeurs Coûts/CA pour P=3 selon les zones de livraison	64
Tableau 13 Meilleure Configuration pour P=3	64
Tableau 14 Amélioration de la solution initiale pour scénario 3	64
Tableau 15 Valeurs Coût/CA scénario 3	65
Tableau 16 Valeurs Coût/CA scénario 3 avec R<50Km	65
Tableau 17 Valeurs Coût/CA scénario 3 avec R<70Km	65
Tableau 18 Principales valeurs concernant l'éloignement des clients scénario 4	67
Tableau 19 Valeurs Coût/CA scénario 4	68
Tableau 20 Amélioration de la solution initiale pour scénario 4	68
Tableau 21 Principales valeurs concernant l'éloignement des clients scénario 5	69
Tableau 22 Valeurs Coût/CA scénario 5	70
Tableau 23 Amélioration de la solution initiale pour scénario 5	70
Tableau 24 H.IV Affectation avec sauvegarde du centre de distribution de Oran P=4	89

Liste des figures :

Figure 1 Répartition des activités de Nestlé	13
Figure 2 Chiffre d'affaire de Nestlé et ses plus grands concurrents	13
Figure 3 Entités Nestlé présentes en Algérie	15
Figure 4 Organigramme du canal Détail	17
Figure 5 Organigramme Canal Gros	18
Figure 6 Organigramme Canal Pharmaceutique	18
Figure 7 Réseau de distribution de Nestlé Algérie SPA.....	19
Figure 8 Schéma des processus de Nestlé Algérie	19
Figure 9 Etapes du processus opérationnel d'entrée en stocks des produits.....	20
Figure 10 Etapes du processus opérationnel de préparation de commande	20
Figure 11 Schématisation du processus d'approvisionnement des centres de distribution.....	21
Figure 12 Variation des différentes charges des distributeurs	24
Figure 13 Configurations des réseaux de distribution.....	30
Figure 14 Choix d'implantation des installations logistiques.....	32
Figure 15 Représentation du Problème du P-centre.....	39
Figure 16 Synthèse des modèles utilisées pour la localisation d'installations	41
Figure 17 Capture d'écran du fichier des ventes initial	52
Figure 18 Capture d'écran du fichier après transformation	52
Figure 19 Exemple de détermination de points potentiels.....	58
Figure 20 Capture d'écran du résultat du géocodage sur Google SpreadSheet	59
Figure 21 Schéma explicatif de la démarche de résolution utilisant le modèle P-centre	66
Figure 22 Dispersion des clients : scenario 3.....	67
Figure 23 Dispersion des clients scenario 4.....	69
Figure 24 Diagramme représentant les coûts de van.....	71
Figure 25 Coût de transport amont.....	71
Figure 26 Coût d'entrepôt	72
Figure 27 Coût logistique total.....	72

Introduction générale

Aujourd'hui, l'heure est à l'incertitude et à la défiance. Dans un moment où règnent l'instabilité des marchés, émergence de nouvelles formes de concurrence et évolution de l'attente des consommateurs ; les entreprises sont amenées à se différencier par leur manière de créer, diffuser et capturer de la valeur.

Dans ce contexte de lutte accru sur le secteur, les entreprises agroalimentaires se sont vues dans l'obligation de développer des organisations centrées sur le client pour bien cerner ses besoins et les satisfaire au mieux afin de se démarquer de la concurrence. Une bonne relation client se maintient par une bonne distribution qui assure la disponibilité des produits auprès du client en lui délivrant le bon produit dans les délais et avec les quantités voulues aux meilleurs prix. Nestlé en sa qualité de leader mondial dans l'agroalimentaire, veut renforcer sa position sur le marché algérien en assurant une large présence de ses produits à travers le territoire national.

Cette multinationale ayant comme mot d'ordre « bien manger, bien vivre » se soucie particulièrement du bien-être de ses consommateurs. La satisfaction de ses clients par des produits de qualité, frais et à un prix concurrentiel est l'objectif que s'est fixé Nestlé. Pour ce faire, Nestlé développe un réseau de distribution sur tout le territoire national afin d'améliorer l'efficacité du canal de distribution direct. Ceci lui permet d'être le plus près des consommateurs finaux considérés comme le point focal des activités de Nestlé. C'est dans ce cadre que s'inscrit le présent projet.

En effet, le réseau de distribution de Nestlé Algérie est en pleine structuration. Nestlé Algérie étant une entreprise jeune a décidé de se focaliser sur son cœur de métier, c'est-à-dire l'alimentation, et à adopter une stratégie d'externalisation de l'activité de distribution. Elle est alors partenaire d'entreprises algériennes dont l'activité principale est la distribution de produits alimentaires. Ce partenariat profite aux deux parties, les entreprises de distribution ont l'avantage de travailler avec une multinationale ayant une grande expérience dans le domaine, ce qui leur permet de développer des pratiques répondant aux standards internationaux. Nestlé Algérie de son côté profite de la connaissance du terrain de ses entreprises de distribution pour atteindre les consommateurs de la manière la plus efficace possible.

Notre travail s'est concentré sur l'amélioration de la performance et l'efficacité du réseau de distribution de Nestlé Algérie. Après avoir pris connaissance des spécificités du business dans lequel Nestlé Algérie opère et des mécanismes utilisés dans le partenariat la liant aux entreprises de distribution, un diagnostic a été mené sur la rentabilité et la performance des partenaires de distribution.

C'est pour répondre aux objectifs de l'entreprise et aux préoccupations formulées précédemment que le présent projet s'est fixé comme objectif la reconfiguration du réseau de distribution et la définition des parts de marché que chaque entreprise de distribution doit satisfaire.

Pour ce faire notre travail a été structuré en quatre chapitres comme suit :

Le chapitre I présente l'entreprise, ses activités et son historique. Un intérêt particulier a été accordé aux processus des départements commercial et supply chain qui nous ont accueillis,

car ce sont les principaux départements qui interagissent avec la structure du réseau de distribution. Ensuite, un diagnostic est établi concernant les coûts subis par Nestlé Algérie pour distribuer ses produits. Enfin, le chapitre est conclu par la formulation de la problématique.

Le chapitre II quant à lui, expose les différents concepts utilisés pour la conception de la solution à la problématique de l'entreprise. Dans un premier temps nous présenterons les concepts généraux relatifs à un réseau de distribution. Dans un deuxième temps, nous définirons le type de décision qu'une entreprise est amenée à prendre lors de la conception de son réseau de distribution, ainsi que les différents coûts engendrés par celui-ci pour satisfaire les exigences des clients. Dans un dernier temps, nous listerons les outils de recherche opérationnelle utilisés dans l'optimisation des réseaux de distribution, notamment les modèles mathématiques traitant les problèmes de localisation- allocation.

Le chapitre III est dédié à l'élaboration du modèle mathématique utilisé pour traiter la problématique. Nous expliquerons les étapes de construction de la fonction objectif ainsi que le rôle de chaque contrainte. Nous calculerons ensuite les différents paramètres intervenant dans le modèle mathématique proposé.

Le chapitre IV abordera l'application du modèle développé. Plusieurs scénarii seront déroulés pour différents cas du problème de reconfiguration du réseau de distribution. Les résultats de cette application seront présentés et comparés.

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

Chapitre I : Etat des lieux

Introduction

Le présent projet a été effectué au sein de l'entreprise Nestlé Algérie. Nous présenterons à travers ce chapitre le Groupe Nestlé, son histoire et ses activités en nous intéressant plus particulièrement à Nestlé Algérie.

Par la suite, nous mettrons l'accent sur le cadre de notre projet et sur le diagnostic effectué sur le réseau de distribution de l'entreprise. Nous détaillerons sa structure, listerons les différents processus et analyserons les coûts liés à ce dernier.

Enfin, nous présenterons les pistes d'amélioration et le choix de la problématique qui fera l'objet de notre travail.

1. Présentation de l'entreprise

1.1 Nestlé monde

Nestlé est une multinationale suisse et l'un des principaux acteurs de l'industrie agroalimentaire dans le monde. Avec un chiffre d'affaire de 83 milliards d'euros en 2016, elle est la première entreprise agroalimentaire et la plus grande entreprise laitière au monde. Elle transforme et commercialise un large éventail de produits et de boissons pour l'alimentation humaine et animale. Son siège social est situé à Vevey.

1.1.1. Ambitions

Nestlé a défini trois ambitions globales pour 2030 qui guident son travail et soutiennent la réalisation des objectifs de développement durable de l'ONU.

- Aider 50 millions d'enfants à vivre plus sainement.
- Aider à améliorer 30 millions de moyens de subsistance dans des communautés directement liées à ses activités commerciales.
- S'efforcer d'avoir un impact environnemental nul dans les opérations qu'elle entreprend.

1.1.2. Chiffres concernant Nestlé

Voici quelques chiffres concernant Nestlé dans le monde :

- 339 000 employés dans plus de 191 pays.
- 442 unités de production dans 86 pays.
- Plus de 2 000 marques.
- 1 milliard de produits Nestlé vendus chaque jour.

Tableau 1 Evolution du chiffre d'affaire de Nestlé (Chiffres d'Affaires (CA) & données financières NESTLE NESN, 2017)

ANNEE	2012	2013	2014	2015	2016
CHIFFRE D'AFFAIRE (MILLIARD D'EURO)	85,66	85,83	85,32	82,69	83,33

1.1.3. Les axes de développement de Nestlé

La multinationale suisse s'est fixée quatre principaux axes de développement sur lesquels se base sa stratégie et qui sont :

Les produits : donner une valeur ajoutée nutritionnelle aux produits, en préservant leurs qualités organoleptiques.

La Science : développer la Recherche pour mieux comprendre les interactions entre alimentation et santé.

La Communication : guider le consommateur dans sa recherche d'équilibre alimentaire.

Les collaborateurs : élever le niveau de connaissances en nutrition de l'ensemble des collaborateurs.

1.1.4. Historique du Groupe Nestlé

L'histoire commence en 1866, avec la fondation de l'Anglo-Suisse Condensed Milk Company, qui a ouvert la première fabrique de lait condensé en Suisse, à Cham. C'est à Vevey qu'Henri Nestlé met au point un aliment révolutionnaire pour nourrissons en 1867. En 1905, la société qu'il a fondée fusionne avec l'Anglo-Suisse. Ce sera le point de départ du Groupe Nestlé que l'on connaît aujourd'hui.

1.1.5. Les business du Groupe Nestlé

Nestlé est présente dans le monde à travers 16 business énumérés ci-dessous :

- Boissons
- Eaux
- Autres boissons
- Yaourts et autres produits laitiers
- Glaces
- Produits instantanés
- Produits énergétiques
- Compléments santé
- Condiments/Assaisonnements/Pâtes à tartiner/Autres...
- Surgelés
- Céréales de petit-déjeuner
- Chocolats et biscuits
- Produits professionnels
- Aliments pour animaux
- Produits pharmaceutiques
- Lentilles de contact

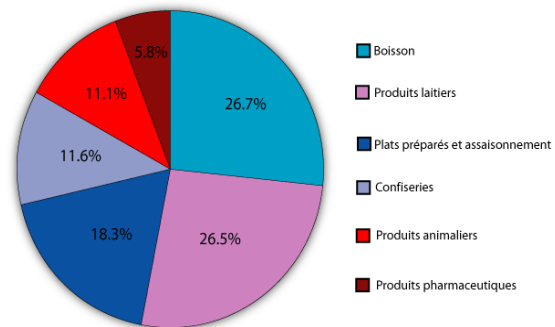


Figure 1 Répartition des activités de Nestlé (Rapport interne Nestlé, 2014)

1.2 Le marché agroalimentaire

Le marché agroalimentaire est un marché très rude en matière de concurrence vu le nombre important d'entreprises actives dans ce secteur. Pour comprendre la complexité de ce marché une comparaison entre le Groupe Nestlé le leader et ses concurrents et leurs contributions sur le marché est présentée dans la figure 3.

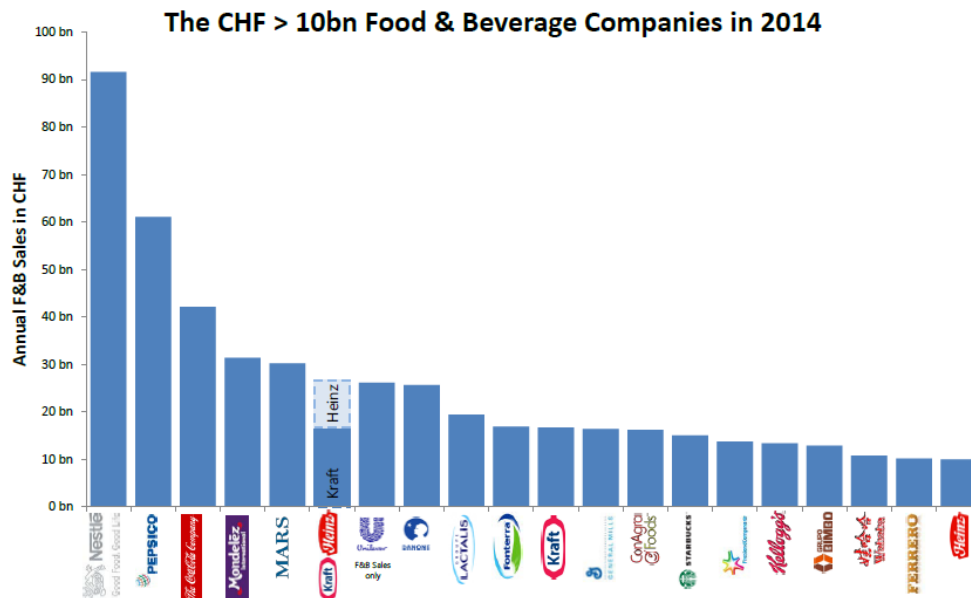


Figure 2 Chiffre d'affaire de Nestlé et ses plus grands concurrents (Rapport interne Nestlé, 2014)

Nestlé est la plus grande société d'alimentation et de boissons au monde mais ne représente que 1,7% du marché mondial. Les vingt plus grandes entreprises d'alimentation représentent moins de 9% du marché mondial.

Les caractéristiques du marché agroalimentaire en Algérie sont résumées ci-après.

Une industrie agroalimentaire (IAA) en développement :

- 2^{ème} industrie du pays après les hydrocarbures.
- L'IAA algérienne réalise 40% du CA de l'industrie nationale.
- 120 000 salariés.
- 17 000 entreprises industrielles, dont 95 % gérés par le secteur privé.
- Les magasins d'alimentation générale et les supérettes sont répartis de manière homogène dans le pays.
- 1^{er} acheteur africain de denrées alimentaires.
- 75% de ses besoins sont assurés par les importations.
- Forte volonté de développement agricole et rural : 20 Mds USD.
- Lancement du Plan National de Développement des Industries Agroalimentaires : augmentation du poids des IAA au PIB (hors hydrocarbures) de 50% à 60%.
- Création de 4 technopoles de 500 industries agroalimentaires.

Un fort potentiel et des opportunités qui restent à concrétiser :

- Une forte demande en produits agroalimentaires.
- L'alimentation représente 45% des dépenses des ménages algériens.
- L'Algérie occupe le 3^{ème} rang mondial en matière d'importation de lait et de produits laitiers.
- Forte consommation de biscuits (2.5 kg / an / hab) et de boissons non-alcoolisées (47L / an / hab).
- L'Algérie est fortement importatrice de produits de base (Djazagro, s.d.).

1.3 Nestlé Maghreb

Le champ d'activité de Nestlé Maghreb englobe le Maroc, l'Algérie et la Tunisie. La création d'une société de distribution des produits Nestlé au Maroc en 1927 puis en Tunisie en 1964 ont été les premiers pas de l'implantation du Groupe dans la région. Puis ce fut le tour de l'Algérie en 2012.

Nestlé Maghreb emploie près de 1100 personnes et dispose de 3 sites industriels (El Jadida au Maroc, Carthage en Tunisie et Alger en Algérie).(nestlemaghreb, 2013)

1.4 Nestlé Algérie

Présente depuis 2002 à travers une entreprise de distribution des produits Nestlé, Nestlé est aujourd'hui implantée en Algérie sous trois entités différentes tel que présenté dans la figure 2.

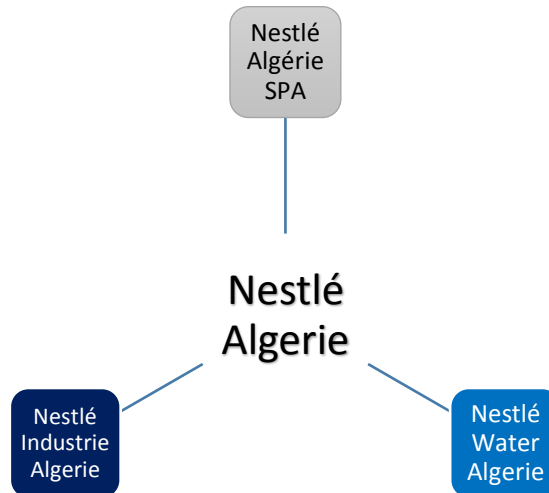


Figure 3 Entités Nestlé présentes en Algérie

Nestlé Industrie Algérie SPA (NIA)

Présente depuis juillet 2015 à travers une unité de production à Oued Smar, avec 4 lignes de production et plus de 70 emplois directs, cette unité prend en charge la production des quatre produits : Gloria (lait en poudre), Nespray (lait en poudre), Nesquik (chocolat en poudre), et Nescafé.

Nestlé Waters Algérie

Présente depuis 2006 en Algérie, cette entité a vu le jour suite à l'acquisition de la société SPA source Taberkachent par la multinationale Nestlé. Elle fait intervenir plus de 300 collaborateurs sur son site d'embouteillage d'eau minérale implanté à Sidi Elkébir (Wilaya de Blida).

Nestlé Algérie SPA

Elle a été créée en 2010 et son siège social est situé à Bab Ezzouar. Avec plus de 400 collaborateurs, sa principale mission est l'importation et la commercialisation des produits Nestlé ainsi que le développement de la marque en Algérie, en s'assurant d'offrir des produits répondants aux normes internationales de Nestlé.

- **Les produits commercialisés :**

Nestlé Algérie SPA commercialise plus de 40 produits répartis en six catégories comme suit :

- Dairy : Poudres de lait.
- Coffee : Café soluble.
- CPW : Céréales pour petit déjeuner.
- Nesquik : Chocolat en poudre.
- Baby Food : Purée instantanée pour bébé.
- Lait Infantile : Poudre de lait pour nourrisson.

C'est au sein de cette dernière entité que nous avons été accueillis pour effectuer notre stage de projet de fin d'études.

2. Diagnostic et problématique

2.1 Avant-propos

Le marché agroalimentaire mondial en général et algérien en particulier, est l'un des plus hostiles en matière de concurrence vu le grand nombre d'entreprises actives dans ce secteur qui essaient de conquérir la plus grande part du marché. Cette concurrence est due à l'énorme demande qui ne cesse de croître en même temps que la population mondiale. Etant le leader dans le secteur, Nestlé souhaite renforcer sa position sur le marché algérien qui s'est montré très prometteur. A cet effet, Nestlé Algérie a mis en place une stratégie en vue d'être le plus près possible du consommateur algérien afin de bien cerner ses exigences qui ne cessent d'augmenter et de les satisfaire mais aussi, pour gérer ses flux de façon fluide et efficiente afin de se maintenir en bonne position dans un marché à forte concurrence.

2.2. Cadre du projet

Dans cette optique, Nestlé ambitionne d'assurer la disponibilité de ses produits dans tous les points de vente situés dans les zones où elle vise à être présente, pour ensuite s'étendre à tout le marché algérien. Ceci passe bien évidemment par la nécessité d'avoir un réseau de distribution bien organisé afin de garantir continuellement la couverture de tout le marché, car toute pénurie aura des répercussions négatives sur les parts de marché de l'entreprise.

Ainsi, l'entreprise envisage de revoir la configuration actuelle de son réseau de distribution afin qu'il puisse répondre aux objectifs de l'entreprise qui sont : une bonne couverture du marché et surtout une réduction des coûts engendrés par le réseau. C'est dans ce cadre que s'inscrit notre projet.

Pour bien comprendre le fonctionnement du réseau et cerner les sources de coûts liés à la distribution, un diagnostic s'avère nécessaire. Dans ce qui suit, le diagnostic mené dans le cadre de ce travail est présenté. La structure du réseau de distribution de Nestlé Algérie y est décrite, suivie d'une analyse des coûts engendrés par ce réseau.

2.3. Diagnostic

Le diagnostic a été effectué selon une démarche structurée sous forme d'entonnoir qui vise en premier lieu à connaître le réseau de distribution dans sa globalité, puis à approfondir de plus en plus afin d'identifier les processus liés à la distribution puis les coûts de distribution. Cette étape permettra de mettre en évidence d'éventuels dysfonctionnements qui pourront mieux orienter notre travail.

Pour mener la première phase du diagnostic relative à la structure du réseau de distribution et aux différents processus de Nestlé Algérie, nous avons eu recours aux interviews avec les différents cadres de la structure Commerciale et Supply Chain. Des visites sur terrain ont également eu lieu pour observer ce qui s'applique dans la pratique.

2.3.1. Présentation du réseau de distribution de Nestlé Algérie SPA

La principale fonction de Nestlé Algérie est la commercialisation des produits importés et ceux fabriqués par Nestlé Industrie Algérie.

Les produits importés et ceux fabriqués localement sont d'abord stockés dans un entrepôt central que Nestlé sous-traite. Cet entrepôt est loué à la palette entreposée et toutes les opérations de manutention (déchargement, chargement, palettisation, ...) sont comprises dans le coût d'entreposage de la palette.

La phase suivante est celle de la commercialisation des produits. Elle est assurée par des distributeurs partenaires de Nestlé Algérie implantés dans les 15 Wilayas suivantes : Alger, Annaba, Batna, Bordj Bou Arreridj, Bejaia, Blida, Chlef, Constantine, Jijel, Mascara, Oran, Sidi Bel Abbes, Sétif, Tizi Ouzou et Tlemcen. Pour un meilleur suivi des flux, Nestlé divise géographiquement son activité de vente en cinq régions : Centre, Centre Est, Centre Ouest, Est, Ouest. Ces distributeurs ont un rôle de revendeurs des produits Nestlé ; ils achètent les produits de Nestlé Algérie et reçoivent leurs commandes de l'entrepôt central de Nestlé à l'aide de prestataires logistiques. Ils les revendent avec une marge qu'ils fixent eux même avec les recommandations de Nestlé.

Ce partenariat profite aux distributeurs par la couverture de tous leurs coûts de fonctionnement (Administration, manutention, Van de livraisons, ...) et des ristournes payées par Nestlé. De part ce partenariat, Nestlé peut contrôler les opérations de ventes sur différents canaux de distribution.

Les distributeurs vendent les produits Nestlé à travers quatre canaux détaillés dans ce qui suit.

2.3.1.1. Le canal Détail (Retail)

C'est un canal de la vente directe qui alimente les points de vente par les produits Nestlé grâce à une force de vente employée par les distributeurs (mais payée par Nestlé), qui fait des tournées pour livrer les points de vente.

Le canal est géré par un Head of Chanel qui supervise des FSM (Field Sales Manager) pour chaque région et qui, à leur tour, supervisent des FSS Détail (Field Sales Supervisor) au niveau des distributeurs qui sont chargés du suivi des vendeurs.

Le schéma de la figure 4 illustre la structure de ce canal :

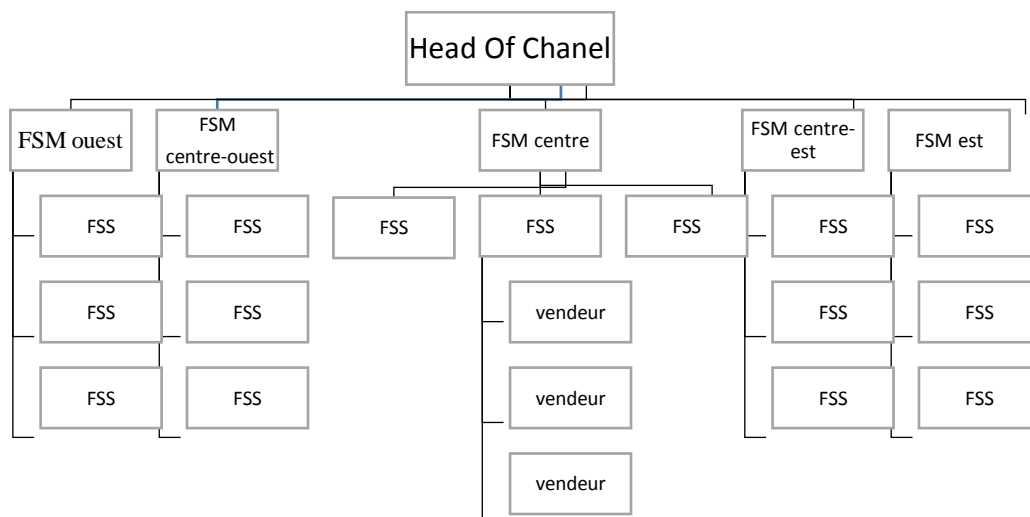


Figure 4 Organigramme du canal Détail

Ce canal est stratégique pour Nestlé car il lui permet de s'assurer de la couverture géographique des points de ventes, d'avoir une vision précise sur la demande réelle du marché et du consommateur final et donc d'être plus près de ce dernier afin de le satisfaire au mieux.

2.3.1.2. Le canal Gros

C'est un canal de la vente indirecte qui distribue les produits aux grossistes. Il est basé sur la prévente où un pré vendeur fait la tournée chez les grossistes pour prendre les commandes et les livrer ensuite.

Comme le canal Détail, le canal Gros est aussi géré par un Head of Chanel qui a un FSS Gros pour chaque région.

Le schéma suivant illustre la structure du canal Gros :

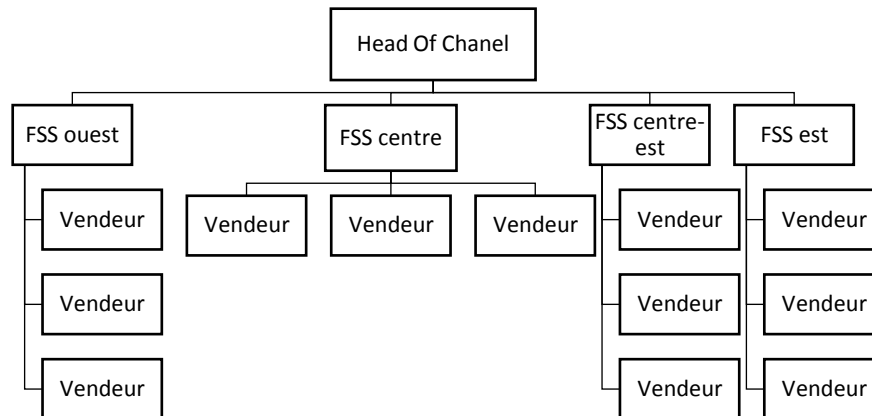


Figure 5 Organigramme Canal Gros

2.3.1.3. Le canal Pharmaceutique (Pharma)

C'est un nouveau canal conçu spécialement pour les catégories de produits lait infantile et Baby Food. Il assure la disponibilité de ces produits au niveau des pharmacies et des parapharmacies.

Le schéma suivant illustre la structure de ce canal :

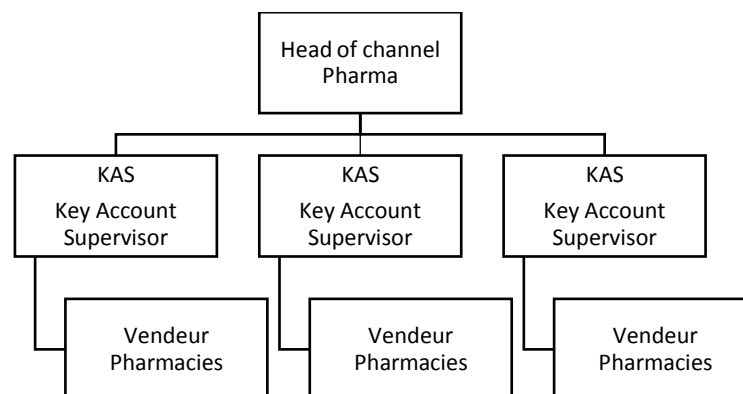


Figure 6 Organigramme Canal Pharmaceutique

2.3.1.4. Le canal Hypermarché (Modern Trade)

Ce canal a pour objectif de gérer les commandes des grandes surfaces (Hypermarchés) mais aussi les partenariats avec les enseignes de ce secteur afin de proposer des réductions et promotions pour les clients. Le canal Modern Trade (MT) est spécifique pour le distributeur d'Alger vu la concentration des hypermarchés et des Mall dans cette région.

Pour résumer, le diagramme de la figure 7 illustre le réseau de distribution de Nestlé dans sa globalité :

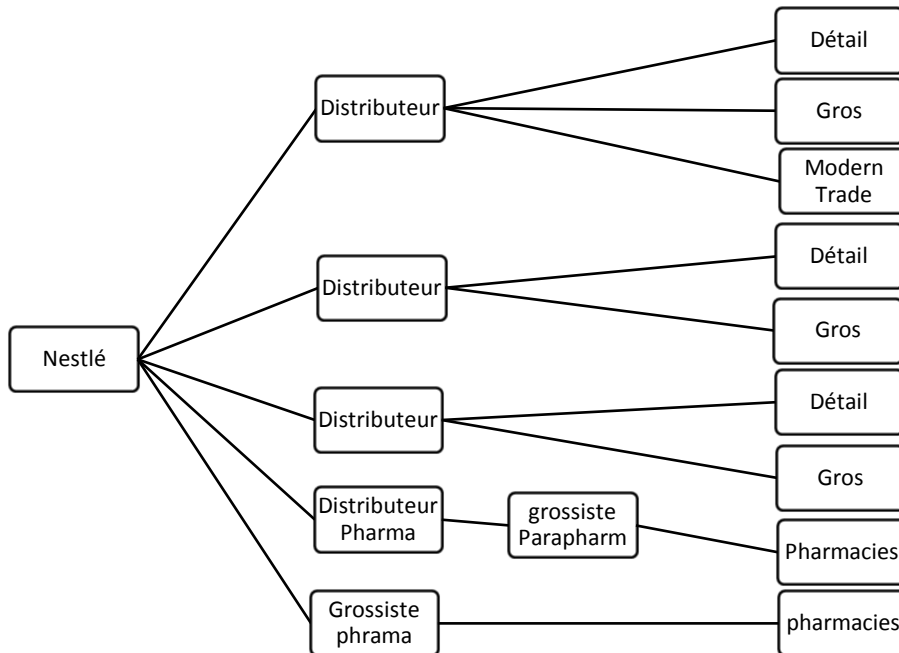


Figure 7 Réseau de distribution de Nestlé Algérie SPA

Après avoir décrit la structure globale du réseau de distribution avec ses différents canaux nous présentons dans ce qui suit les différents processus liés à la distribution.

2.3.2. Présentation des processus de Nestlé Algérie SPA

Nestlé Algérie SPA est une entreprise à vocation commerciale, en d'autres termes elle achète, stock et revend les produits. Dans cette partie nous nous intéressons aux processus que Nestlé Algérie SPA gère.

Le Schéma suivant résume le fonctionnement de l'entreprise :



Figure 8 Schéma des processus de Nestlé Algérie

Dans le cadre de notre projet de fin d'étude nous nous sommes intéressés aux processus clés de l'entreprise à savoir les processus logistiques et vente qui sont détaillés dans la partie qui suit. Le processus achat étant géré au niveau de Nestlé Maghreb, il ne sera pas pris en compte.

2.3.2.1. **Processus logistique**

D'après les interviews menées auprès des différents cadres de la Supply Chain et après l'analyse des différents fichiers en circulation dans le département, nous avons identifié six processus qui interviennent dans ce macro processus :

- Import
- Stockage
- Approvisionnement des distributeurs
- Gestion des retours
- Suivis des pratiques des prestataires logistiques

- Prévisions des ventes.

a- Import

La majorité des produits de Nestlé SPA sont importés de différents pays (Maroc, France, Espagne, Suisse...). Les procédures douanières sont assurées par une équipe de deux personnes, en charge de la vérification de la conformité, au regard la législation algérienne, des produits achetés et de la coordination avec les prestataires de transport.

b- Stockage

Les produits importés sont transportés pour être stockés chez un prestataire logistique ; le coût de stockage est facturé à la palette entreposée.

Le prestataire logistique utilise un WMS pour la gestion des stocks de Nestlé. Les informations des produits sont introduites manuellement par des employés du prestataire selon le processus suivant :

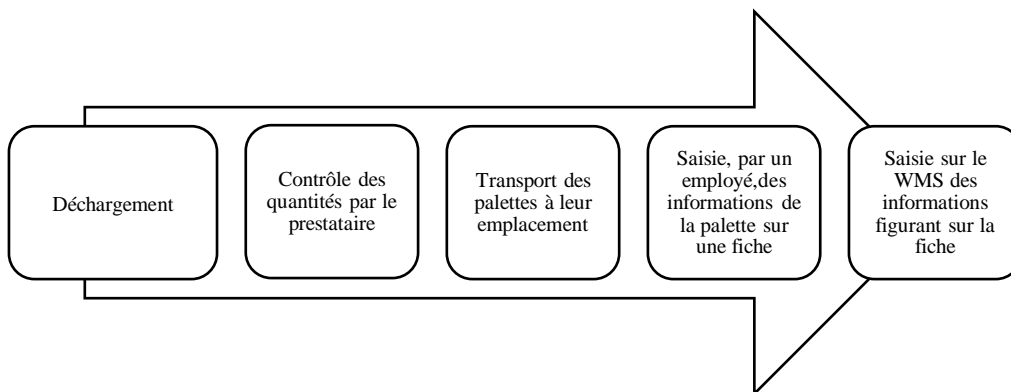


Figure 9 Etapes du processus opérationnel d'entré en stocks des produits

Les produits sont retirés du stock selon le principe FEFO (First Expired First Otut) conformément au processus suivant :

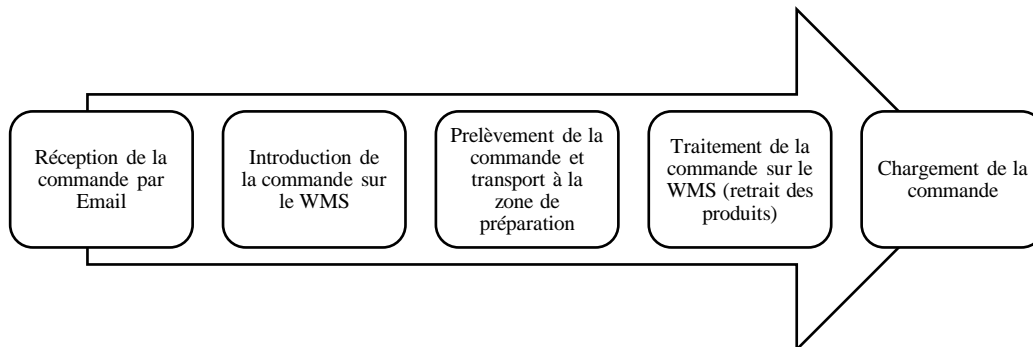


Figure 10 Etapes du processus opérationnel de préparation de commande

L'espace de stockage est divisé en plusieurs zones :

- Zone produits bloqués : pour entreposer les produits qui sont en cours de procédures administratives (tests chimiques...) en attendant de pouvoir être vendus.
- Zone de produits proche périmés : cette zone est dédiée aux produits qui ont une date de péremption inférieure à six mois.
- Zone de produits en contrôle : les produits entreposés dans cette zone ont été détériorés au cours de leur transport ou manutention ; le responsable du contrôle qualité doit approuver la vente de ces produits.

- Zone de mauvais produits : cette zone est délimitée par une porte fermée à clef. Les produits qui y sont stockés sont périmés ou détériorés ; ils sont entreposés dans cette zone en attendant d'être détruits.
- Zone produits vendables : cette zone contient tous les autres produits qui seront vendus.

c- Approvisionnement des distributeurs :

Nestlé fait appel à des distributeurs pour vendre ses produits ; ces distributeurs doivent acheter la marchandise pour ensuite la revendre.

L'équipe Supply Chain de Nestlé a commencé à implanter un processus d'approvisionnement afin de contrôler l'état des stocks des distributeurs et d'assurer une bonne répartition des produits sur le territoire couvert.

Le processus d'approvisionnement est le suivant

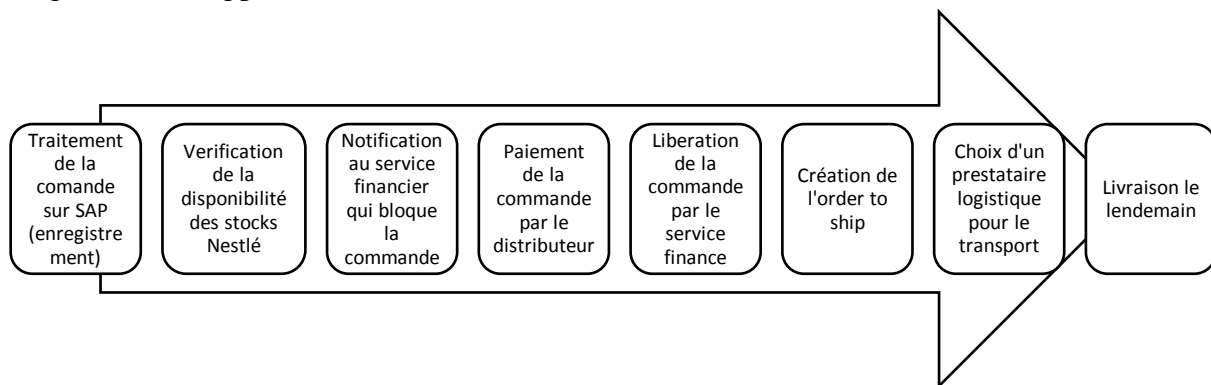


Figure 11 Schématisation du processus d'approvisionnement des centres de distribution

En plus du processus d'approvisionnement, les plus grands distributeurs sont gérés spécialement avec le processus « replenishment ». Pour ce processus, ce n'est pas le distributeur qui envoie sa commande mais c'est le responsable clientèle Nestlé qui transmet une proposition de commande au distributeur après vérification de son état de stock.

Le but est de s'assurer que le distributeur aura en sa possession entre quinze et vingt-et-un jours de ses objectifs de ventes mensuels. On décrit cette condition par l'inéquation suivante :

$$(\text{Objectif mensuel}/30) * 15 < \text{Acheté} + \text{Stock} < (\text{Objectif mensuel}/30) * 21$$

Après la validation de la proposition de commande, le processus d'approvisionnement est enclenché.

Le choix du prestataire de transport ne se fait pas suivant un processus précis. Le responsable de cette tâche effectue un appel téléphonique à un prestataire pour voir sa disponibilité et le choix se fait selon le prestataire disponible le plus rapidement. La prestation est facturée selon une grille qui précise les tarifs pour chaque destination.

d- Gestion des retours

En cas de réception de marchandise avariée ou erreur sur la marchandise réceptionnée par le distributeur, Nestlé prend en charge le retour de la marchandise au stock. Selon le responsable Supply Chain le cas de retour de marchandise est très rare.

e- Suivi des pratiques des prestataires logistiques :

Le but de ce processus est de s'assurer que les prestataires logistiques (entrepôt, transport, distributeurs) se conforment aux pratiques exigées dans le secteur agroalimentaire mais aussi,

de proposer des pratiques opérationnelles afin de minimiser le risque d'avarie des produits lors de la manutention ou du transport.

f- Processus de prévision des ventes :

Les prévisions de ventes sont élaborées par le Demand Planner qui les reçoit du bureau de prévisions basé au Maroc ; elles sont ensuite adaptées au plan marketing.

Ces prévisions permettront de déterminer les objectifs que les distributeurs doivent atteindre.

Pour suivre la justesse des prévisions, deux principaux indicateurs sont utilisés : le Demand Planning Accuracy et le Biais des prévisions par rapport à la réalisation de la prévision.

Demande Planning Accuracy = Réalisation/ Prévision.

Biais = (Prévision – réalisation/ Prévision).

A noter que les prévisions se font par produit et par mois.

2.3.2.2. Processus Vente

a- Détermination des objectifs

La détermination des objectifs de vente se fait au niveau du département Sales par le Sales Analyst qui, sur la base de l'historique des ventes et des objectifs de l'entreprise, fixe des objectifs de vente mensuels pour chaque distributeur et pour chaque canal. Les objectifs sont communiqués aux distributeurs et aux Heads Of Chanel (Retail Gros et Pharma) aux FSM et aux FSS qui les répartissent sur les vendeurs selon le potentiel de leurs routes ou de leurs secteurs.

b- Suivi des ventes

Le suivi des ventes se fait quotidiennement par l'équipe commerciale pour avoir une visibilité en temps réel sur les ventes et sur l'atteinte des objectifs. Ceci permet de prendre des mesures pour booster les ventes en cas d'écart entre ce qui a été réalisé et l'objectif. Le suivi est basé sur les déclarations des vendeurs et des FSS qui envoient des rapports journaliers des ventes réalisées hormis pour les trois distributeurs SAPA (Alger, Constantine et Sétif) qui ont implémenté un ERP récemment.

c- Trade Marketing

Le processus de Trade marketing a pour but de pousser les ventes des produits en motivant la force de vente avec des réductions sur le prix d'achat ou alors des cadeaux. Cela peut être une action pour gagner des parts de marché à travers la disponibilité des produits qu'il procure au niveau des points de ventes, comme cela peut être une réaction pour rattraper un ralentissement dans la progression de l'atteinte des objectifs, ou après le constat du sur stock d'un produit.

d- Suivi des stocks

Comme le suivi des ventes, il se fait quotidiennement pour avoir l'état des stocks chez les distributeurs ; ceci permet au service de replenishment de faire des propositions de commande pour que le distributeur ne se retrouve pas en rupture d'un ou de plusieurs produits. Ce suivi est basé sur un rapport établi par le gestionnaire du distributeur après avoir fait un inventaire. Un inventaire trimestriel est effectué par l'équipe Nestlé pour s'assurer de l'état des stocks.

e- Suivi des charges

Nestlé a une stratégie Cost++ qui consiste à payer les charges des distributeurs pour avoir un meilleur rendement en termes de vente. Le processus de suivi des charges est un processus mensuel qui permet de calculer les charges des distributeurs, les ristournes des distributeurs qui

ont atteints leurs objectifs (en termes de Quality of Sales, Sales In et Sales Out) et les primes des vendeurs qui ont atteints leurs objectifs de vente.

Note :

Quality of sales : bonne répartition des objectifs sur le mois, pour lisser les ventes sur le mois

Sales In : ce que le distributeur achète auprès de Nestlé.

Sales Out : ce que le distributeur vend.

2.3.3. Traitement des données

Avant d'analyser les coûts de distribution, nous avons été confrontés à un problème courant qui est celui des données mal structurées. Les fichiers n'étant pas standardisés, une étape de traitement des données a été menée afin qu'elles soient exploitables et permettent d'effectuer des analyses sur les différentes charges. Ce traitement consiste à transformer des données non structurées en une plage structurée et d'en extraire des informations ou des connaissances.

Les fichiers envoyés par les FSS ou par le distributeur concernant les charges des distributeurs et les stocks ne respectaient pas un standard. Comme tous les fichiers circulant au sein de Nestlé sont des fichiers Excel, le langage de programmation Visual Basic (VBA) tout à fait adapté à ce cas de figure a été utilisé. Les différents fichiers Excel ainsi que le code VBA pour la structuration des données sont attachés dans l'annexe A.

2.3.4. Analyse des charges

Après avoir présenté la structure du réseau de distribution et expliqué son fonctionnement à travers les processus liés à la distribution, il s'agira dans ce qui suit, d'approfondir le diagnostic en analysant les coûts de distribution.

D'après la structure du réseau il apparaît clairement qu'il s'agit d'un réseau de distribution à deux échelons. Cette structure permet donc de séparer les coûts en deux catégories :

- Les coûts de la partie amont de la distribution et qui représentent les coûts de stockage des produits dans l'entrepôt central de Nestlé ainsi que les coûts de transport des produits de cet entrepôt vers les centres des distributeurs.
- Les coûts de la partie aval de la distribution qui représentent les charges des centres de distribution payées par Nestlé et qui incluent les coûts de fonctionnement de ces centres et le coût de transport des produits du centre vers les points de vente (les détaillants).

Dans l'analyse qui suit, nous nous intéresserons à cette dernière catégorie de coûts, ce choix ayant été fait sur recommandation du top management.

Nous avons mené une analyse sur les charges des distributeurs (centres de distribution) afin de discerner leur nature et leur variabilité. A cet effet, et pour ne pas fausser l'analyse, nous avons examiné l'historique des charges des 5 derniers mois, vu qu'avant cette période, de grandes modifications ont été introduites concernant la configuration du réseau, telles que l'ajout de nouveaux distributeurs et le changement de quelques-uns.

Le graphe de la figure 12 illustre la variation des différentes catégories de charges des distributeurs au cours des 5 mois : charges logistiques comportant les charges de stockage et de manutention, charges administratives et charges de vente comportant les charges liées à la vente et la livraison aux points de vente.

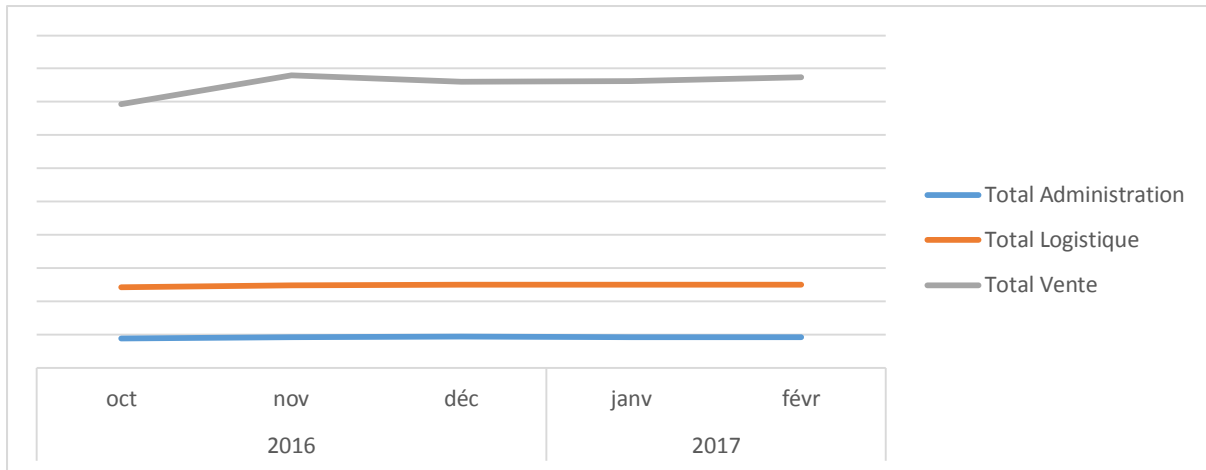


Figure 12 Variation des différentes charges des distributeurs

On constate que les charges administratives et logistiques sont très stables sur toute cette période. Les charges de vente qui ont augmenté en novembre suite à l'ouverture d'un nouveau distributeur au niveau de la wilaya de Tizi Ouzou, puis elles stagnent, représentent plus de 70% du total des charges des distributeurs.

Cette stabilité est expliquée par le fait que Nestlé, après avoir négocié avec les distributeurs, signe des contrats qui fixent les charges et les montants qui seront payés par Nestlé.

2.3.5. Indicateur clé

Parmi les indicateurs de performance les plus importants selon les standards de Nestlé, il y a le ratio : coûts / chiffre d'affaire ou bien charges/chiffre d'affaire. Nestlé Maghreb fixe un seuil maximal de ce ratio pour chaque pays de la région, le seuil pour Nestlé Algérie ne peut être précisé dans ce travail pour des raisons de confidentialité. Cependant nous allons admettre que ce seuil est fixé à 12%, cette valeur est une fonction du vrai seuil : $f\left(\text{seuil} \frac{\text{coûts}}{\text{CA}}\right) = 12\%$

Ce ratio a été analysé afin de vérifier qu'il était inférieur au seuil maximal autorisé par Nestlé pour l'ensemble des distributeurs. Les charges prises en compte sont celles des derniers mois, vu qu'elles étaient stables sur toute la période de l'analyse et qu'elles sont régies par des contrats bien déterminés. Les primes ont été calculées pour chaque mois, puis intégrées dans les charges. Concernant le chiffre d'affaire, nous avons tenu compte de celui réalisé pour les mois passés ; pour les autres mois de l'année, nous avons considéré l'objectif de vente de chaque centre de distribution comme étant le chiffre d'affaire qui sera réalisé.

Les distributeurs ont ensuite été classés selon leurs ratios comme indiqué dans le tableau 2 :

Tableau 2 Ratios coûts/Chiffre d'affaire des distributeurs

REGION	CENTRE	CENTRE EST			CENTRE OUEST		
Centre de distribution	Alger	Bejaia	Bordj Bou Arreridj	Sétif	Chlef	Tizi Ouzou	Blida
Ratio coûts/ CA	12,00%	18,96%	12,41%	7,52%	29,48%	17,20%	22,55%

REGION	EST				OUEST			
Centre de distribution	Jijel	Batna	Annaba	Constantine	Mascara	Oran	Tlemcen	Sidi Bel Abbes
Ratio coûts/ CA	13,01%	11,34%	17,35%	7,50%	21,47%	13,73%	16,32%	12,74%

Onze (11) distributeurs ont des taux qui sont loin de l'objectif (en orange), et quatre (4) distributeurs ont un ratio acceptable (en vert). Les distributeurs des régions Ouest et Centre Ouest ont notamment démarqué par leurs ratios élevés.

L'objectif de Nestlé est donc de réduire les charges des distributeurs qui sont relativement élevées par rapport à leurs chiffres d'affaire.

2.4. Résultat du diagnostic

Le diagnostic a permis d'identifier quelques dysfonctionnements tels que la non-standardisation des données ou l'instabilité du marché de gros. Mais le dysfonctionnement qui a le plus d'impact sur la performance de l'entreprise reste celui des charges élevées des distributeurs exprimé par les ratios élevés coûts/chiffre d'affaire.

Ce point est crucial pour Nestlé monde qui a des exigences à ce propos. Pour s'aligner avec la stratégie de Nestlé monde, Nestlé Algérie doit respecter les pratiques exigées et atteindre les objectifs fixés par la société mère. C'est pourquoi, Nestlé Algérie se trouve dans l'obligation de réduire les charges de ses distributeurs.

Pour remédier à ce problème nous avons identifié trois pistes possibles :

- Reconfigurer le réseau de distribution pour optimiser le nombre de distributeurs et proposer une nouvelle configuration optimale. Cette piste permet de faire des économies d'échelles en localisant les centres de distribution de façon à satisfaire le plus grand nombre de clients avec le moins de ressources possibles. Elle est justifiée par le fait que l'implantation actuelle des distributeurs est faite de manière intuitive, ce qui remet en cause l'efficacité du réseau. Il est à noter que cette piste permet de faire des « savings » sur les deux échelons du réseau amont (coût de transport du dépôt principal de Nestlé aux centres de distribution) et aval (charges internes des distributeurs).
- Supprimer les charges non justifiées par les distributeurs. En effet, après la signature des contrats entre Nestlé et les distributeurs, aucune inspection n'est effectuée sur le terrain pour vérifier l'utilisation des charges payées ou pour valider la productivité des ressources fournies. La question qui se pose alors est de savoir si chaque charge payée représente une ressource réelle employée sur le terrain.
- Optimiser les tournées des vans. Cette troisième piste est aussi importante du fait qu'elle a un double impact sur le réseau de distribution. En effet, la réduction du nombre de vans aura une répercussion très importante sur le ratio Coûts/CA vu l'importance des charges payées pour ces vans (71% du totale des charges). S'il y a une augmentation du nombre de points de vente visités par les vans lors de cette optimisation et donc très probablement une augmentation du chiffre d'affaire réalisé en gardant les mêmes charges, alors cela impactera positivement le ratio charges/chiffre d'affaire en le réduisant.

2.5. Choix de la piste à suivre

Les 3 pistes présentées ci-dessus requièrent énormément de temps pour leur exploration. Vu, le temps limité pour le projet, nous nous sommes vus dans l'obligation de choisir méticuleusement la piste la plus prioritaire à suivre.

A première vue, la piste la plus simple à exploiter est celle de la suppression des charges non justifiées. Aussi, une petite analyse sur l'efficacité de cette solution a été réalisée ; elle est résumée dans le tableau 3.

Tableau 3 Pourcentages des charges à réduire par rapport aux charges payées

Distributeur	Bejaia	Bordj Bou Argeridj	Mascara	Chlef	Jijel	Annaba
Pourcentage du montant à réduire des charges	34,59%	0,96%	43,02%	55,20%	8,34%	31,70%

Distributeur	Tizi ousou	Oran	Blida	Tlemcen	Sidi Bel Abbes
Pourcentage du montant à réduire des charges	13,72%	14,65%	45,35%	7,73%	6,90%

Dans la deuxième ligne du tableau le pourcentage des montants à réduire des charges par rapport aux charges payées ont été calculés pour les distributeurs qui ont un ratio supérieur à 12%. Il convient de souligner que quelques montants sont trop élevés pour être réduits par la suppression des charges car l'ouverture d'un dépôt nécessite l'engagement d'un minimum de ressources, qui ne peuvent pas être supprimés, pour assurer son fonctionnement. Donc cette piste ne peut être une solution totale pour le problème des ratios élevés.

Entre les deux pistes restantes, celle de la reconfiguration du réseau de distribution est prioritaire. En effet, la dépendance entre ces alternatives impose de fixer la configuration du réseau avant de procéder à l'optimisation des tournées, car il faut tout d'abord localiser les centres de distribution (les entrepôts des distributeurs) et allouer les points de vente au centre le plus approprié. Une fois les centres de distribution localisés et les points de vente alloués, il sera possible d'obtenir les points de départ et d'arrivée des tournées ainsi que les points concernés par chaque tournée pour, à la fin, pouvoir optimiser ces tournées. De plus la reconfiguration du réseau permet de réduire les charges des distributeurs ainsi que les coûts de transport entre le dépôt central de Nestlé et les centres de distribution (distributeurs).

De ce fait, le classement de ces trois pistes par ordre de priorité est le suivant :

- 1- La reconfiguration du réseau de distribution.
- 2- La suppression des charges non-justifiées.
- 3- L'optimisation des tournées.

Nous avons considéré la suppression des charges non-justifiées comme étant la deuxième priorité, car elle ne dépend pas des deux autres solutions ; son chevauchement avec la reconfiguration du réseau est donc possible.

3. Enoncé de la problématique

Nestlé Algérie n'a vu le jour que depuis 2010, et il lui a fallu 4 ans pour bien se stabiliser et commencer son expansion sur le marché. Etant le leader mondial du marché agroalimentaire, l'entreprise veut maintenir cette position sur tous ses marchés y compris le marché Algérien. A cet effet, elle cherche à assurer une excellente qualité de service à travers la création de son propre réseau de distribution ; ceci lui permet de se rapprocher du client final et de lui assurer une meilleure disponibilité des produits dans le but de le satisfaire au mieux et de gagner davantage de parts de marché.

Cependant, en vue d'être en conformité avec les exigences de la société mère, et pour faire face à une concurrence accrue, Nestlé Algérie se voit dans l'obligation de réduire ses coûts de distribution, et plus précisément les charges de ses centres de distribution (distributeurs) qui,

selon les analyses précédentes, se sont montrées bien supérieures à la limite fixée par l'entreprise. Face à ce problème, nous avons retenu l'option de la reconfiguration du réseau de distribution pour les raisons que nous avons évoquées, dans le but de répondre aux questionnements que Nestlé s'est posée :

- Compte tenu de la situation actuelle, quelle est l'allocation optimale des clients aux centres de distribution (distributeurs) qui pourrait satisfaire toutes les exigences de Nestlé ?
- Quel serait l'impact de la centralisation sur le ratio coûts/chiffre d'affaire ?
- Quelle serait la stratégie à adopter concernant le nombre, la capacité et la localisation des centres de distribution pour atteindre les objectifs fixés ?

Conclusion

Après avoir présenté le leader mondial dans le secteur agroalimentaire et les entités qui le représentent au Maghreb et en particulier en Algérie, nous avons mis en évidence la complexité du marché agroalimentaire et ses spécificités.

Une fois le cadre du projet défini, nous avons exposé les différentes étapes du diagnostic du réseau de distribution et mis en évidence des pistes de solution qui ont été évaluées. Ceci a permis de cerner la problématique qui sera traitée dans le cadre de ce projet.

Afin de résoudre le problème posé, une revue de littérature sur les travaux traitant les problématiques de localisation d'installations et d'allocation de clients est nécessaire. Elle fera l'objet du prochain chapitre.

Chapitre II : Etat de l'art

Introduction

La distribution est une activité clé que toute entreprise voudrait développer afin d'en tirer un avantage concurrentiel. Bien qu'étant une activité opérationnelle, elle doit être gérée avec une vision stratégique afin d'en faire un levier de croissance pour l'entreprise.

Etant une problématique complexe de par les décisions qu'elle engendre : type d'installations, nombre et emplacement..., et de par les paramètres influençant ces décisions : stratégie globale de l'entreprise, environnement socio-économique, type de produits distribués..., beaucoup de chercheurs s'y sont intéressés et ont traité plusieurs de ses aspects à savoir : la gestion des flux informationnels, la gestion des stocks, la gestion des tournées et la localisation des installations. Comme indiqué dans le chapitre précédent, la problématique retenue traitera de l'aspect de localisation d'installations. Aussi, ce chapitre sera consacré à la présentation des différents concepts liés à la localisation d'installations.

Après avoir défini les concepts généraux concernant les réseaux de distribution, nous passerons en revue les principaux modèles mathématiques rencontrés dans la littérature et permettant de résoudre les problèmes de localisation et d'affectation.

1. Définition d'un réseau de distribution

Un réseau de distribution est un ensemble d'entités opérant afin d'acheminer des produits d'un point de production au point de consommation ; en d'autres termes un réseau de distribution est constitué d'intermédiaires traversé par un flux de produits dans le but d'assurer le transfert des produits vers les consommateurs.

1.1. Performance d'un réseau de distribution

La performance d'un réseau de distribution est mesurée par des indicateurs qui définissent l'efficacité et l'efficience du réseau existant ou du système que l'entreprise veut implanter.

Les mesures de performances prennent en compte les deux axes suivants :

- Les mesures basées sur les coûts et le chiffre d'affaire : ce sont les mesures qui s'intéressent aux ventes, aux coûts de stockages, au retour sur investissement, ...
- Les mesures basées sur la satisfaction des clients : elles sont relatives au taux de couverture, au temps de réponse d'une commande, à la fraîcheur des produits, ...(Beamon, 1998)

La stratégie de l'entreprise est alors un élément important pour juger de la performance ou non de son réseau de distribution. Par exemple, une entreprise qui veut être présente sur tout le marché sera sous performante du point de vue des coûts (elle engagera plus de moyens pour être présente) mais aura un taux de couverture important.

1.2. Configuration des réseaux de distribution

Il existe différents types de réseau de distribution, les principales configurations rencontrées en pratiques sont les suivantes

- La livraison directe : configuration qui achemine les produits de l'usine directement aux clients sans rupture de charge (sans intermédiaire).
- Un entrepôt central pour un pays : Celui-ci reçoit les productions des usines, gère un stock, prépare les commandes et livre les clients.
- Un réseau de dépôts locaux : Ces dépôts jouent le même rôle que l'entrepôt central mais seulement pour la région qu'ils desservent.
- Un entrepôt central et un réseau de dépôt locaux : Les usines approvisionnent l'entrepôt central qui approvisionne à son tour les dépôts locaux qui conservent des stocks et livrent les clients.
- Un entrepôt central et un réseau de plateformes de distribution ou d'éclatement : les usines approvisionnent l'entrepôt central puis les marchandises sont transportées vers des plateformes régionales qui ont pour rôle de préparer les commandes des clients et de les livrer. Ces plateformes ne disposent donc pas de stocks.

La figure 13 illustre les différents types de configuration de réseaux logistiques (Chopra, 2003).

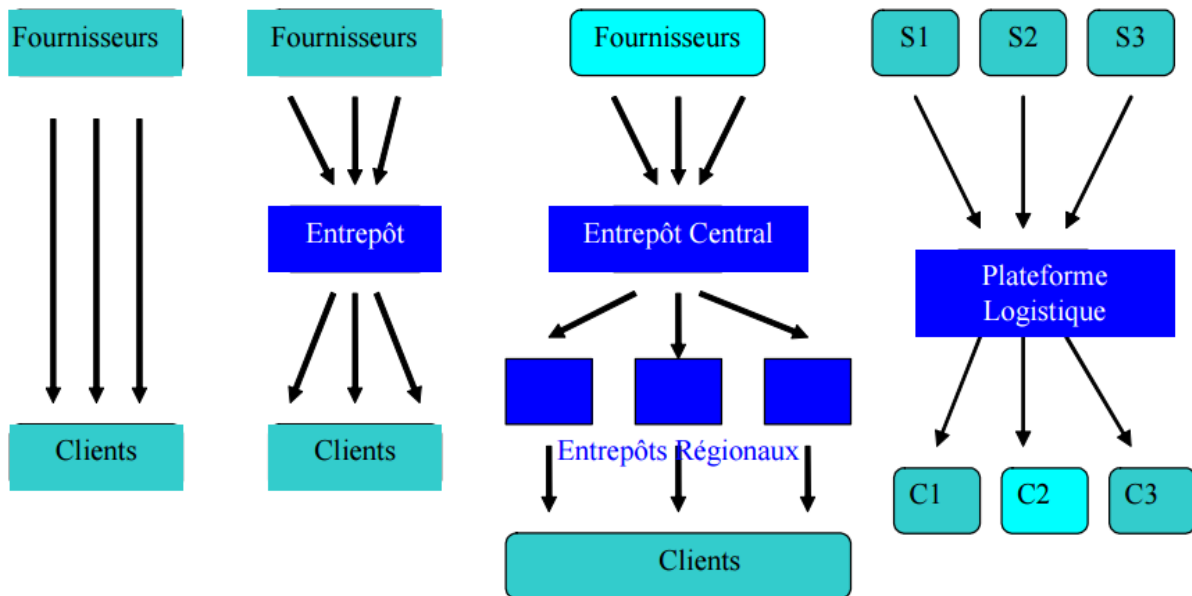


Figure 13 Configurations des réseaux de distribution

1.2.1. Différence entre centre de distribution et entrepôt de stockage

Un entrepôt de stockage est une installation logistique où l'on entrepose des marchandises ou des matières premières. Les flux entrants et sortants d'une telle installation sont massifiés et les produits y sont stockés pour une durée de temps relativement longue. Ce type d'installations se retrouve généralement au niveau des échelons amont d'un réseau de distribution, donc loin du consommateur final.

Un centre de distribution est un entrepôt qui a pour principal activité la préparation de commande pour les clients ; il constitue donc un échelon dans le réseau de distribution qui reçoit des flux de produits massifiés et qui fournit des flux fragmentés en direction des clients. Les produits n'y sont stockés que pour une période courte (une ou deux semaines, voire quelques jours). Ce type d'installations se trouve en aval du réseau de distribution donc proche du consommateur final (Dablanc, 2015).

2. Conception d'un réseau de distribution

La conception d'un réseau de distribution est une problématique complexe, son étude nécessite de faire des approximations notamment sur les coûts, aussi certains aspects doivent être négligés par exemple : l'incertitude de la demande (Martel, 1998).

La complexité de cette problématique dépend de plusieurs facteurs énumérés ci-dessous :

- 1- Ensemble des sites considérer :
 - Ensemble infini de sites (espace continu)
 - Nœuds ou arcs d'un réseau de transport
 - Ensemble de sites possibles prédéterminés (espace discret)
- 2- Type de décision à prendre :
 - Localisation d'installation (flux entre les installations prédéterminées)
 - Allocation d'installations ou affectation des clients/ fournisseurs aux entrepôts/ usines (sites des installations prédéterminées),
 - Localisation et allocation.
- 3- Nombre d'installation à localiser.

- 4- Types, nombre homogénéité des produits considérés.
- 5- Nombre d'échelons dans le réseau de distribution.
- 6- Nature de l'objectif :
 - Minimisation des coûts
 - Minimisation du nombre d'installations.
 - Maximisation des profits.
 - Minimisation de la distance à parcourir pour atteindre les clients.
- 7- Types de contraintes à considérer :
 - Capacité des entrepôts.
 - Nombre maximal d'installations
 - Temps de livraison
 - Livraison des clients par une installation unique.

2.1 Décision lors de la conception d'un réseau de distribution

Lors de la conception d'un réseau de distribution les décideurs sont amenés à prendre des décisions. Ces décisions sont hiérarchisées sur trois niveaux, chaque niveau de décision concerne un certain nombre de facteurs (Martel, 1998). On énumère ci-dessous les différents niveaux de décision ainsi que les facteurs pris en compte à chaque niveau :

- 1- Décision sur la région :
 - Coût et disponibilité de la main d'œuvre
 - Degré de syndicalisation
 - Stabilité politique
 - Sources d'énergie
 - Infrastructures
 - Climat
 - productivité
- 2- Décision sur la municipalité :
 - Taxes et services municipaux
 - Attitude de la municipalité
 - Disponibilité de la main d'œuvre
 - Sites disponibles
 - Coût de construction
 - Systèmes de transport
 - Services bancaires
- 3- Décision sur le site :
 - Clients
 - Coût du site
 - Taille du site
 - Accès aux systèmes de transport
 - Aménagement
 - Zonage
 - Proximité de zones industrielles

La figure suivante récapitule le type de décision à prendre lors de la conception d'un réseau de distribution.

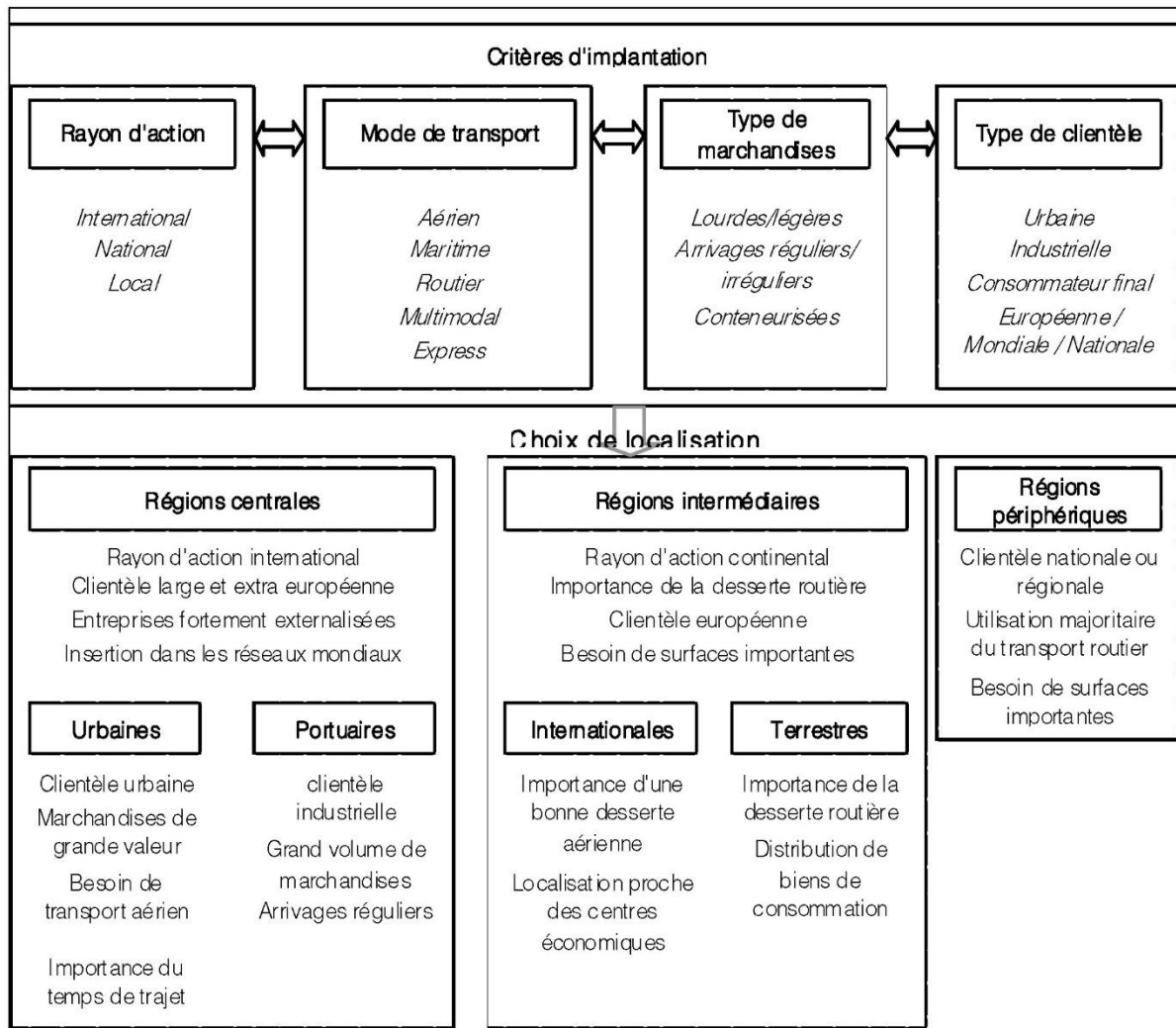


Figure 14 Choix d'implantation des installations logistiques (Pernot, 2013)

3. Les coûts d'un réseau de distribution

Un coût est l'accumulation de charges qui permettent le fonctionnement ou la réalisation d'une tâche.

Les coûts d'un réseau de distribution sont l'ensemble des charges engagées dans le fonctionnement de celui-ci depuis le premier fournisseur jusqu'au consommateur final. (logistiqueconseil, s.d.)

Ces coûts sont de différents types comme résumé dans le tableau 4 :

Tableau 4 Types de charges

	Charges variables	Charges fixes
Charges directes	Matières premières, divers consommables des produits, composants, Main d'œuvre directe, Sous-traitance, ...	Loyer ou amortissements d'équipements spécifiques, assurances spécifiques, Coûts commerciaux et logistiques, autres charges spécifiques.
Charges indirectes	Energie consommée par les ateliers, divers consommables des ateliers, Petites fournitures diverses, ...	Investissements (impôts fonciers, assurances, intérêts, autres coûts) Frais généraux (recherche et développement, relations publiques, comptabilité et audit, assistance juridique et brevets)

3.1. Composantes typiques des coûts d'un réseau de distribution

- Coûts de transport :

C'est le coût typiquement considéré comme « coût logistique ». Il a été mentionné dès le début du siècle (1930) par Ostlund comme étant un coût de fonctionnement ; de nos jours les coûts de transport prennent en compte le transport aval et amont et même les dégradations sur la marchandise durant l'opération de transport.

- Coûts de stockage :

Autre coût généralement traité dans la littérature c'est le coût du stock. Il comprend les coûts de manutention (déchargement, déplacement, préparation de commande, chargement et inventaires), les coûts de possession et les coûts d'obsolescence.

- Coûts administratifs :

Ils sont difficiles à calculer, mais sont une partie non négligeable du coût d'un réseau de distribution. Dans la littérature ils sont divisés en deux parties : les coûts opérationnels (réception ou émission de commande, ...) et les coûts de gestion (recherche de fournisseurs, marketing...) (Halinen, 2015).

4. Localisation d'installations

Les problèmes de localisation d'installations répondent aux questions de nombre, position géographique, taille et équipement utilisés des installations futures de l'entreprise. Ils s'intéressent (Eruguz, 2009) aussi à la relocalisation, au redimensionnement ou à la fermeture d'installations existantes. Ces installations seront un point de transit pour les produits ou/et information afin de subir une modification ou d'être seulement stockés.

Les décisions de localisation sont d'ordre stratégique ou tactique, si les installations sont construites ou achetées ; la décision est alors sur le long terme et sera donc difficilement réversible. En revanche, si l'entreprise opte pour la location, la décision portera sur le moyen terme et la réversibilité est possible.

Les facteurs les plus influents lors des choix de localisation sont des facteurs économiques tels que la réduction des coûts ou l'augmentation des parts de marché pour maximiser le profit ; ces choix influent donc directement sur la demande des consommateurs. En effet, si par exemple l'entreprise décide d'implanter un nouveau centre de distribution, elle pourra couvrir un plus grand nombre de clients ce qui aura pour effet d'augmenter la demande.

Il faudra donc décider du type d'installations à localiser (centre de distribution, entrepôt de stockage, usine...) et du nombre d'installations à implanter en fonction des fonds disponibles et de la stratégie globale de l'entreprise (Eruguz, 2009).

Lors du processus de localisation, il est essentiel de penser à configurer le réseau Informationnel et de définir les interactions entre chaque infrastructure, afin d'optimiser au mieux le réseau de distribution.

Dans l'idéal, les décisions de localisation doivent être prises lors de la conception du réseau de distribution avant même le début de l'exploitation du réseau. Cependant, des changements peuvent survenir pendant l'exploitation du réseau de distribution tels : le lancement d'un nouveau produit, la variation de la demande, l'acquisition de nouvelles parts de marché, ...

Dans ce cas, une reconfiguration du réseau de distribution est essentielle pour dégager un maximum de valeur ajoutée de la Supply Chain (Ghiani, 2012).

Un grand nombre de méthodes de localisation existe dans la littérature. Ces méthodes ont des approches différentes, elles prennent en considération différents paramètres selon l'objectif que veut atteindre l'entreprise. Dans ce qui suit nous présentons les méthodes couramment utilisées.

4.1. Les méthodes qualitatives

Elles sont utilisées lorsque les critères de décision sont difficiles à quantifier, par exemple proximité aux axes routiers, disponibilité de main d'œuvre, facilité d'accès des camions, Elles sont applicables lorsque le nombre d'installations à implanter est discret et particulièrement quand celui-ci est réduit.

Elles sont généralement basées sur le principe de la pondération et du scoring. Des poids sont assignés à chaque critère de décision, le poids reflétant l'importance de chaque critère par rapport aux autres et la somme des poids doit être égal à 1. Des notes (généralement de 1 à 10) sont ensuite affectées aux différents critères pour chaque emplacement potentiel ; ces notes sont multipliées par les poids et la somme des notes pondérées constitue la note finale de l'installation potentielle. Il est préférable que les étapes d'assignation des poids et des scores soient menées par un panel d'expert pour obtenir un résultat plus fiable. Le décideur sélectionne alors l'installation ayant le score le plus élevé pour être la future installation faisant partie du réseau de distribution (Ghiani, 2012).

4.2. Les méthodes quantitatives

4.2.1. La méthode du barycentre

Cette méthode permet de déterminer la localisation d'une installation (usine, entrepôt...) tout en réduisant les coûts de transport vers les installations situées en aval.

Détermination du barycentre :

Afin de déterminer le barycentre d'un ensemble de destination, il faut tout d'abord affecter un poids à chaque destination. Puis les coordonnées de chaque site (destination) sont pondérées par leurs poids et sont sommées puis divisées par la somme des pondérations. Ceci est modélisé par les équations (1) et (2).

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i \in I} X_i P_i}{\sum_{i \in I} P_i} \quad (1)$$

$$\bar{Y} = \frac{\sum_{i \in I} Y_i P_i}{\sum_{i \in I} P_i} \quad (2)$$

Où :

I : Ensembles des destinations.

X_i : Abscisse de la destination i.

Y_i : Ordonnée de la destination i.

P_i : Poids de la destination i.

(La destination peut être un client, un entrepôt...)

Le principe de la méthode étant de minimiser le coût global de transport, il est donc nécessaire de pondérer les différents sites par des poids exprimant les facteurs en unité monétaire ; ces facteurs peuvent être :

- Des volumes, des masses ou des quantités à livrer (tonnes, palettes, ...)

- Des distances à parcourir.
- Autres facteurs pouvant être divers (péages autoroutier, frais portuaires, ...).

Hypothèses du modèle :

Le modèle du barycentre, bien qu'il donne des résultats rapides, n'est qu'une réalité simplifiée. Les hypothèses du modèle du barycentre sont :

- Les coûts de distribution sont une fonction linéaire de la distance et de la quantité.
- Les quantités à expédier à chaque destination sont supposées fixes ou du moins leurs proportions restent fixes.

Le modèle du barycentre bien que simple de résolution et ne nécessitant pas beaucoup de données, il est souvent nécessaire d'adapter les solutions trouvées par ce modèle à la réalité selon les contraintes opérationnelles d'infrastructure de transport (routes, ports, ...) de main d'œuvre, de coût de revient de l'implantation, de disponibilité foncière, ... (Hohmann, 2014)

4.2.2. Les modèles mathématiques

Ce sont des modèles de recherche opérationnelle ayant pour but d'optimiser une fonction dite objectif tout en respectant un certain nombre de contraintes.

Les modèles mathématiques des problèmes de localisation d'installations sont multiples. Selon l'objectif que l'on veut atteindre, le paramètre que l'on veut optimiser et les hypothèses que l'on pose, il existe trois types de modèles dans la littérature :

- Les modèles de localisation pure.
- Les modèles d'allocation pure.
- Les modèles de localisation et d'allocation.

4.2.2.1. Les modèles de localisation pure

Ces modèles supposent que l'on veut localiser J installations dans S sites potentiels tel que le cardinal de S est supérieur à celui de J ($|S| > |J|$). L'objectif de ces modèles est de minimiser le coût total d'implantation (location, transport, ...) d'une installation (Hillier F .S, 2001). La formulation mathématique générale de ces problèmes est la suivante :

Données :

J : Nombre d'installations à implanter.

S : Nombre de sites potentiels.

C_{js} : coût d'affectation de l'installation j au site s .

Variables de décision :

$$Y_{js} = \begin{cases} 1 & \text{si l'installation } j \text{ est affectée au site } s \\ 0 & \text{sinon.} \end{cases}$$

Fonction objectif :

$$\text{Min} \sum_{j \in J} \sum_{s \in S} C_{js} Y_{js}$$

Contraintes :

$\sum_{s \in S} Y_{js} = 1 \quad \forall j \in J$. Cette contrainte assure que toute installation sera affectée.

$\sum_{j \in J} Y_{js} \leq 1 \quad \forall s \in S$. Cette contrainte assure l'implantation d'une installation par site.

$Y_{js} \in \{0,1\} \quad \forall j \in J \text{ et } \forall s \in S$.

4.2.2.2. Les modèles d'allocation pure

Dans ces modèles, la structure reste inchangée ; le but est alors de redéfinir les missions de chaque installation existante selon le contexte, on veut généralement minimiser les coûts d'affectation des missions aux différentes installations. Il est donc question de définir les flux circulant entre les installations (fournisseurs, clients).

Les formulations des problèmes d'allocation sont multiples selon les cas, les hypothèses et surtout selon la configuration du réseau. Nous avons donc décidé de ne pas les citer vu le grand nombre des formulations.

4.2.2.3. Les modèles de localisation et d'allocation

Ces modèles permettent de prendre simultanément les décisions de localisation et d'allocation. Le problème à traiter est celui d'acheminer des produits d'un certain nombre de sources (fournisseurs, usines, ...) à des clients à travers un réseau d'installations (entrepôts...), Il s'agira donc décider du lieu pour ces installations et des missions de ces installations.

Ces modèles regroupent en général cinq composants :

- La fonction Objectif : elle quantifie ce que l'on veut optimiser (coûts, distances, taux de couverture). L'optimisation porte sur les installations à localiser ; généralement on cherche à les localiser de façon à profiter d'économies d'échelles et à dégager un maximum de valeur ajoutée pour la Supply Chain. Le nombre d'installations à localiser est donc ou un paramètre du modèle ou une résultante de celui-ci. De même, les capacités des installations peuvent être un paramètre ou une sortie des modèles, tout dépend alors de ce que souhaite le décideur.
- Les points de demande : ils représentent la destination finale des produits (clients finaux, usine, entrepôts...) ; leurs emplacements ainsi que les informations les concernant (demande, nombre...) sont des données d'entrée des modèles.
- Les emplacements potentiels : ce sont les sites parmi lesquels on veut implanter l'installation. Le choix de ces sites peut lui-même faire l'objet d'une étude à part entière.
- La matrice d'éloignement ou de temps : c'est la matrice qui regroupe les distances ou temps séparant les emplacements potentiels et les points de demande.
- La règle d'allocation : c'est la règle par laquelle on veut allouer un point de demande à une installation. Cette règle est bien sûr la résultante directe de la stratégie de l'entreprise qui configure son réseau de distribution ; elle peut alors porter sur la maximisation du profit, la minimisation des coûts, la maximisation de la couverture, l'augmentation du taux de service, la proximité des clients, ... (Baray, 2002)

Il existe dans la littérature, un grand nombre de modèles mathématiques qui traitent des problèmes de localisation et d'allocation. Chaque modèle considère une situation particulière avec ses hypothèses et ses objectifs. Nous avons recensé les modèles traitant des paramètres suivants :

1. La nature des informations. On distingue alors :
 - a. Les problèmes déterministes
 - b. Les problèmes stochastiques
2. La capacité des installations. On distingue alors :
 - a. Les problèmes de localisation d'installations à capacités finies
 - b. Les problèmes de localisation d'installations à capacités infinies

3. L'horizon de planification. On distingue alors :
 - a. Les problèmes statiques
 - b. Les problèmes dynamiques
4. La structure des coûts. On distingue alors :
 - a. Les coûts linéaires
 - b. Les coûts non linéaires
5. Le nombre d'objectifs à optimiser. On distingue alors :
 - a. Les problèmes de localisation mono-objectif.
 - b. Les problèmes de localisation multi-objectifs
6. Le nombre d'échelons. On distingue alors :
 - a. Les problèmes de localisation mono-échelon
 - b. Les problèmes de localisation multi-échelons

En considérant toutes les combinaisons de ces facteurs nous pouvons dénombrer 64 problèmes de localisation et d'allocation.

Dans ce travail nous présenterons les modèles utilisés pour résoudre notre problématique, dans la partie qui suit une revue des différents modèles est présentée.

Les problèmes de couverture

Ces problèmes s'intéressent à la satisfaction des demandes émises par les clients. On peut distinguer deux types de problèmes de couverture :

- Location set covering problem
- Maximal covering problem

Location set covering problem :

Ce modèle cherche à déterminer un nombre d'installations non connu à l'avance de façon à ce que tous les points de demande soient situés à une distance inférieure à un seuil maximum que l'on définit a priori (Hammami, 2003). Sa formulation mathématique est la suivante :

Données

d_{jk} : distance (ou le coût unitaire de production et de livraison) entre l'installation j et le client k .

S : distance (temps) maximale acceptable (distance de couverture).

N_k : ensemble des installations potentielles j qui sont dans le périmètre de la distance de couverture S du client k .

J : ensemble de toutes les installations.

K : ensemble de tous les clients.

Variables de décision :

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

Modèle :

$$\text{Min } \sum_{j \in J} x_j$$

Contraintes :

$$\sum_{j \in N_k} x_j \geq 1 \quad \forall k \in K.$$

$$x_j \in \{0, 1\}, \quad \forall j \in J.$$

Maximal covering problem:

Contrairement au modèle de « location set covering », ce modèle suppose que l'on connaît le nombre d'installations que nous voulons implanter. L'objectif ici est de maximiser la demande couverte et non de couvrir la totalité de la demande (Oded Berman, 2002). La formulation de ce modèle est la suivante :

Données :

h_k : demande du client k .

d_{jk} : distance (ou le coût unitaire de production et de livraison) entre l'installation j et le client k .

S : distance (temps) maximale acceptable (distance de couverture).

N_k : ensemble des installations potentielles j qui sont dans le périmètre de la distance de couverture du client k .

P : nombre maximal d'installations pouvant être retenues.

J : ensemble de toutes les installations.

K : ensemble de tous les clients.

Variables de décision :

$$y_{jk} = \begin{cases} 1 & \text{si la demande du client } k \text{ est satisfaite par l'installation } j. \\ 0 & \text{sinon.} \end{cases}$$

$$z_k = \begin{cases} 1 & \text{si le client } k \text{ est couvert} \\ 0 & \text{sinon.} \end{cases}$$

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

Fonction objectif :

$$\text{Max } \sum_k h_k z_k$$

Contraintes :

$$\sum_{j \in N_k} x_j \geq z_k \quad \forall k \in K.$$

$$\sum_{j \in J} x_j \leq P.$$

$$x_j \in \{0, 1\} \quad \forall j \in J.$$

$$z_k \in \{0, 1\} \quad \forall k \in K.$$

P-centre Problème

Dans ce modèle, il s'agit d'installer P installations, tout en minimisant le maximum des distances qui séparent les points de demande (clients) et l'installation retenue qui satisfait cette demande, tous les points de demande devant être servis. La figure 15 illustre le principe de ce modèle :

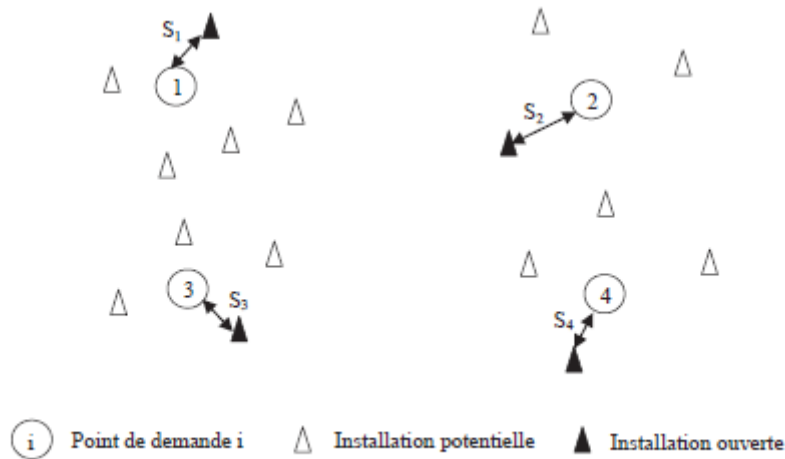


Figure 15 Représentation du Problème du P-centre (Hammami, 2003)

L'objectif du modèle est de minimiser le maximum des S_i . La formulation mathématique du modèle est comme suit :

Données :

d_{jk} : distance (ou coût unitaire de production et de livraison) entre l'installation j et le client k .

P : nombre d'installations à retenir.

J : ensemble de toutes les installations.

K : ensemble de tous les clients.

Variables de décision :

$$y_{jk} = \begin{cases} 1 & \text{si la demande du client } k \text{ est satisfaite par l'installation } j. \\ 0 & \text{sinon.} \end{cases}$$

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

Fonction objectif :

$$\text{Min } [\text{Max}_{k \in K} (d_{jk} y_{jk})]$$

Contraintes :

$$\sum_{j \in J} x_j = P .$$

$$\sum_{j \in J} y_{jk} = 1 \quad \forall k \in K.$$

$$y_{jk} \leq x_j \quad \forall j \in J. \quad \forall k \in K.$$

$$x_j \in \{0, 1\} \quad \forall j \in J.$$

$$y_{jk} \in \{0, 1\} \quad \forall j \in J. \quad \forall k \in K.$$

P-médian modèle

Ce modèle vise à déterminer la localisation de P installations, tout en minimisant la distance totale entre les installations et les points de demande affectés à ces installations ; l'importance de la demande est généralement le facteur de pondération des distances (Richard L. Church, 2004). La formulation mathématique du problème est la suivante :

Données :

k = indice des clients (points de demande)

j = indice des installations.

h_k = demande du client k .

d_{jk} = distance (ou coût unitaire de production et de livraison) entre l'installation j et le client k .

P = nombre d'installations à localiser.

J = ensemble de toutes les installations.

K = ensemble de tous les clients.

Variables de décision :

$$y_{jk} = \begin{cases} 1 & \text{si la demande du client } k \text{ est satisfaite par l'installation } j. \\ 0 & \text{sinon.} \end{cases}$$

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

Fonction objectif :

$$\text{Min } \sum_{j \in J} \sum_{k \in K} h_k d_{jk} y_{jk}$$

Contraintes :

$$\sum_{j \in J} x_j = P .$$

$$\sum_{j \in J} y_{jk} = 1 \quad \forall k \in K.$$

$$y_{jk} \leq x_j \quad \forall j \in J, \forall k \in K.$$

$$x_j \in \{0, 1\} \quad \forall j \in J.$$

$$y_{jk} \in \{0, 1\} \quad \forall j \in J, \forall k \in K.$$

Modèle de localisation à charge fixe

Ce modèle traite le problème de localisation en considérant les coûts d'ouverture des installations, le nombre d'installations à ouvrir étant un résultat du modèle et non un paramètre, Il prend aussi en considération les capacités des installations (Daskin, 2003). Sa formulation mathématique est la suivante :

Données :

f_j = coût fixe d'ouverture de l'installation j

V_j = capacité de l'installation j .

h_k = demande du client k .

d_{jk} = distance (ou coût unitaire de production et de livraison) entre l'installation j et le client k .

c = coût de transport d'une unité de demande sur une unité de distance.

J = ensemble de toutes les installations.

K = ensemble de tous les points de demande.

Variables de décision :

$$y_{jk} = \begin{cases} 1 & \text{si la demande du client } k \text{ est satisfaite par l'installation } j. \\ 0 & \text{sinon.} \end{cases}$$

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

Fonction objectif :

$$\text{Min } \sum_{j \in J} f_j x_j + c \sum_{j \in J} \sum_{k \in K} h_k d_{jk} y_{jk}$$

Contraintes :

$$\sum_{j \in J} y_{jk} = 1 \quad \forall k \in K$$

$$y_{jk} \leq x_j \quad \forall j \in J, \quad \forall k \in K$$

$$\sum_{j \in J} h_k y_{jk} \leq V_j x_j \quad \forall k \in K.$$

$$x_j \in \{0, 1\} \quad \forall j \in J.$$

$$y_{jk} \in \{0, 1\} \quad \forall j \in J, \quad \forall k \in K.$$

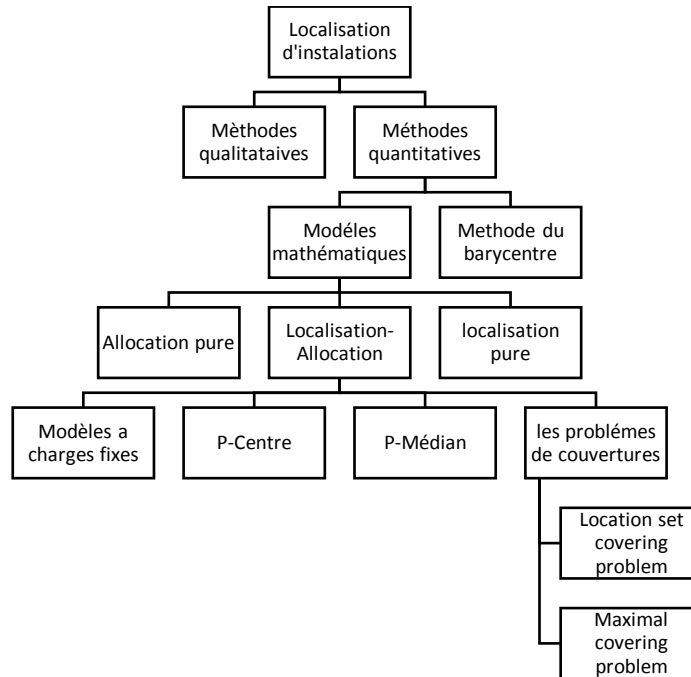


Figure 16 Synthèse des modèles utilisés pour la localisation d'installations

5. Calcul de distances

Les modèles mathématiques utilisés dans la prise de décision lors de la configuration d'un réseau de distribution ont pour la plupart une approche géométrique. Les distances entre les points de consommation et les installations ne sont pas connues à l'avance, ce sont des variables de décision du problème, ou un résultat de la solution optimale. La définition de la distance que l'on utilise est donc essentielle. On peut utiliser :

- La distance de Minkowski : $d_p(A, B) = (|x_a - x_b|^p + |y_a - y_b|^p)^{1/p}$
- La distance euclidienne : $d(A, B) = (|x_a - x_b|^2 + |y_a - y_b|^2)^{1/2}$
- La distance rectangulaire : $d_r(A, B) = (|x_a - x_b| + |y_a - y_b|)$

La terre étant sphérique ces distances ne sont pas précises, pour obtenir des distances plus précises le concept d'orthodromie est utilisé.

L'orthodromie désigne le chemin le plus court entre deux points d'une sphère, c'est-à-dire le plus petit des deux arcs du grand cercle passant par ces deux points. La route orthodromique entre deux points A et B du globe terrestre correspond à la route la plus courte entre eux.

Calcul de la distance orthodromique

Pour calculer cette distance, on utilise la formule des cosinus de la trigonométrie sphérique. Soient la et lb les latitudes de A et B, La et Lb leurs longitudes, et R le rayon terrestre moyen, la formule de la distance orthodromique est la suivante :

$$d(A, B) = R \cdot \text{Arccos} [\sin(la) \cdot \sin(lb) + \cos(la) \cdot \cos(lb) \cdot \cos(LB - LA)]. \quad (\text{Magan, 2003})$$

Conclusion

Dans ce chapitre nous avons abordé d'une part les principes fondamentaux des réseaux de distribution et, d'autre part, nous avons défini les différentes décisions qu'un décideur est amené à prendre lors de la configuration d'un réseau de distribution.

Une revue des différents modèles de localisation d'installation a été présentée en portant une attention particulière aux modèles susceptibles d'être appliqués à notre cas d'étude.

Chapitre III : Construction du modèle mathématique

Introduction

La distribution dans le secteur agroalimentaire est caractérisée par le grand nombre de contraintes que subissent les entreprises qui y activent. Une mauvaise distribution par exemple, peut nuire à la santé des consommateurs si les produits sont endommagés ou périmés. Par ailleurs, la couverture du marché doit être maximale voir totale car les produits agroalimentaires sont, pour la plupart, des produits de consommation courante. L'absence d'un produit donné dans un point de vente implique que le consommateur va acheter un produit concurrent, il est alors difficile pour l'entreprise de reconquérir ce consommateur.

La distribution est donc une activité décisive pour la pérennité d'une entreprise agroalimentaire et, assurer une bonne distribution, nécessite de concevoir un réseau de distribution optimal.

Ainsi, après avoir passé en revue les différents modèles utilisés en recherche opérationnelle pour résoudre les problèmes de localisation et d'allocation, nous nous proposons, dans le présent chapitre, de construire un modèle mathématique qui permettra de reconfigurer le réseau de distribution de Nestlé Algérie.

1. Définition du problème

Dans le présent travail, nous nous intéressons au problème de la relocalisation des centres de distribution et de l'affectation de chaque client au centre le plus adéquat. Ceci doit se faire en minimisant les coûts de transport des produits -entre le dépôt central et les dépôts de distribution- et les coûts de fonctionnement d'une part et, d'autre part, en veillant à assurer une couverture totale du marché, tout en minimisant la distance qui sépare les centres de distribution des clients servis.

La configuration du nouveau réseau de distribution devra prendre en considération plusieurs contraintes caractéristiques à la stratégie de Nestlé. Aussi, les paramètres qui ont été pris en compte pour la construction du modèle mathématique sont :

- Nestlé approvisionne les centres de distribution une fois par semaine, ceci pour contrôler la fraîcheur des produits
- L'objectif de Nestlé est d'être présent, à travers ses produits, sur tous les points de vente de détail situés dans la partie nord du territoire national.
- Un client ne peut être livré par plus d'un centre de distribution.
- La durée de la tournée d'un livreur ne peut excéder 8 heures.
- Nestlé souhaite optimiser le nombre de centres de distribution existant.

2. Définition et notations

2.1. Ensembles

I : Ensemble des Clients (détaillant ou superette) ; i un élément de I .

J : Ensemble des centres de distributions potentiels (l'indice $j=0$ représente le dépôt central ou principal de Nestlé) ; j un élément de J .

K : Ensemble des produits ; k un élément de K .

2.2. Constantes

a_{ik} : Demande moyenne du produit k par le client i , exprimée en palettes.

C_0 : Coût kilométrique de transport par palette du dépôt principal au centre potentiel j .

CF_j : Coût fixe unitaire d'ouverture du centre de distribution j (l'unité étant la palette).

DC_{ij} : Distance entre le client i et le centre de distribution potentiel j .

DD_{0j} : Distance entre le dépôt central et le centre j .

2.3. Paramètres d'entrés

CE : Coût d'exploitation unitaire d'un centre de distribution (l'unité étant la palette).

P : le nombre de centre de distribution que l'on souhaite implanter.

P_{km} : Coût de perte de clients par kilomètre pour un van

2.4. Variables de décision

CAP_j : La capacité du centre de distribution j , exprimée en nombre de palettes.

$$x_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{si le client } i \text{ est livré par le centre de distribution } j \\ 0 & \text{sinon } \quad \forall j \in J, \forall i \in I \end{cases}$$

$$y_j = \begin{cases} 1 & \text{si le centre de distribution } j \text{ est retenu} \\ 0 & \text{sinon } \quad \forall j \in J - \{0\} \end{cases}$$

2.5. Fonction Objectif

La fonction objectif vise à minimiser les coûts de transport entre les centres de distribution et le dépôt central de Nestlé, ainsi que le coût total de fonctionnement de ces centres.

2.5.1. Minimiser les coûts de transport

La première partie de la fonction objectif concerne la minimisation des coûts de transport entre les centres de distribution et le dépôt central.

Le nombre de palettes à transporter du dépôt central au centre de distribution j est égal à la somme des demandes exprimées par les clients et satisfaites par ce centre. Si la demande du client i est satisfaite par le centre de distribution j alors la variable de décision x_{ij} prendra la valeur 1 ; dans le cas où le centre de distribution j ne livre pas le client i alors x_{ij} est égale à 0. La demande totale, exprimée en nombre de palettes, de tous les clients desservis par le centre j est exprimée comme suit :

$$\sum_{i \in I} \sum_{k \in K} x_{ij} a_{ik}$$

En multipliant cette demande par C_{0j} , le coût kilométrique par palette entre le centre j et le dépôt principal, nous obtenons le coût au kilomètre de toute la demande exprimée au niveau du centre j . Soit :

$$C_{0j} \sum_{i \in I} \sum_{k \in K} x_{ij} a_{ik}$$

Ainsi, pour un centre j , le coût total de transport est obtenu en multipliant l'expression ci-dessus par DD_{0j} , la distance totale parcourue entre le centre j et le dépôt central. Nous obtenons :

$$DD_{0j} \cdot C_{0j} \sum_{i \in I} \sum_{k \in K} x_{ij} a_{ik}$$

Le coût total de transport, pour l'ensemble des centres j est alors exprimé par :

$$\sum_{j \in J} DD_{0j} \cdot C_{0j} \sum_{i \in I} \sum_{k \in K} x_{ij} a_{ik}$$

Cependant, cette expression n'est valable que si tous les centres sont sélectionnés, ce qui n'est pas forcément le cas. Pour ne retenir que les centres opérationnels, il suffira d'introduire la variable binaire y_j qui prend la valeur 1 ou 0 selon que le centre est sélectionné ou non. Soit :

$$\sum_{j \in J} y_j \cdot DD_{0j} \cdot C_{0j} \sum_{i \in I} \sum_{k \in K} x_{ij} a_{ik}$$

2.5.2. Minimiser les coûts liés aux centres de distribution

La deuxième partie de la fonction objectif est relative à la minimisation des coûts d'exploitation et des coûts fixes des centres de distribution. Tous les coûts considérés sont des coûts unitaires, l'unité étant la palette.

Le coût d'exploitation comprend les coûts de manutention (déchargement, chargement, déplacement), ainsi que les coûts de gestion (coûts du personnel).

Les coûts fixes, quant à eux, prennent en compte les coûts d'entreposage (coût de la surface de stockage), les coûts divers (sécurité, assurance, ...). Ils dépendent de la capacité du centre de distribution, en nombre de palettes, et lui sont proportionnels.

Il est à noter que le coût fixe d'ouverture (location, sécurité ...) varie selon la région où est implanté le centre de distribution potentiel. C'est pourquoi, l'indice j a été introduit afin de différencier ce coût d'un centre de distribution à un autre.

Cette partie de la fonction objectif est exprimée comme suit:

$$\sum_{j \in J} CAP_j CF_j$$

Les coûts d'exploitation quant à eux, sont liés à la demande satisfaite par le centre de distribution. On considère aussi qu'ils sont proportionnels à la demande satisfaite par le centre ; ceci est exprimé par :

$$\sum_{j \in J} CE \sum_{i \in I} \sum_{k \in K} a_{ik} x_{ij}$$

Le coût total est alors donné par :

$$\sum_{j \in J} CAP_j CF_j + \sum_{j \in J} CE \sum_{i \in I} \sum_{k \in K} a_{ik} x_{ij}$$

Comme pour la première partie de la fonction objectif, les coûts liés au centre de distribution ne sont comptabilisés que si ce dernier a été sélectionné. De la même manière, la variable binaire y_j est introduite. On obtient alors l'expression suivante :

$$\sum_{j \in J} y_j [CAP_j CF_j + CE \sum_{i \in I} \sum_{k \in K} a_{ik} x_{ij}]$$

2.5.3. Minimiser les pertes du chiffre d'affaire dues à l'éloignement

La troisième partie de la fonction objectif a pour but la minimisation des pertes dues à l'éloignement des clients du centre de distribution qui les livre.

En effet, plus un client est éloigné du centre de distribution auquel il est affecté, plus il faudra de temps au livreur pour l'atteindre ; ce temps consacré au trajet étant sans valeur ajoutée pour le livreur -puisque'il ne peut livrer d'autres clients-, il s'agira donc de le minimiser. Il est exprimé en chiffre d'affaire non généré pour chaque kilomètre en plus parcouru par le livreur pour atteindre un client. Si la perte au kilomètre est représentée par P_{km} , que DC_{ij} est la distance que le livreur du centre j aura à parcourir pour atteindre un client i et qu'il devra faire un aller-retour pendant une tournée de huit heures alors le chiffre d'affaire perdu par le livreur lors de la livraison de ce client est donné par :

$$2 DC_{ij} P_{km}$$

Cette expression exprime la perte engendrée par la visite d'un seul client. Elle n'est effective que si le client i est affecté au dépôt j c'est-à-dire que $x_{ij}=1$. Ainsi la perte due à la visite de tous les clients à partir de tous les centres est donnée par :

$$\sum_{j \in J} \sum_{i \in I} 2 DC_{ij} P_{km} x_{ij}$$

Comme pour les deux parties précédentes, cette perte ne sera comptabilisée que si le centre j est ouvert ($y_j = 1$). La formulation finale est donc la suivante :

$$\sum_{j \in J} \sum_{i \in I} 2 DC_{ij} P_{km} x_{ij} y_j$$

Pour mieux expliquer cette logique considérons l'exemple suivant :

Un livreur qui doit parcourir une distance d ne dépassant pas 10 Km pour atteindre un client de sa tournée pourra, sur son chemin, livrer – par exemple – trente autres clients et revenir au centre de distribution après 8 heures de travail.

Un autre livreur qui devra parcourir une distance plus importante (ex : 80Km) pour atteindre le premier client de sa tournée prendra plus de temps pour parcourir cette distance. Ainsi le nombre de clients qu'il pourra livrer lors de sa tournée sera moindre que celui visité par le premier livreur car il devra parcourir cette distance, livrer le client puis revenir au centre de distribution en huit heures.

C'est cet écart de nombre de clients livrés qui est traduit en chiffre d'affaire perdu par le livreur.

La fonction objectif s'écrit alors comme suit :

$$\begin{aligned} \text{Min} \sum_{j \in J} y_j [& (DD_{0j} C_{0j} \sum_{i \in I} \sum_{k \in K} x_{ij} a_{ik}) + (CAP_j CF_j + CE \sum_{i \in I} \sum_{k \in K} a_{ik} x_{ij}) \\ & + \sum_{i \in I} 2 DC_{ij} P_{km} x_{ij}] \end{aligned}$$

2.6. Contraintes du modèle

2.6.1 Contrainte de non chevauchement des parts de marché

Chaque client i doit être livré par un seul dépôt de distribution j afin de permettre aux équipes Marketing et Commerciale de suivre de manière précise l'évolution des ventes et les performances de chaque dépôt de distribution dans l'espace qu'il couvre.

Cette contrainte se traduit comme suit :

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

Note : la couverture totale des clients est aussi assurée par cette contrainte.

2.6.2. Contrainte de validité de l'affectation

Cette contrainte assure que le client i n'est livré par le dépôt de distribution j que si ce dernier est ouvert (le dépôt de distribution potentiel j a été sélectionné pour être ouvert) ce qui se traduit par une variable y_j égale à 1. La variable x_{ij} est égale à 1 si le client i est livré par ce dépôt, et égale à 0 sinon. Si le dépôt y_j n'est pas sélectionné, y_j prendra la valeur 0 et de ce fait x_{ij} devra obligatoirement être égale à 0. L'inéquation qui modélise cette contrainte est :

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

2.6.3. Contrainte du nombre de centres de distribution à implanter

L'objectif de cette contrainte est de ne pas dépasser un nombre maximum P de dépôts de distribution à ouvrir ; y_j est une variable binaire qui prend la valeur 1 si on décide d'ouvrir le dépôt et 0 si on décide de ne pas l'ouvrir. La somme des y_j devra être inférieure ou égale au nombre P maximal de dépôts à ouvrir. L'inéquation suivante exprime cette contrainte :

$$\sum_{j \in J} y_j \leq P$$

2.6.4. Contrainte de capacité du dépôt central de Nestlé

Par cette contrainte, le modèle s'assure que la somme des demandes en produits k des clients i servis par l'ensemble des dépôts de distribution n'excède pas la capacité maximale CAP_0 du dépôt principal de Nestlé ; a_{ik} étant la demande du client i pour le produit k , cette contrainte est modélisée par l'inéquation suivante :

$$\sum_{j \in J} \sum_{i \in I} \sum_{k \in K} x_{ij} a_{ik} \leq CAP_0$$

2.6.5. Contrainte de capacité des centres de distribution

Un centre de distribution ayant une capacité limitée, il ne peut donc satisfaire une demande qui excède sa capacité maximale. Cette contrainte assure alors que la somme de la demande des clients i satisfaite par un dépôt de distribution j est inférieure ou égale à la capacité maximale CAP_j du dépôt j . Ceci est exprimé par l'inéquation suivante :

$$\sum_{i \in I} \sum_{k \in K} x_{ij} a_{ik} \leq CAP_j * y_j \forall j \in J$$

2.6.6. Contraintes de capacité minimale des centres de distribution

Cette contrainte assure qu'un centre de distribution sera ouvert seulement à partir d'une certaine capacité :

$$CAP_j \geq CAP_{min}$$

2.6.7. Contrainte de capacité maximale des centres de distribution

Cette contrainte assure qu'un centre de distribution ne pourra pas dépasser une certaine capacité fixée par Nestlé :

$$CAP_j \leq CAP_{max}$$

2.6.8. Contrainte d'intégrité de y_j

Cette contrainte assure que la variable de décision y_j ne prend que la valeur 0 ou 1. La formulation de cette contrainte est :

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

2.6.9. Contrainte d'intégrité de x_{ij}

Cette contrainte assure que la variable de décision x_{ij} ne prend que la valeur 0 ou 1. La formulation de cette contrainte est :

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

2.7. Modélisation finale du problème

Fonction Objectif

$$\begin{aligned} \text{Min} \sum_{j \in J} y_j [& (DD_{0j} C_{0j} \sum_{i \in I} \sum_{k \in K} x_{ij} a_{ik}) + \left(CAP_j CF_j + CE \sum_{i \in I} \sum_{k \in K} a_{ik} x_{ij} \right) \\ & + \sum_{i \in I} 2 DC_{ij} P_{km} x_{ij}] \end{aligned}$$

Soumis à

$$\sum_{j \in J} x_{ij} = 1 \quad \forall i \in I \quad (1)$$

$$x_{ij} \leq y_j \forall i \in I, \forall j \in J \quad (2)$$

$$\sum_{j \in J} y_j \leq P \quad (3)$$

$$\sum_{j \in J} \sum_{i \in I} \sum_{k \in K} x_{ij} a_{ik} \leq CAP_0 \quad (4)$$

$$\sum_{i \in I} \sum_{k \in K} x_{ij} a_{ik} \leq CAP_j * y_j \forall j \in J \quad (5)$$

$$CAP_j \geq CAP_{min} \quad (6)$$

$$CAP_j \geq CAP_{min} \quad (7)$$

$$y_j \in \{0,1\} \forall j \in J \quad (8)$$

$$x_{ij} \in \{0,1\} \forall i \in I, \forall j \in J \quad (9)$$

Note : par manque de données sur les positions exactes des points de vente (clients) qui sont nécessaires pour le calcul des paramètres du modèle, nous considérerons les communes comme étant les clients que le modèle va allouer aux centres de distribution. Les points de ventes étant très proches à l'intérieur d'une commune, cela ne devrait pas impacter les résultats.

3. Calcul du paramètre C₀ (Coût kilométrique par palette)

Nestlé Algérie sous-traite l'activité de transport entre le dépôt central et ses centres de distribution, en faisant appel à des sociétés de transport qui facturent selon la destination et non au kilomètre.

Ces sociétés de transport proposent plusieurs types de véhicules qui diffèrent par leurs capacités ; plus le véhicule à une grande capacité plus le coût de location est élevé. Les différents types de camions et leurs capacités sont présentés dans le tableau 5 :

Tableau 5 Type et capacité des véhicule

Type de véhicule	Maraicher	20 tonnes	10 tonnes	3,5 tonnes	2,5 tonnes	1,5 tonne
Nombre de palettes	33	30	20	7	5	3

Selon le directeur supply chain, les véhicules de moins de 10 tonnes ne sont que très rarement utilisés, pour des cas exceptionnels de retour de marchandise des centres de distribution ; ils ne seront donc pas pris en considération.

Pour calculer le coût de transport par kilomètre, nous avons considéré les prix pratiqués par les prestataires de transport sollicités par Nestlé auprès des centres de distribution actuels. Ces prix ont été rapportés au kilomètre parcouru pour chaque type de véhicule par la formule suivante : Prix kilométrique = Prix / Nombre de kilomètres.

Puis, sachant que la capacité des véhicules est donnée en palettes, le prix au kilomètre par palette, pour chaque véhicule, a été calculé comme suit :

Prix kilométrique par palette = Prix kilométrique / Capacité du véhicule.

Enfin, la moyenne des prix kilométriques par palette et par type de véhicule a été calculée ; les résultats sont donnés dans le tableau suivant :

Tableau 6 Prix de transport d'une palette par kilomètre

Type de véhicule	Prix de la palette au kilomètre
Maraicher	3.90 DA
20 Tonnes	3.91 DA
10 Tonnes	3.98 DA

Ayant remarqué que ce prix ne variait pas beaucoup nous avons émis l'hypothèse que le transport du dépôt central de Nestlé vers les centres de distributions est assuré par une flotte homogène, le coût de transport est alors considéré comme étant la moyenne des coûts des trois types de camions.

Le coût de transport retenu pour une palette est de **3,93 DA** par kilomètre.

4. Calcul de la demande (a_{ik})

Afin de calculer la demande du client i pour le produit k , il n'a pas été possible d'exploiter l'historique des ventes de Nestlé car, jusqu'en décembre 2016, il y a eu beaucoup de changement de distributeurs (Centre de distribution) ainsi que de changement d'affectation de clients aux centres ; nous nous sommes donc basés sur les ventes de 2017, soit un échantillon de 3 mois. Cependant, et pour avoir un échantillon plus représentatif, nous avons considéré les ventes par semaine. A cet effet, une étape de préparation de données a été nécessaire, elle est décrite ci-dessous :

4.1. Préparation des données

Afin de calculer la demande des clients (point de ventes : superettes ou épicerie) nous avons été amenés à apporter des modifications au fichier Excel qui nous a été fourni. Les étapes suivantes ont été menées pour préparer les données :

- Modification de la structure du fichier initial.
- Elaboration d'une base standard de désignations et de codes pour les dépôts et les produits.
- Actualisation des désignations et codes.
- Agrégation des données.

- Modification de la structure du fichier initial :

Le fichier Excel que les collaborateurs de Nestlé nous ont fournis, est un fichier qui permet de collecter les données de vente de tous les livreurs dans le but de calculer les primes de chacun d'eux. Il regroupe donc les ventes de chaque livreur, pour chaque produit et pour chaque jour du mois ; la structure de ce fichier ne permet pas d'agréger les ventes par rapport au temps les jours étant des colonnes. La capture d'écran du fichier fourni est donnée dans la figure 16.

1	MOIS	REGION	Nom du distributeurs	code distributeurs	CANAL	VENDEURS	code Prod	Designation produit	CATEGORIE	01/01/2017	02/01/2017	03/01/2017	04/01/2017
2	Mois 1	Region 1	Distributeur 1		0 Canal de vente	Vendeur1		Produit 1	Categorie du produit	Quantité 1	Quantité 2	Quantité 3	
3													
4													
5													

Figure 17 Capture d'écran du fichier des ventes initial

Afin de pouvoir exploiter ces données, il était nécessaire que la date soit en colonne c'est-à-dire que chaque ligne devra être répétée autant de fois qu'il n'y a de jour dans le mois. Vu le grand nombre de vendeurs et de produits (plus de 100 vendeurs et 42 produits), ceci a été impossible à faire manuellement. Un algorithme a été développé à cet effet en langage VBA (Visual Basic Application) ; il est présenté en annexe C. La structure du fichier obtenu est illustrée dans la figure 17.

1	MOIS	REGION	Nom du distributeurs	code distributeurs	CANAL	VENDEURS	code Produit	Designation produit	CATEGORIE	Jour	Quantité vendue
2	Mois 1	Region 1	Distributeur 1	96654	Canal de vente	Vendeur1	45211	Produit 1	Categorie du produit	j1	Quantité 1
3	Mois 1	Region 1	Distributeur 1	96654	Canal de vente	Vendeur1	45211	Produit 1	Categorie du produit	j2	Quantité 2
4	Mois 1	Region 1	Distributeur 1	96654	Canal de vente	Vendeur1	45211	Produit 1	Categorie du produit	j3	Quantité 3
5											
6											

Figure 18 Capture d'écran du fichier après transformation

- Elaboration d'une base standard de désignations et de codes pour les dépôts et les produits :

Le fichier qui nous a été fourni est complété par les superviseurs ; la probabilité d'une faute de frappe ou erreur lors de cette opération est très élevée. Afin de pouvoir agréger les ventes et calculer la demande des clients, une base avec des désignations et des codes standards est nécessaire.

Le fichier des ventes de Nestlé aux dépôts a donc été utilisé afin de construire une base contenant la désignation et le code des produits ainsi que des centres.

- Actualisation des désignations et codes :

Nous avons constaté que les superviseurs, pour faire référence aux vendeurs qu'ils supervisent, utilisaient les noms et codes d'anciens centres n'existant plus actuellement. La base obtenue a donc été utilisée pour standardiser les désignations et codes des centres mais aussi pour corriger les fautes de frappe ou mauvaise manipulation concernant les désignations et codes des produits.

Afin de réaliser cette tâche nous avons utilisé un outil Excel qui est Power Query ; cet outil permet de faire des requêtes sur une feuille Excel et de garder ces requêtes pour ensuite les réutiliser dans d'autres feuilles Excel sur lesquelles on souhaite faire les mêmes opérations.

- Agrégation des données :

Cette étape est l'étape finale pour obtenir les demandes des centres séparément. Grâce à l'outil Power Query, il a été possible de sommer les ventes des vendeurs selon les dimensions choisies c'est-à-dire dans notre cas : sommer les ventes de tous les livreurs travaillant dans le même centre, pour chaque produit et pour chaque jour. Un fichier contenant la somme des ventes des centres pour chaque produit et pour chaque jour a ainsi été obtenu. Le même travail a été fait pour chaque semaine de l'année.

4.2. Calcul des demandes

Les ventes des centres de distribution existant ayant calculées pour les treize premières semaines de l'année 2017, nous avons regroupé la demande des clients se trouvant dans la même commune en suivant les étapes décrites ci-dessous :

- Calcul de la demande moyenne par client :

Pour ce calcul nous avons utilisé le taux de succès des livreurs calculé par l'équipe commerciale ; il est égal au nombre de clients facturés sur le nombre total de clients visités. Ceci ne permet de prendre en compte que les clients effectifs des centres de distribution c'est-à-dire le nombre de facture créées.

La demande moyenne par client (Epicerie ou superette) a été ensuite calculée en divisant les ventes moyennes par semaine du centre de distribution par le nombre de clients effectifs servis par ce centre de distribution.

- Calcul de la demande des wilayas recensées :

Les collaborateurs de Nestlé ont fait un recensement des points de ventes de douze wilayas. La base obtenue a permis de calculer la demande pour chaque commune.

- Calcul de la demande des wilayas estimée par Nestlé :

Le recensement que Nestlé effectue n'étant pas finalisé, le nombre de points de vente pour douze wilayas a été estimé. Cette estimation ne donnant pas la répartition du nombre total de points de vente sur les communes, nous avons utilisé le recensement de la population algérienne de 2008 pour estimer la répartition des points de ventes sur les communes d'une wilaya.

- Calcul de la demande des wilayas non estimée :

Nestlé n'ayant pas prévu de recenser toutes les wilayas, nous avons estimé le nombre de points de vente des wilayas non recensées. Pour ce faire, nous avons calculé un nombre moyen d'habitants par point de vente pour chaque région puis avons utilisé le recensement de la population algérienne de 2008 pour estimer le nombre de points de vente existant dans chaque commune.

- Calcul de la demande par commune :

Nous avons considéré que la demande des clients était identique pour tous les clients d'une même wilaya ; la demande par client a été donc multiplié par le nombre de clients recensés dans une commune pour calculer la demande de la commune.

Ce dernier calcul n'est valable que pour les wilayas actuellement couvertes par un centre de distribution. Pour les wilayas recensées mais non couvertes, nous avons calculé une moyenne de la demande par client, puis avons procédé de même pour obtenir les demandes par commune.

Tableau 7 Estimation population par détaillant

Région	Nombre Moyen de personnes par détaillant
EST	813
CENTRE EST	1486
OUEST	1251
CENTRE	1502
Centre Ouest	1670

5. Calcul des distances

Le modèle proposé prend comme données d'entrée les distances (DD_{0j}) entre le dépôt central de Nestlé et les centres de distribution potentiels, ainsi que les distances (DC_{ij}) entre les centres de distribution et les clients (un client est assimilé à une commune administrative).

Ces distances ont été calculées en utilisant les données géospatiales (latitude, longitude) de chaque installation (dépôt central, centre de distribution, clients).

Ces données géospatiales ont été utilisées pour appliquer la formule de « l'orthodromie » qui permet le calcul d'une distance entre deux points se trouvant sur la surface d'une sphère parfaite. La formule de l'orthodromie est:

$$d(A, B) = R \cdot \text{Arccos}[\sin(la) \cdot \sin(lb) + \cos(la) \cdot \cos(lb) \cdot \cos(LB - LA)]$$

Avec A et B deux points GPS et la, lb, LA, LB les longitudes et latitudes respectives de ces points.

La matrice de distances a été obtenue par un calcul automatisé grâce à un algorithme développé en langage VBA sur Excel. Le code utilisé est en donné en annexe C.

6. Calcul des coûts liés aux centres de distribution

Comme mentionné dans le modèle, le coût des centres de distribution est la somme de deux composantes : les coûts fixes et les coûts d'exploitation.

Pour le calcul des coûts nous avons pris comme référence les coûts payés actuellement par Nestlé ; le calcul des coûts est détaillé dans la partie qui suit.

6.1. Les coûts fixes

Ces coûts prennent en compte le coût de location de l'entrepôt, le coût du personnel administratif et de gestion, le coût de l'assurance de l'entrepôt, le coût de sécurité et les frais divers.

Ces coûts sont payés mensuellement aux distributeurs. Nous avons calculé une moyenne de ces coûts sur les 6 derniers mois et ce pour chaque centre de distribution actuel. Vu que le coût est lié à la capacité de l'entrepôt, pour avoir un coût fixe d'ouverture par palette entreposée, nous avons divisé cette moyenne par l'espace de stockage exprimé en palette, puis avons divisé ces coûts par 4 afin d'avoir un coût par semaine :

$$CF'_j = \frac{\text{moyenne des coûts fixes du distributeur } j}{4 * \text{l'espace de stockage du distributeur } j \text{ (en palettes)}}$$

Étant donné nous allons aussi considérer des sites potentiels dans lesquels il n'existe pas de distributeur, nous avons calculé une moyenne de ces coûts par région :

$$CF_j = \text{moyenne des } CF'_j$$

L'unité de ce coût est : DA/Palette/ Semaine.

6.2. Les coûts d'exploitation

Ces coûts prennent en compte tous les coûts liés à la manutention. Les principaux centres de coûts d'exploitations sont :

- les salaires des caristes, magasiniers et manutentionnaires.
- l'amortissement des chariots élévateurs.

Comme pour les coûts fixes, les coûts d'exploitation sont calculés à partir d'une moyenne sur les 6 derniers mois, qui est divisée cette fois par la moyenne des quantités vendues par les centres de distribution (exprimées en nombre de palettes) aux centres de distribution opérationnels. Le coût d'exploitation est alors un coût par palette ; il est divisé par quatre pour obtenir un coût d'exploitation par semaine.

$$CE'_j = \frac{\text{moyenne des coûts d'exploitation du distributeur } j}{4 * \text{moyenne des volumes de IN du distributeur } j}$$

Comme pour les coûts fixes d'ouverture, nous allons considérer une moyenne des coûts d'exploitation des centres de distribution par région :

$$CE_j = \text{moyenne des } CE'_j.$$

L'unité de ce coût est CE_j [DA/Palette/ Semaine].

7. Le coût de perte P_{Km}

Le coût de perte est un coût fictif qui est liée à la distance entre les communes et leurs centres de distribution. Ce coût exprime le montant qu'un vendeur aurait pu gagner si le centre de distribution était plus proche d'une commune (et donc d'un client) d'un kilomètre.

En effet, plus la distance entre la commune et le centre de distribution auquel elle est affectée est grande, moins de clients seront livrés par le livreur dans cette commune. Le temps consacré au trajet étant sans valeur ajoutée pour le livreur puisqu'il ne peut livrer aucun autre client, va être traduit en nombre de clients non livrés et en manque à gagner.

- Les données :

- **Le temps de livraison** : c'est la durée de travail d'un livreur et qui est dédiée à la livraison des clients. Cette durée est fixée par la direction à 8h par jour.
- **Le temps moyen de livraison d'un client** : c'est le temps moyen que met le livreur pour faire le trajet du premier client à un deuxième client, plus le temps de livraison de ce dernier jusqu'à son redémarrage vers un troisième client. Ce temps qui nous a été communiqué par les superviseurs régionaux est de 13 minutes/client en moyenne.
- Les paramètres :
 - **La vitesse moyenne du van de livraison** : Nous supposons que la vitesse moyenne du van est égale à 50 Km/h. Cette vitesse a été prise égale la vitesse limite dans les zones résidentielles.
- Le calcul :
 - De la vitesse moyenne nous obtenons le temps nécessaire pour parcourir 1 Km.
 $V = 50 \text{ Km/h} \Rightarrow T(\text{Km}) = \frac{1}{50} = 0.02 \text{ h/Km}$ soit 1,2 minute/Km
 - Le nombre fictif de clients qui peuvent être livrés dans ce temps (1,2 minute) est :
$$\frac{1,2}{13} \approx 0,092 \text{ client/Km}$$
 - Nous multiplions ce résultat par le chiffre d'affaire moyen généré par la livraison d'un client, pour estimer la perte ou le manque à gagner par kilomètre.

L'unité de ce coût est : [DA/client] * [client/Km] = [DA/Km].

Conclusion

Dans ce chapitre la modélisation mathématique du problème de localisation et d'allocation a été abordée. Dans un premier temps nous avons construit la fonction objectif ainsi que les différentes contraintes liées au problème. Dans un second temps les différentes constantes et paramètres du modèle ont été calculés. Le chapitre qui suit est dédié à la résolution de la problématique présentée à travers la mise en œuvre du modèle développé.

Chapitre IV : Résolution du modèle mathématique et analyse des résultats

Introduction

Dans le présent chapitre nous abordons la résolution du modèle mathématique développé dans le chapitre précédent. A cet effet, plusieurs scénarii seront testés et pour chaque scénario il sera déterminé le nombre de centres de distribution à ouvrir, leur emplacement ainsi que les clients qui leurs sont alloués. Pour chaque cas, le ratio Coût/Chiffre d'affaire sera calculé afin de présenter un support de décision aux directeurs supply chain et commercial de Nestlé Algérie.

1. Le choix des points potentiel

L'idée principale de la reconfiguration du réseau de distribution est d'optimiser le nombre des centres de distribution, particulièrement dans les régions où les centres ont un ratio coûts/chiffre d'affaire supérieur à la limite tolérée, et ce afin de faire des économies d'échelle par rapport aux coûts de distribution. Néanmoins, l'un des objectifs de cette reconfiguration est aussi de réduire les distances entre les centres de distribution et les clients afin de couvrir le total des clients et assurer la disponibilité des produits Nestlé dans les points de vente. Pour ce faire, nous avons établi une liste de points potentiels où des centres de distribution peuvent être installés. Le choix de ces points potentiels a été effectué selon une logique séquentielle qui permet de nous orienter vers une solution non erronée et cela à travers 3 étapes.

1.1. Première étape : la pré-sélection

Pour une pré-sélection, nous avons choisi les points potentiels parmi les communes qui se trouvent à l'intersection des zones de chalandises d'au moins deux centres de distribution. Ces zones de chalandises consistent en l'ensemble des communes situées à moins de 1h 30 minutes de trajet du centre de distribution (cette durée a été déterminée par l'équipe commerciale). Nous avons représenté ces zones de chalandises ainsi que leurs intersections à l'aide d'une application spécialisée dans le géomarketing qui propose ses services en ligne (Owlapps.net). Les zones de chalandises sont représentées sous forme d'isochrones sur la carte de Google Maps.

La figure ci-dessous montre les zones de chalandises des centres de distribution de la région ouest sous forme d'isochrones ainsi que leurs intersections :

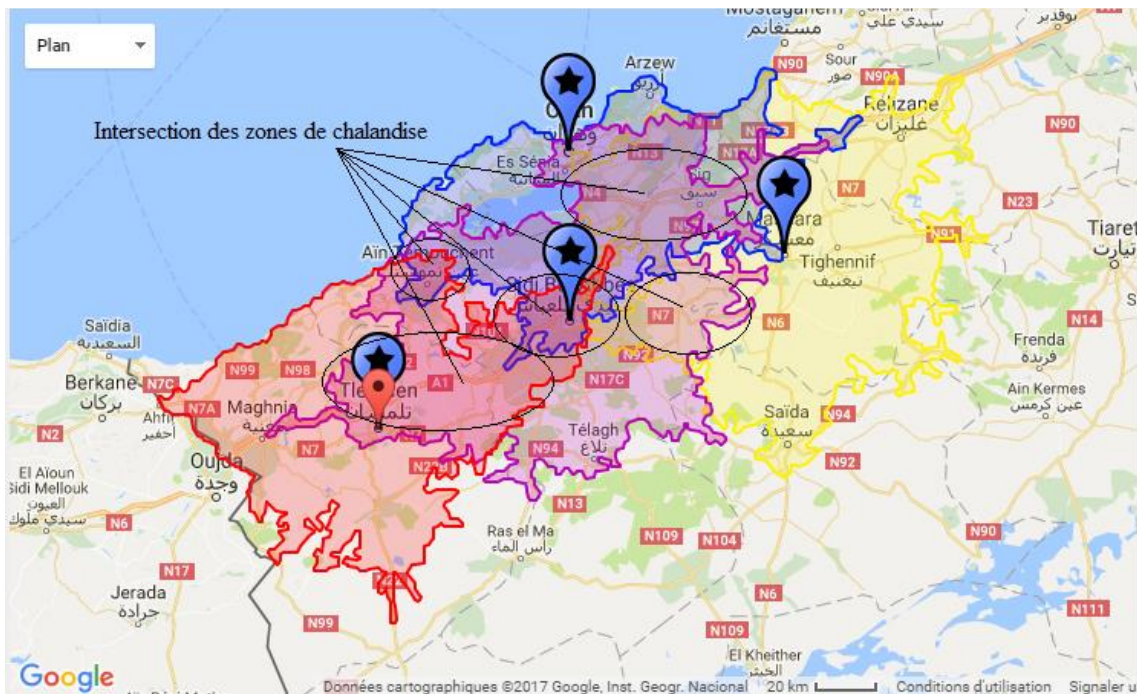


Figure 19 Exemple de détermination de points potentiels

1.2. Deuxième étape : l'ajout de points issus du modèle p-centre

Cette étape consiste à appliquer le modèle P-centre (voir Annexe D) avec toutes les communes de la région Ouest (231 communes) comme étant des points potentiels et cela pour P variant de

2 à 6. Le modèle sélectionne les communes dans lesquelles les centres de distributions seront installés pour minimiser la distance maximale entre les communes et les centres auxquels elles sont allouées. Nous ajoutons les communes sélectionnées en tant que points potentiels à la liste issue de la première étape.

L'application du modèle P-centre est en annexe G et les résultats sont attachés en annexe H

1.3. Troisième étape : la sélection

La liste des points potentiels étant établie, il s'avère nécessaire de faire une sélection pour en réduire le nombre car les modèles traitant les problèmes de localisation-allocation étant NP difficiles, leur résolution est fortement affectée par le nombre de points potentiels fourni au modèle.

Cette sélection a été faite selon des critères qualitatifs validés par la direction commerciale et qui sont :

- La proximité à l'autoroute Est-Ouest : Ce critère a été retenu dans le but d'optimiser les durées et les longueurs des trajets.
- L'Existence d'une zone industrielle : ce critère a été retenu pour répondre aux besoins en infrastructure.
- Le nombre de la population : ce critère a été retenu pour répondre aux besoins de la main d'œuvre des nouveaux centres de distribution.

Notons que dans le cas où deux points très proches sont sélectionnés, nous gardons celui qui satisfait au mieux les critères.

2. Le géocodage des communes et des points potentiel

Pour avoir les coordonnées géographiques des communes c'est-à-dire leur localisation en longitude et en latitude, nous avons fait appel à l'API¹ de Google Maps à l'aide d'un script programmé en JavaScript. Le script permet de : récupérer les noms des communes d'une feuille « Google Spread Sheet » dans laquelle nous avons mis tous les noms des communes recherchés, effectué une recherche sur ces communes l'une après l'autre en contactant l'API, et affiché les résultats de la recherche sur la même feuille.

La figure 20 représente le résultat obtenu sur la feuille Google Spread Sheet, le code JavaScript est en annexe F

	A	B	C	D	E	F
1	Nom de la commune	Formatted Adresses	Latitude	Longitude	Type	Warning
2	Mostaganem wilaya de mostaganem Algérie	Mostaganem, Algeria	36,0131235	0,1401381	locality	
3	Ain Tedles wilaya de mostaganem Algérie	Ain Tedeles, Algeria	35,9965198	0,2948797	locality	
4	Sidi Ali wilaya de mostaganem Algérie	Sidi Ali, Algeria	36,0967786	0,4148744	locality	
5	Achaacha wilaya de mostaganem Algérie	Achaacha District, Algeria	36,2437869	0,6334462	locality	
6	Sidi Lakhdar wilaya de mostaganem Algérie	Sidi Lakhdar, Algeria	36,1618701	0,4431618	locality	

Figure 20 Capture d'écran du résultat du géocodage sur Google Spreadsheet

¹API : Application Programming Interface, ou interface de programmation est une façade clairement délimitée par laquelle un logiciel offre des services à d'autres logiciels.

Nous avons introduit dans la première colonne les noms des communes et la wilaya de chaque commune ainsi que le nom du pays qui est l'Algérie, pour délimiter la zone géographique dans laquelle la recherche va être effectuée afin d'éviter les erreurs liées à une similitude de noms. Les résultats sont affichés dans les colonnes C, D et E (figure 20).

3. Calcul du nombre de van

En supposant qu'au début de la journée le van se trouve chez le premier client, et vu que le van travaille 8 heures par jour et que le temps moyen pour livrer un client est de 13 minutes (ce temps comprend le temps de trajet entre deux clients, le temps de stationnement, le temps de vente et le temps de déchargement), théoriquement, le nombre de clients desservis dans la journée par le van sera égale à : $\frac{480 (8\text{heure})}{13} \approx 37 \text{ clients}$.

Or le nombre de clients qui peut être livré par le van et par jour varie d'une commune à une autre en fonction de la distance entre cette dernière et son centre de distribution. En effet, pour chaque kilomètre parcouru du centre vers la commune, le van perd un temps pendant lequel il ne va pas livrer. Le nombre de clients qui ne seront pas livrés par le van pour chaque kilomètre parcouru a été calculé précédemment (Chap.III paragraphe III.7.) soit 0.092 client/kilomètre. Ce nombre multiplié deux fois par la distance (Aller-retour) entre la commune et son centre de distribution, donne le nombre de clients qui ne seront pas livrés à cause du temps perdu dans le trajet soit : $0.0923 * 2 * DC_{ij}$

Ainsi le nombre de clients qui peuvent être livrés par le van chaque jour pour chaque commune sera égale au nombre de clients théoriques qui peuvent être servis dans la journée par le van, moins celui des clients qui ne peuvent pas être livrés à cause du temps perdu dans le trajet soit : $37 - 0.0923 * 2 * DC_{ij}$

Le nombre de van nécessaires pour livrer une commune est un rapport entre le nombre de clients dans cette commune et le nombre de clients que le van peut livrer par jour.

$$\frac{\text{nombre de clients de la commune}}{\text{nombre de client que le van peut livrer par jour}}$$

Donc le nombre de van nécessaire pour livrer toutes les communes chaque jour est égal à la somme des nombres de van nécessaires pour livrer chaque commune.

$$\sum_{\text{communes}} \frac{\text{nombre de clients de la commune}}{\text{nombre de client de la commune que le van peut livrer par jour}}$$

Ce nombre sera divisé par 6 pour avoir le nombre de van nécessaire dans le réseau de distribution, vu que chaque van est opérationnel 6 jours par semaine et que chaque client doit être livré une fois par semaine.

4. Choix des logiciels

En se basant sur le modèle mathématique développé au chapitre III, il s'agira, dans cette partie, de présenter les résultats obtenus pour différents cas d'étude. Pour ce faire, le solveur CPLEX a été utilisé, ce choix étant motivé par le fait que la résolution du modèle proposé est impossible en utilisant le solveur de Microsoft Excel, ceci en raison de la présence de variables binaires et

du grand nombre de données. De plus, le solveur CPLEX délivre une solution exacte sans avoir recours à des heuristiques ou des méta-heuristiques. Aussi l'utilisation de ce solveur requière la maîtrise de la programmation mathématique sous le langage « OPL », un langage dérivé du langage primaire C++ que nous maîtrisons.

Cependant, le solveur CPLEX ne propose pas d'interface graphique riche ; les résultats sont présentés sous forme de tableau et ne permettent aucun calcul, aussi, le tableur Excel a été utilisé comme interface pour l'analyse des résultats obtenus.

5. Présentation des résultats et discussion

Les résultats présentés ne traitent que le problème de localisation-allocation pour la région Ouest du réseau de distribution. Cette région compte quatre centres de distribution sept wilayas (Oran, Tlemcen, Sidi Bel Abbes, Mascara, Relizane, Ain Temouchent et Mostaganem) avec deux cent trente et une (231) communes contenant sept mille cent trente-quatre (7134) points de vente.

Le choix de ne traiter que la région ouest est justifié par le fait que les problèmes de localisation-allocation faisant partie de la classe des problèmes NP-difficiles, leur résolution devient impossible lorsqu'ils sont de grande taille. De plus, l'information sur les points de vente étant stratégique, il n'a pas été possible d'accéder à la base complète ; nous avons donc retenu la partie ouest car, comme vu dans le chapitre I, les centres de distribution actuels dans cette région ont tous un taux « charges / Chiffre d'affaire » supérieur à douze pour cent (12%) c'est-à-dire supérieur à l'objectif fixé par Nestlé Maghreb pour Nestlé Algérie.

L'étude a été menée pour les scénarii suivants :

- Allocation des communes aux centres de distribution existants.
- Sauvegarde du centre de distribution d'Oran et ouverture d'autres centres de distribution.
- Ouverture libre de centres de distribution.

A noter :

La valeur du taux « Charges / Chiffre d'affaire » étant confidentielle, la valeur de ce dernier a été multipliée par un facteur afin de pouvoir présenter les résultats de notre étude.

5.1. Allocation des communes aux centres de distribution existants

Nous avons constaté (Chap I, § 2.3.5) que les centres de distribution de la région Ouest avaient un taux « Charges / CA » supérieur à 12%. Afin de remédier à cette situation, le modèle développé a été mis en œuvre pour allouer les communes des six wilayas considérées. Actuellement, les quatre centres de distribution livrent avec trente (30) Vans qui ne couvrent pas la totalité des communes des six wilayas à cause de l'éloignement de celles-ci.

Nous avons procédé à l'affectation des 231 communes aux centres de distribution actuels puis avons analysé les résultats obtenus ; ils sont présentés dans la partie qui suit.

5.1.1. Distance

Le tableau 7 résume les résultats concernant l'éloignement des clients alloués aux centres de distribution.

Tableau 8 Synthèse de la dispersion des clients pour le scénario 1

Localisation	<50 Km	50Km: 70Km	70Km: 80Km	>80Km
Oran	35,65%	0,14%	0,00%	0,00%
Sidi Bel Abbes	17,73%	2,16%	0,00%	0,27%
Tlemcen	14,98%	1,81%	0,22%	0,00%
Mascara	11,76%	8,38%	1,15%	5,75%
Somme	80,12%	12,49%	1,37%	6,01%

Il est à noter que 92,6 % des clients sont à moins de 70Km du centre de distribution auquel ils sont alloués ce qui, selon les superviseurs, est une distance acceptable.

Autres résultats notables :

- La distance la plus grande séparant un centre de distribution et une commune livrée par ce dernier est de 118 Km.
- La distance moyenne entre un centre de distribution et une commune qu'il livre est de 41 Km et la moyenne des écarts à cette distance moyenne est de 21 Km.

5.1.2. Ratio « Coûts/CA »

L'objectif de ce travail étant de réduire le ratio « Coûts/CA », nous avons estimé les valeurs de ce ratio après la reconfiguration du réseau de distribution ; ce ratio a été calculé dans le cas où les centres de distribution livrent tous les clients qui leur sont alloués, puis ce même ratio a été calculé dans le cas où les centres ne livrent que les clients se trouvant dans un rayon de 50Km et de 70Km. Les résultats sont résumés dans le tableau 9 :

Localisation	NNS	Van <50	NNS<50	van <70	NNS <70
1	2,557%	12	2,567%	1	2,755%
2	3,041%	6	3,057%	2	3,438%
5	2,698%	5	2,592%	1	2,734%
6	3,289%	4	2,743%	4	3,008%
	2,876%	27	2,706%	8	2,953%

On remarque qu'avec cette configuration, le ratio est inférieur à 12% pour les centres d'Oran et de Tlemcen.

Le ratio pour le centre de distribution de Mascara peut être réduit à 10,972% dans le cas où il ne livre que les clients se trouvant à moins de 50Km, cette réduction est logique étant donné que le nombre de vans se trouve réduit de deux tiers par rapport au cas où il livre la totalité des clients qui lui sont affectés. Ce dernier cas n'est pas à exploiter car le nombre de clients situés à plus de 50Km est de 1090, ce qui est considérable en termes de chiffre d'affaire.

Par contre, si nous considérons que le centre de distribution de Mascara ne livre que dans un rayon inférieur à 70Km, le ratio est de 12,032%, et le centre livrera 75% des clients qui lui ont été affectés initialement par le modèle mathématique, ce qui est considéré comme acceptable. Cette nouvelle affectation des clients permet donc la réduction du ratio Coûts/CA pour tous les centres de distribution actuels. Une comparaison des valeurs du ratio pour chaque centre de distribution avant et après la reconfiguration est synthétisée dans le tableau 10.

Tableau 9 Comparaison des valeurs du ratio avant et après reconfiguration

Localisation	Ratio Avant reconfiguration	Ratio après reconfiguration
Oran	13,720%	10,228%
Sidi Bel Abbes	12,720%	12,164%
Tlemcen	16,320%	10,792%
Mascara	21,480%	12,032%

5.2. Sauvegarde du centre d'Oran

Le cas traité dans ce scénario est justifié par la criticité de cette Wilaya et précisément de la commune d'Oran. En effet, le nombre de clients dans la commune d'Oran seule, représente plus de 16% du nombre de total de clients de la région Ouest et, les clients de la wilaya, représentent plus de 35% du total de la région. À cet effet, le centre de distribution d'Oran est maintenu ouvert pour être proche de l'importante demande de cette wilaya et la satisfaire. De plus, nous laissons le modèle, choisir les localisations des autres centres de distribution ainsi que les affectations des communes à chaque centre de distribution ouvert. Pour la résolution, le nombre de centres de distribution à ouvrir P est testé de P=2 jusqu'à P=6 afin de déterminer le nombre et la localisation optimaux de ces centres.

Le choix de la configuration optimale se fait sur plusieurs critères classés selon leur importance. Le premier critère est le ratio coûts/chiffre d'affaire des centres de distribution, pour lequel tous les cas possibles sont considérés. Si ce ratio est inférieur à la limite permise alors le deuxième critère, qui est le nombre de clients couverts est testé afin d'identifier la meilleure configuration.

Tableau 10 Valeurs Coût/CA scénario 2

Nombre de CD	P=2	P=3	P=4	P=5	P=6
CD1	14,680%	11,280%	10,760%	11,000%	10,360%
CD2	11,640%	13,640%	13,200%	13,560%	12,760%
CD3	X	12,520%	12,440%	12,720%	12,720%
CD4	X	X	12,800%	12,440%	11,160%
CD5	X	X	X	11,240%	11,240%
CD6	X	X	X	X	16,880%

A première vue, aucune configuration ne sera retenue pour ce scénario. L'analyse a alors été approfondie pour explorer toutes les pistes possibles pour ce scénario. Les ratios coûts/CA dans le tableau 10 sont calculés pour une couverture totale des clients quelle que soit la distance entre les clients (et donc leurs communes) et le centre de distribution auquel ils sont affectés. Nous avons recalculé ces ratios pour chaque valeur de P en fonction de la distance entre le centre et les clients. En d'autres termes, quel serait le ratio si le centre ne livrait seulement que les clients distants de 50 Km et 70 Km au maximum. Le tableau 12 représente les ratios recalculés pour le cas de P=3.

Tableau 11 valeurs Coûts/CA pour P=3 selon les zones de livraison

	Ratio (<50 km)	% de client couvert	Ratio (<70 km)	% de client couvert
CD1	10,760%	92,4%	10,640%	100,00%
CD2	12,240%	74,8%	11,560%	86,83%
CD3	11,640%	79,6%	11,760%	97,15%

Note : le choix des distances a été fait selon le temps de trajet : 50km soit 1h de trajet et 70km soit 1h30 de trajet.

Après avoir recalculé les ratios pour les différents rayons de couverture, la meilleure solution est sélectionnée selon les deux critères. Le tableau 13 représente la configuration optimale pour P=3 :

Tableau 12 Meilleure Configuration pour P=3

	Coûts/CA	% de couverture	Zones de couverture
CD1	11,280%	100%	Totale
CD2	11,560%	87%	< 70km
CD3	11,760%	97%	< 70km
Moyenne	11,520%	95%	

Le même raisonnement a été mené pour toutes les valeurs de P, $P \in [2, 6]$. Le tableau 14 regroupe les résultats obtenus.

Tableau 13 Amélioration de la solution initiale pour scénario 3

Nombre de CD		P=3	P=4
Coûts/CA	CD1	11,280%	10,760%
	CD2	11,560%	12,000%
	CD3	11,760%	9,240%
	CD4	X	9,680%
	CD5	X	X
	CD6	X	X
Ratio région ouest		11,520%	10,480%
Taux de couverture		95%	99%

Les seules valeurs de P qui donnent une configuration qui satisfait le critère du ratio coût/CA, sont P=3 et P=4, pour lesquelles nous avons choisi la solution optimale selon le deuxième critère.

D'après le tableau précédent, la solution optimale selon les deux critères de choix est celle de P=4, en couvrant 99% des clients avec un ratio de 10,480%

5.3. Scénario sans contrainte de sauvegarde

Ce scénario traite une localisation des centres de distribution parmi un panel présélectionné de points potentiels, sans contraintes de sauvegarde d'un ou de plusieurs centres actuels.

En permettant ainsi un degré de liberté décisionnelle maximale au modèle, il pourra fournir la configuration optimale de la région Ouest et avoir une affectation précise des communes aux centres de distribution. Le programme mathématique est exécuté sur CPLEX pour différentes valeurs de P et les résultats sont discutés selon les critères de sélection de la meilleure solution ou bien de la configuration optimale.

Le tableau 15 représente les ratios coûts/CA des centres de distribution calculés pour une couverture totale des clients, et ce pour chaque valeur de P.

Tableau 14 Valeurs Coût/CA scénario 3

Nombre de CD		P=2	P=3	P=4	P=5	P=6
Coûts/CA	CD1	14,320%	12,880%	12,320%	10,360%	9,520%
	CD2	12,200%	10,800%	10,600%	12,440%	10,760%
	CD3	X	11,320%	10,680%	11,520%	11,240%
	CD4	X	X	11,880%	11,120%	9,440%
	CD5	X	X	X	8,440%	7,800%
	CD6	X	X	X	X	13,240%

Les tableaux 16 et 17 présentent les ratios calculés pour un rayon de couverture de 50 Km et de 70 Km respectivement, c'est-à-dire que les centres ne livrent que les clients distants de 50 Km et de 70 Km au plus.

- R= 50 Km

Tableau 15 Valeurs Coût/CA scénario 3 avec R<50Km

Nombre de CD		P=2	P=3	P=4	P=5	P=6
Coûts/CA	CD1	15,040%	13,720%	12,560%	10,280%	10,360%
	CD2	12,680%	17,920%	11,840%	13,840%	11,240%
	CD3	X	12,920%	10,240%	12,520%	12,520%
	CD4	X	X	11,880%	12,240%	12,760%
	CD5	X	X	X	15,000%	15,000%
	CD6	X	X	X	X	16,880%

- R= 70 Km

Tableau 16 Valeurs Coût/CA scénario 3 avec R<70Km

Nombre de CD		P=2	P=3	P=4	P=5	P=6
Coûts/CA	CD1	14,600%	14,000%	12,480%	11,000%	10,360%
	CD2	13,200%	12,640%	12,040%	13,760%	13,000%
	CD3	X	13,520%	10,800%	12,720%	14,240%
	CD4	X	X	11,880%	12,640%	13,080%
	CD5	X	X	X	18,080%	18,080%
	CD6	X	X	X	X	16,880%

D'après les trois tableaux précédents, aucune solution ne permet d'avoir une configuration dont tous les centres de distribution ont un ratio de coûts/CA en dessous de la limite permise. La satisfaction de ce critère étant nécessaire pour notre étude, aucune configuration parmi celles proposées par le modèle ne sera retenue pour ce scénario.

Pour remédier à cette situation nous proposons deux améliorations qui pourraient éventuellement fournir des solutions satisfaisant la condition sur le ratio coût/CA.

La première consiste à appliquer un modèle P-Centre, puis à introduire le résultat de ce dernier comme contrainte dans le modèle développé au chapitre III.

La seconde solution consiste à définir des facteurs de pondération pour chaque commune en fonction du nombre de points de vente existant dans celle-ci.

Dans la partie qui suit, les modifications sur le modèle développé sont mises en œuvre et les résultats obtenus sont analysés.

5.4. Amélioration de la solution par un modèle P-centre

Dans l'optique d'améliorer les solutions proposées et de rapprocher au maximum les clients des centres de distribution qui les livrent, un modèle P-centre a été appliqué, afin de déterminer la combinaison optimale qui minimiserait la distance maximale entre les centres de distribution et les clients qui leurs sont affectés.

Ce modèle présente l'avantage de fournir en sortie le minimum de la distance séparant un centre de distribution et le client le plus éloigné lui étant affecté ; cependant l'allocation des autres clients n'est pas optimale au sens de la distance. C'est pourquoi ce modèle a été utilisé pour déterminer cette distance maximale qui est introduite comme paramètre dans la contrainte qui suit :

$$\sum_{j \in J} DC_{ij} x_{ij} \leq D_{max} \quad \forall i \in I$$

Cette contrainte assure que la distance entre un centre de distribution et un client qui lui est alloué ne dépasse pas une distance D_{max} ; elle est ensuite introduite dans le modèle développé au chapitre II afin d'avoir en sortie l'allocation optimale des clients.

La formulation du modèle P-centre est donnée en annexe D.

Le schéma de la figure suivante explique la démarche utilisé pour la résolution en utilisant le modèle P-centre :

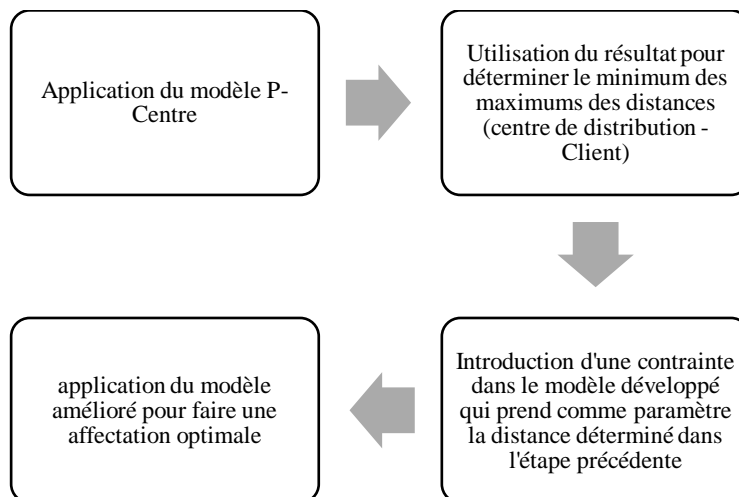


Figure 21 Schéma explicatif de la démarche de résolution utilisant le modèle P-centre

Pour la résolution, la valeur de P (nombre de centres de distribution à ouvrir) varie de 2 jusqu'à 6. Les résultats obtenus sont présentés dans ce qui suit.

Dans cette partie nous nous intéressons à la dispersion des clients pour chaque valeur de P ; les résultats obtenus sont synthétisés dans le graphe de la figure 21

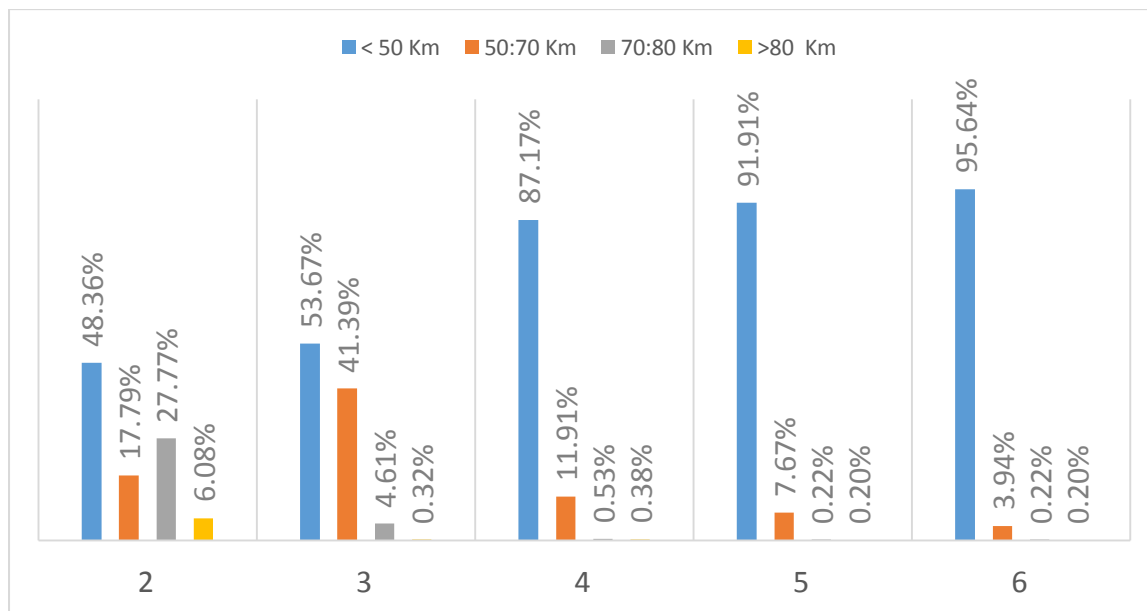


Figure 22 Dispersion des clients : scénario 3

Comme on peut le remarquer, à partir de P=4 (en abscisse), 99% des clients se trouvent à moins de 70 Km du centre de distribution auquel ils sont affectés, c'est-à-dire à moins d'une heure trente minutes. Ce résultat est confirmé par le fait que la solution en termes de distance maximale ne s'améliore plus à partir de P=4. En effet, la valeur de la distance maximale n'évolue plus pour les valeurs de P supérieures à 4 comme illustré dans le tableau 18.

Tableau 17 Principales valeurs concernant l'éloignement des clients scénario 4

P	2	3	4	5	6
Distance maximal(Km)	113Km	91Km	85Km	85Km	85Km
Distance moyenne(Km)	48Km	41Km	37Km	32Km	29Km
Ecart moyen à la moyenne(Km)	17Km	15Km	15Km	14Km	14Km

Avec :

- P : le nombre de centres de distribution à ouvrir.
- Distance maximale : La plus grande des distances entre les centres de distribution et les clients.
- Moyenne de distance : la moyenne des distances entre les centres de distribution et les clients qu'ils livrent.

Ecart moyen à la moyenne : la moyenne des écarts entre les distances « clients-centre de distribution » et la distance moyenne.

Comme pour les scénarios précédents, le ratio Cout/ CA a été calculé pour les différentes valeurs de P afin de déterminer la configuration la plus avantageuse pour ce scénario. Les résultats sont présentés dans le tableau qui suit :

Tableau 18 Valeurs Coût/CA scénario 4

Nombre de CD		P=2	P=3	P=4	P=5	P=6
Coûts/CA	CD1	13,628%	11,640%	11,168%	11,068%	10,152%
	CD2	13,280%	13,224%	11,660%	11,220%	11,220%
	CD3	X	11,292%	9,952%	9,952%	10,360%
	CD4	X	X	11,904%	9,904%	9,904%
	CD5	X	X	X	12,128%	12,656%
	CD6	X	X	X	X	11,468%
Ratio région ouest		13,628%	11,640%	11,168%	11,068%	10,152%

Ces valeurs peuvent être améliorées en décidant de ne livrer que les clients se trouvant à moins de 50 Km ou à moins de 70 Km. Cette décision devra être prise pour chaque centre de distribution ouvert pour toutes les valeurs de P. Ces améliorations sont résumées dans le tableau 20.

Tableau 19 Amélioration de la solution initiale pour scénario 4

Nombre de CD		P=2	P=3	P=5
Coûts/CA	CD1	11,592%	11,640%	11,068%
	CD2	13,280%	12,548%	11,220%
	CD3	X	11,292%	9,952%
	CD4	X	X	9,904%
	CD5	X	X	11,648%
	CD6	X	X	X
Ratio région ouest		12,436%	11,824%	10,756%
Taux de couverture		73%	96%	99%

Le premier constat est que l'ouverture de deux centres de distribution ne permet pas de se maintenir en dessous du seuil toléré par l'entreprise. De plus, la situation la plus avantageuse pour ce nombre de centres de distribution implique la non livraison de 2415 clients sur un total de 7134 ce qui représente un tiers des clients.

L'ouverture de cinq (5) centres de distribution permet la minimisation de ce ratio en minimisant le nombre de clients perdus à 14, ce qui est négligeable.

Les solutions alors retenues dans ce scénario sont P=4 et P=5, le choix se fera par l'entreprise selon ses priorités.

5.5. Solution avec pondération des communes

Il est évident que les communes ne représentent pas toutes la même importance en termes de nombre de clients. C'est pour répondre à cette contrainte qu'une constante « Poids_i » a été introduite dans le dernier terme de la fonction objectif afin de pondérer les distances séparant les communes et les points potentiels. La formulation de la fonction objectif devient alors :

$$\begin{aligned}
 \text{Min} \sum_{j \in J} y_j [& (DD_{0j} C_{0j} \sum_{i \in I} \sum_{k \in K} x_{ij} a_{ik}) + (CAP_j CF_j + CE \sum_{i \in I} \sum_{k \in K} a_{ik} x_{ij}) \\
 & + \sum_{i \in I} 2 DC_{ij} \mathbf{Poids}_i P_{km} x_{ij}]
 \end{aligned}$$

Le choix des coefficients de pondération a été fait sur la base d'une classification de Pareto (ABC). Les communes faisant partie de la classe A abritent 80% des clients de la région Ouest et ont un coefficient de pondération égal à 0.8, celles de la classe B contiennent 15% des clients et ont un coefficient de 0.15 enfin, le reste des clients (5%) sont dans les communes de la classe C et prennent comme coefficient de pondération 0.05.

Comme pour les scénarii précédents, la valeur de P varie de à 6 ; les résultats obtenus sont résumés dans la partie qui suit.

Ce scénario a pour objectif de rapprocher au plus les clients des centres de distribution auquel ils sont affectés ; le constat qui ressort lors de l'analyse des distances est qu'à partir de P=3, 98% des clients se trouvent à moins de 70Km (1h30min) du centre de distribution qui les livre (figure 23) ; ceci est un point positif car dans le business du FMCG² la proximité des clients est un avantage concurrentiel. ; Nous pouvons remarquer que la distance maximale n'évolue plus à partir de P=5, autrement dit, 93Km est la plus petite valeur que la distance maximale peut prendre. Le tableau 21 reprend les principaux résultats :

Tableau 20 Principales valeurs concernant l'éloignement des clients scénario 5

P	2	3	4	5	6
Distance maximum (Km)	130	114	95	93	93
Distance moyenne (Km)	48,83117	39,79654	35,93074	33,31169	30,03896
Ecart moyen à la moyenne (Km)	19,66301	15,10287	15,34735	16,55265	14,41783

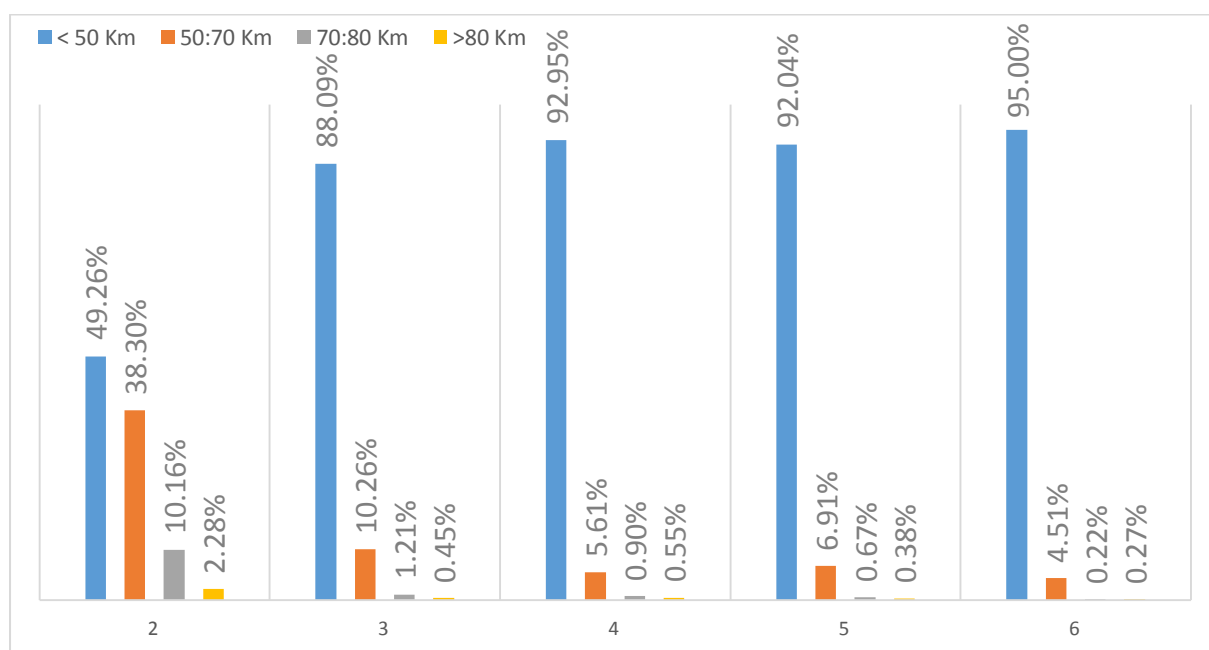


Figure 23 Dispersion des clients scenario 4

Comme pour les autres scénarii, les résultats seront principalement jugés sur la base des valeurs du ratio Coûts/ CA, ce ratio représentant le support de décision principal pour les directeurs

² FMCG : Fast-Moving Consumer Goods

commercial et supply chain de Nestlé Algérie. Le tableau 22 présente les résultats obtenus pour les différentes valeurs de P.

Tableau 21 Valeurs Coût/CA scénario 5

Nombre de CD		P=2	P=3	P=4	P=5	P=6
Coûts/CA	CD1	14,184%	12,304%	9,992%	10,104%	9,700%
	CD2	12,960%	12,464%	11,976%	10,348%	10,756%
	CD3	X	12,324%	11,672%	9,284%	11,092%
	CD4	X	X	10,712%	13,488%	9,284%
	CD5	X	X	X	11,672%	10,828%
	CD6	X	X	X	X	13,576%
Ratio région ouest		13,764%	12,356%	10,940%	10,664%	10,420%

Cette première analyse permet de retenir le cas de quatre centres de distribution (P=4). Cette configuration garantit une couverture totale des clients de la région Ouest tout en assurant que le ratio Coûts/CA est en dessous du seuil permis par l'entreprise.

Cette analyse a ensuite été approfondie afin de voir si une réduction du taux de couverture des centres de distribution dans les autres cas ne permettrait pas d'obtenir une valeur inférieure pour ce ratio. Les améliorations apportées sont présentées dans le tableau 23.

Tableau 22 Amélioration de la solution initiale pour scénario 5

Nombre de CD		P=2	P=3
Coûts/CA	CD1	13,764%	11,196%
	CD2	11,164%	11,716%
	CD3	X	11,876%
Ratio région ouest		12,808%	11,700%
Taux de couverture		88%	98%

En ne livrant que les clients à moins de 70Km pour les trois centres de distribution pour P=3, il est possible de réduire la valeur du ratio Coûts/CA à moins de 12% pour tous les centres et ainsi la valeur du ratio total, il reste alors à juger entre les configurations à 3 et à 4 centres de distribution.

6. Comparaison des résultats

Dans cette partie les résultats obtenus seront comparés sur la base des différents coûts que l'entreprise aura à subir en choisissant une configuration. Cette comparaison se fait entre les configurations dont le ratio Coût/CA est en dessous de la limite tolérée.

On remarque d'après le graphe de la figure 23, que la configuration à quatre centres de distribution (P=4) en prenant en compte la pondération des communes et, la configuration à cinq centres de distribution (P=5) obtenue après l'utilisation du modèle P-centre sont les configurations optimales d'un point de vue des coûts de vans.

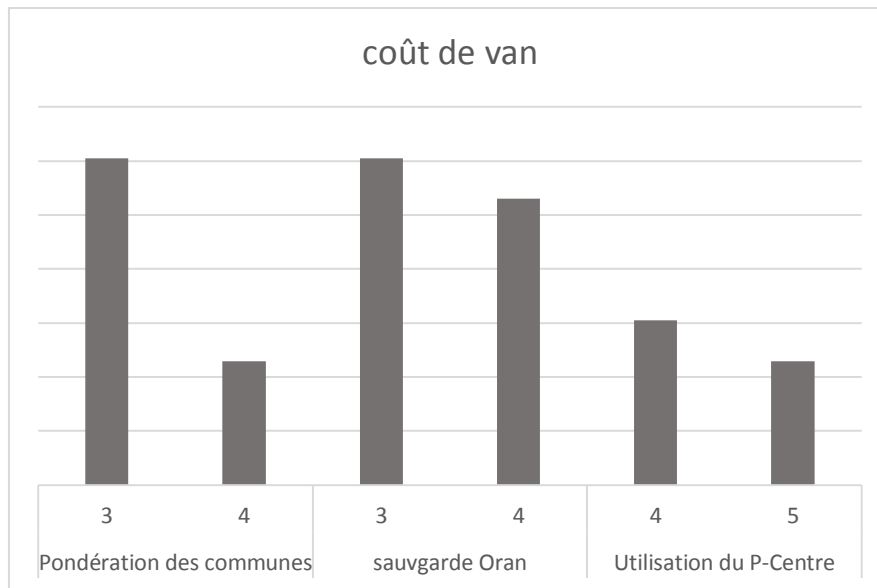


Figure 24 Diagramme représentant les coûts de van

Si par contre, on considère les coûts de transport amont (c'est-à-dire du dépôt central de l'entreprise vers les centres de distribution) alors la configuration avec trois centres (P=3) en gardant le centre de distribution d'Oran actuel ouvert est celle qui minimise ce coût de transport.

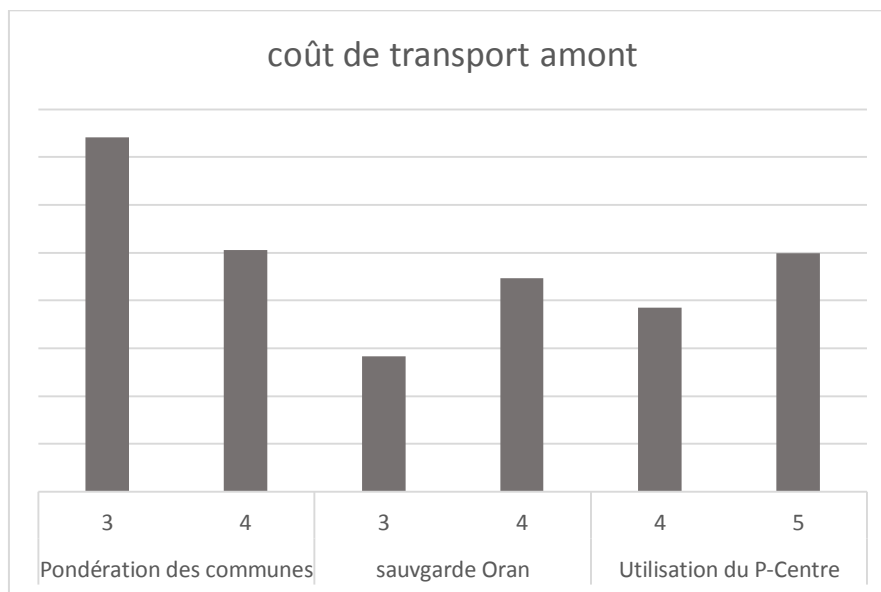


Figure 25 Coût de transport amont

En revanche si on considère les coûts d'entrepôt (manutention et entreposage), il est impossible de faire un choix uniquement en prenant en compte ce critère. En effet, d'après le graphe 25, on remarque que le coût d'entrepôt est approximativement identique pour toutes les configurations, sauf pour la configuration avec cinq centres de distribution (P=5) obtenue après l'optimisation du modèle P-centre où ce coût est beaucoup plus élevé. Ce résultat est tout à fait logique car une augmentation du nombre d'entrepôts implique qu'on ne puisse pas bénéficier d'économies d'échelles.

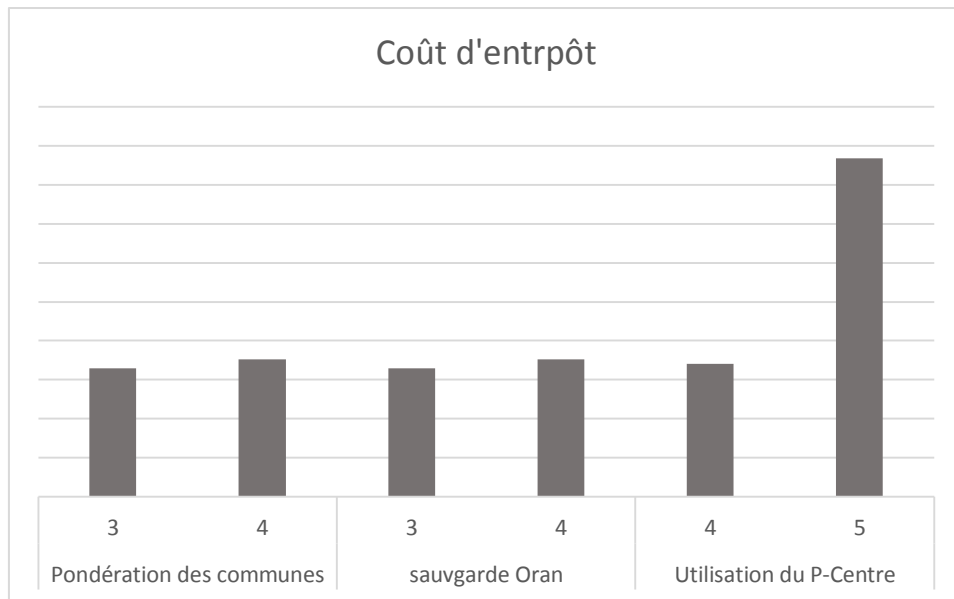


Figure 26 Coût d'entrepôt

Enfin, si on considère le coût logistique total (coût de transport amont+ coût d'entrepôt + coût de vans), ce sont les configurations à quatre (P=4) centres de distribution obtenue après pondération des communes et la configuration à cinq centres de distribution obtenue après l'optimisation du modèle P-centre qui sont optimales (voir graphe de la figure 26).

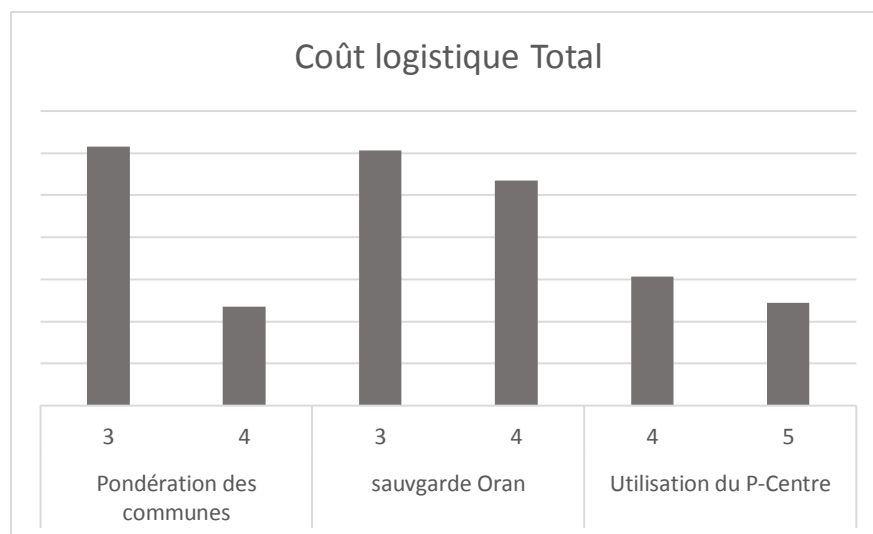


Figure 27 Coût logistique total

Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons dans un premier temps procédé au choix des différents emplacements potentiels des centres de distribution et au géocodage des points géographiques. Dans un second temps, nous avons déroulé plusieurs scénarii afin de procéder à la reconfiguration du réseau de distribution de Nestlé Algérie dans la région ouest ; ceci afin de répondre à la problématique énoncée dans le chapitre I.

Enfin, le ratio Coût/ Chiffre d'affaire pour chaque configuration a été calculé, puis plusieurs alternatives ont été proposées. Une étude comparative des différentes alternatives a été menée afin de fournir à Nestlé Algérie un support d'aide à la décision.

Conclusion générale

La localisation d'infrastructures logistiques est une décision critique que les entreprises sont amenées à prendre afin d'assurer l'efficacité des opérations logistiques. Des entrepôts mal implantés peuvent être la cause d'un surcoût du réseau de distribution et un niveau de service médiocre, ceci même si la politique de stockage et les opérations de transport sont parfaitement optimisées. Pour ce faire des modèles mathématiques sont utilisés pour déterminer la configuration optimale des réseaux de distribution. Cependant la complexité de ces derniers oblige à ne modéliser qu'une partie du réseau traité.

C'est dans ce cadre que s'inscrit le présent travail dont l'objectif était de répondre au besoin d'amélioration du réseau de distribution de Nestlé Algérie, plus précisément celui de la direction commerciale. .

Dans un premier lieu un diagnostic approfondi a été mené pour déterminer les anomalies présentes sur le réseau de distribution A cet effet, des entretiens ont été tenus avec plusieurs collaborateurs, ceci pour prendre connaissance de la structure actuelle du réseau et de ses différentes parties prenantes ainsi que des pratiques opérationnelles de ces dernières.

Ce diagnostic a conduit vers la piste des coûts supportés par l'entreprise pour l'exploitation de son réseau de distribution actuel cette piste a été confirmée par la volonté de la direction commerciale à maintenir le ratio « Coûts/ Chiffre d'affaire » des centres de distribution en dessous de la limite tolérée par l'entreprise.

Plusieurs axes d'amélioration ont été mis en évidence dont la reconfiguration du réseau de distribution ; cet axe a un double objectif : la réduction des coûts de distribution et la maximisation du taux de couverture de l'entreprise.

Cette problématique a été abordée par une approche utilisant la recherche opérationnelle. En effet, c'est par la conception d'un modèle mathématique – en tenant compte des coûts de transport amont des centres de distribution (coût de transport de l'entrepôt centrale vers les centres de distribution), des coûts d'entreposage dans les centres de distribution, des coûts d'exploitation de ceux-ci et de la distance séparant les centres de distributions et leurs clients – que cette problématique a été traitée.

Par la suite, une application de ce modèle a été faite pour la région Ouest de l'Algérie, où plusieurs scénarios ont été traités à savoir :

- Allocation des communes aux centres de distribution existants actuellement.
- Sauvegarde du plus grand centre de distribution actuel de la région Ouest et ouverture d'autres centres de distribution.
- Optimisation du réseau sans contrainte de sauvegarde.

Deux ajustements ont été effectués sur ce dernier cas afin d'améliorer les résultats obtenus.

Le premier consiste à utiliser un modèle P-centre pour déterminer la distance maximale entre une commune et son centre de distribution, puis introduire cette distance dans le modèle développé.

Le second, appréhende la problématique en intégrant des pondérations pour différencier l'importance donnée à chaque commune, cette importance est considérée en fonction du nombre de points de vente présents dans une commune.

Après calcul des ratios pour chaque cas, les différentes solutions ont été présentées pour que les décideurs de Nestlé Algérie utilisent ce support afin de diriger leur décision.

Toutefois, il est essentiel de préciser que cette étude présente quelques limites dues à la complexité des problèmes de localisation-allocation. Tout d'abord, la considération des clients comme étant des communes diminue la précision des résultats.

Ensuite, la demande est considérée comme étant déterministe ce qui n'est pas le cas réellement. Enfin la considération de distances orthodromique ne permet pas une estimation réelle du temps de trajet et de la spécificité géographique de la région. Cependant le développement d'un programme qui a pour but l'extraction des distances réelles a été entamée afin de remédier à ce dernier point.

Pour finir, il a été jugé utile de mettre en évidence quelques perspectives sur lesquelles il serait éventuellement intéressant de mener une étude lors de travaux futurs:

- La première consiste à traiter le problème du choix de l'entreprise de distribution qui prendra en charge l'aspect opérationnel de la distribution (Gestion de centre de distribution et livraison) ; ce dernier pourra éventuellement être abordé par la conception d'un modèle multicritère.
- La deuxième proposition est celle de l'optimisation des tournés de véhicule, cette problématique est la suite du travail effectué dans le présent projet.
- La troisième piste consiste en la proposition d'un modèle de réapprovisionnement des centres de distribution ceci pour optimiser les espaces de stockage et limiter les risques de rupture et d'obsolescence des produits.

Pour conclure, ce travail a été pour nous une expérience enrichissante qui nous a permis d'appliquer les connaissances acquises lors des enseignements qui nous ont été dispensés au cours de notre formation d'ingénieur. Tous au long de sa réalisation nous avons pu développer de nouvelles connaissances, ainsi que notre esprit d'analyse.

Nous avons aussi eu l'occasion de prendre connaissance des spécificités du marché de l'agroalimentaire en Algérie, précisément celles concernant la distribution des produits agroalimentaires. Nous avons eu l'opportunité de travailler avec une équipe expérimentée, qui a su nous transmettre les informations dont on avait besoin pour mener à bien notre projet.

Enfin, cette immersion dans le monde professionnel, notre confrontation à une problématique de l'envergure de celle traitée dans ce présent rapport, ainsi que la proposition de solutions aussi stratégiques ont contribué à faire de ces derniers mois d'études, une expérience unique et riche en apprentissage.

Bibliographie

- Baray J. *Localisation commerciale multiple: une application du traitement du signal et du modèle p-médian au développement d'un réseau de magasins de produits biologiques*. Thèse de doctorat, Université de Rennes 1, France, 2002.
- Beamon. C, Benita. M. «Supply chain design and analysis : models and methods.» *international journal of production economics*, n° 55: 281-294. Department of mechanical, industrial and nuclear engineering- University of Cincinnati, 1998
- Berman. O, Krass. D. «The generalized maximal covering location problem.» *Computers & Operations Research*, M5S, n° 29: 563-581, 2002
- Chopra, S. «Designing the distribution network in a supply chain.» Vol. E. n° 39. Pergamon, Northwestern, 2003.
- Christopher, M. «Logistics & supply chain management.» *Industrial marketing management*, 116-120, Financial Times Prentice Hall 2011.
- Church R. L, Richard S. M. «Identifying Critical Infrastructure: The Median and Covering Facility Interdiction Problems.» *Annals of the Association of American Geographers*. 2004.
- Dablanc L. *L'entrepôt : Nouveau lieux, nouveau flux, les mobilités de l'avenir*, III, n° 22: Odil Jacob, 2015.
- Daskin. L, Mark. S. «Facility Location in Supply Chain Design.» Vol. 03. n° 10. Department of Industrial Engineering and Management Sciences, Northwestern, Décembre 2003.
- Eruguz, A. S. «Revue de Littérature sur le Problème de Localisation-Allocation.» *Master recherche en Genie Industriel*, Ecole Centrale de Paris, Paris 2010.
- Ghiani, G. *Introduction to Logistics systems management*. Second edition. Wiley, Calabria, 2012.
- Hälinen, H.M. *Understanding the concept of logistics cost in manufacturing*, Turku school of economics, Turkish 2015.
- Hammami, A. «Modélisation technico-économique d'une chaîne logistique dans une entreprise réseau.» *Thèse de doctorat*. Ecole Nationale Supérieure des Mines de Saint-Etienne, Université Laval, 2003.
- Hillier F .S, Lieberman G.J. *Introduction to operations research*.: McGraw-Hill, New York 2001.
- Hohmann, C. 2014. <http://christian.hohmann.free.fr/index.php/lean-entreprise/la-boite-a-outils-lean/422-la-methode-du-barycentre> (accès le Mai 2017).
- Lambert. D. M, Maetha. C. C. «Issues in supply chain management.» *Industrial marketing management*, 65-83, 2000

- Logistique-pour-tous. *logistique-pour-tous.fr*. 2014. <http://logistique-pour-tous.fr/1pl-2pl-3pl-4pl-choisir/> (accès Mai 2017).
- Magnan. F, Christian. A. *Distance à vol d'oiseau entre deux points*. 2003. <http://www.lacosmo.com/ortho/ortho.html> (accès Mai 2017).
- Martel, A. *Conception et gestion de chaines logistiques.*: Presses Universitaires de Grenoble, France, 1998.
- Mentzer J. T, Dewitt W, Keebler J. S, Soohong M, N.W. Nix, Définir le Supply Chain Management.
- Nestléa, *Chiffres d'Affaires (CA) & données financières* http://www.boursorama.com/bourse/profil/profil_finance.phtml?symbole=6pNESN accès Mai 2017.
- Nestléb <https://www.nestlemaghreb.com/aboutus/nestleenbref2>, 2013.
- Pernot, P. A. *Strategie d'une supply chain sous contraintes d'incertitude: affectation de la production et dimensionnement des ressources*, Thèse de Doctorat, Université Blaise Pascal, France, 2013.

Annexes

Annexe A :

Voici quelques dates clé du groupe Nestlé :

1866 : Les frères Charles et George Page, venus des États-Unis, contribuent à la réussite du lancement de la société Anglo-Suisse Condensed Milk. Ils utilisent les connaissances qu'ils ont acquises dans leur pays natal pour ouvrir la première fabrique européenne de lait condensé obtenu à partir de l'abondant lait suisse.

1867 : Henri Nestlé, un pharmacien allemand fondateur de Nestlé, commence à commercialiser sa farine lactée. Il allie lait de vache, farine de blé et sucre pour nourrir les nouveau-nés qui ne peuvent être allaités.

1905 : Anglo-Suisse et Nestlé fusionnent pour créer la Nestlé & Anglo-Suisse Milk Company.

1929 : La société rachète Peter-Cailler-Kohler, le plus grand fabricant suisse de chocolat. Le chocolat devient la plus grande part de la société Nestlé & Anglo-Suisse.

1938 : Nescafé est lancé comme « extrait de café pur en poudre », permettant de conserver le goût naturel du café tout en simplifiant la préparation puisqu'il suffit d'y ajouter de l'eau chaude.

1948 : Aux États-Unis, Nestlé Alimentana lance un thé soluble, Nestea, fabriqué selon le même procédé que Nescafé et qui peut être consommé aussi bien froid que chaud. Le chocolat en poudre Nesquik, que l'on dissout facilement dans du lait froid, est lancé aux États-Unis et rencontre un franc succès.

1969 : Nestlé intègre le segment des eaux minérales en rachetant la marque française Vittel.

1986 : L'histoire de Nespresso commence par une idée toute simple : tout le monde doit pouvoir déguster une tasse de café parfaite, comme celle que sait préparer tout bon barista.

1992 : Nestlé conforte sa position dans le secteur des eaux minérales en rachetant le groupe français Perrier.

1993 : La société Nestlé crée sa propre branche d'eaux minérales en fondant la Nestlé Sources Internationales, rebaptisée Nestlé Waters en 2002.

2000 : La Sustainable Agricultural Initiative at Nestlé (SAIN) voit le jour, pour renforcer la collaboration avec les agriculteurs sur place. L'objectif est d'améliorer leur niveau de vie et leur approvisionnement durable en matières premières.

2010 : Le Nestlé Coca Plan et le Nescafé Plan sont lancés pour développer des chaînes d'approvisionnement durable pour le cacao et le café, améliorer les conditions sociales des agriculteurs dans les communautés et assurer la durabilité de leur activité professionnelle.

2011 : C'est à Lausanne que Nestlé Health Science et le Nestlé Institute of Health Science voient le jour. La société prévoit d'y développer des produits nutritifs scientifiques afin de prévenir et de combattre les problèmes de santé chroniques.

Annexe B :
Liste des distributeurs classés par région :

Tableau B.I Liste des distributeurs classés par région

CODE Client	Wilaya	Région
3542232	Batna	EST
5094622	Annaba	EST
5051369	Jijel	EST
4345553	Constantine	EST
4412599	Sétif	CENTRE EST
4672950	B.B.Arreridj	CENTRE EST
5217588	BEJAIA	CENTRE EST
4769511	Alger	CENTRE
4936474	MASCARA	OUEST
4243388	Oran	OUEST
3587536	Sidi.Bel Abaas	OUEST
4832292	Tlemcen	OUEST
3955006	Blida	CENTRE OUEST
3575377	Chlef	CENTRE OUEST
5252316	TIZI	CENTRE OUEST

Pourcentage de la contribution des charges dans le total :

Tableau B.II Pourcentage des charges dans le total des coûts

	Total administration	Total logistique	Total vente
Oct-16	8%	22%	70%
Nov-16	8%	20%	72%
Déc-16	8%	21%	71%
Janv-17	8%	21%	71%
Févr-17	8%	20%	72%

Annexe C :

Programme pour transformation de données de ventes :

```
Private Sub Transformation ()
Dim i As Integer, t As Integer, s As Integer, j As Long
Application.ScreenUpdating = False
t = 2 ' les lignes du fichier initial
i = 9 ' les jours du fichier initial
j = 2 ' les lignes du fichier final
s = 1 ' les colonnes avant les jours des fichiers
' Workbooks("Initial").Worksheets(1).Range("A1:H1").Copy
' Workbooks("Final").Worksheets(3).Range("A1:H1").PasteSpecial
' Workbooks("Final").Worksheets("feuille3").Activate
Do While Workbooks("Initial ").Worksheets("feuille1").Cells(t, 1) <> ""
    Do While Workbooks("Initial").Worksheets("feuille1").Cells(1, i) <> ""
        Workbooks("Final").Worksheets("feuille3").Cells(j,9) = Workbooks("Initial ").Worksheets("feuille1").Cells(1, i)
        Workbooks("Final").Worksheets("feuille3").Cells(j,10) = Workbooks("Initial ").Worksheets("feuille1").Cells(t, i)
        Do While s < 9
            Workbooks("Final").Worksheets("feuille3").Cells(j,s)=Workbooks("Initial").Worksheets("feuille1").Cells(t, s)
            s = s + 1
        Loop
        s = 1
        i = i + 1
        j = j + 1
    Loop
    i = 9
    t = t + 1
Loop
MsgBox " le fichier a bien été transformé "
End Sub
```

Programme pour transformation de données de charges :

```
Sub charge()
Dim I, J, tl, ta, tv, a, k As Integer
k = 2
For I = 4 To Sheets.Count
    tl = 1
    Do While Sheets(I).Cells(tl, 1) <> "Total Logistique" 'pour trouver la catégorie de la charge
        tl = tl + 1
    If Sheets(I).Cells(tl, 1) = "" Then
        Exit Do
        tl = 0
    End If
    Loop
    ta = tl + 1 'commencer la recherche de ta à partir de tl + 1
    Do While Sheets(I).Cells(ta, 1) <> "Total Administration"
        ta = ta + 1
    If Sheets(I).Cells(ta, 1) = "" Then
        Exit Do
        ta = 0
    End If
    Loop
    tv = ta + 1 'commencer la recherche de tv à partir de ta + 1
    Do While Sheets(I).Cells(tv, 1) <> "Total Opérations de Vente"
        tv = tv + 1
    If Sheets(I).Cells(tv, 1) = "" Then
        Exit Do
        tv = 0
    End If
    Loop
    J = 2 'pour mettre le code et le nom du distributeur
    Do While J < 20 And Sheets(I).Name <> Worksheets("sheet2").Cells(J, 2)
```

```

J = J + 1
Loop
a = 2
Do While Sheets(I).Cells(a, 1) <> ""
If a < tl Then
    Worksheets("Sheet1").Cells(k, 4) = "Logistique"
ElseIf a = tl Then
    Worksheets("Sheet1").Cells(k, 4) = "Total Logistique"
ElseIf a < ta Then
    Worksheets("Sheet1").Cells(k, 4) = "Administration"
ElseIf a = ta Then
    Worksheets("Sheet1").Cells(k, 4) = "Total Administration"
ElseIf a < tv Then
    Worksheets("Sheet1").Cells(k, 4) = "Vente"
ElseIf a = tv Then
    Worksheets("Sheet1").Cells(k, 4) = "Total Vente"
ElseIf a > tv Then
    Worksheets("Sheet1").Cells(k, 4) = "Total"
Else: Worksheets("Sheet1").Cells(k, 4) = "erreur"
End If
Worksheets("Sheet1").Cells(k, 3) = Sheets(I).Cells(a, 1) 'pour introduire le nom de la charge
Worksheets("Sheet1").Cells(k, 5) = Sheets(I).Cells(a, 2) 'pour introduire le nombre des unités
Worksheets("Sheet1").Cells(k, 6) = Sheets(I).Cells(a, 3) 'pour introduire le prix de l'unité
Worksheets("Sheet1").Cells(k, 7) = Sheets(I).Cells(a, 4) 'pour introduire le montant
If J < 20 Then
    Worksheets("Sheet1").Cells(k, 1) = Worksheets("Sheet2").Cells(J, 1)
    Worksheets("Sheet1").Cells(k, 2) = Sheets(I).Name
Else: Worksheets("Sheet1").Cells(k, 1) = "erreur"
    Worksheets("Sheet1").Cells(k, 2) = Sheets(I).Name
End If 'pour introduire le nom et le code distributeur
a = a + 1
k = k + 1
Loop
Next I
End Sub

```

Programme pour calcul des distances :

```

Sub Bouton1_Cliquer()
Dim i As Integer, j As Integer, R As Integer, lati As Integer, lngi As Integer, latj As Integer, lngj As Integer, conv
As Integer, d As Integer
lati = 2
lngi = 3
latj = 6
lngj = 7
i = 2
j = 2
R = 6371
conv = 0.01745329
Do While Feuil1.Cells(i, 1) <> ""
Feuil2.Cells(i, 1) = Feuil1.Cells(i, 1)
i = i + 1
Loop
Do While Feuil1.Cells(j, 5) <> ""
Feuil2.Cells(1, j) = Feuil1.Cells(j, 5)
j = j + 1
Loop
i = 2
j = 2
Do While Feuil1.Cells(i, 1) <> ""
Do While Feuil1.Cells(j, 5) <> ""

```

```
d = 6378 * WorksheetFunction.Acos(Sin(WorksheetFunction.Radians(Cells(i, lati))) *  
Sin(WorksheetFunction.Radians(Cells(j, latj))) + Cos(WorksheetFunction.Radians(Cells(i,  
lati)))*Cos(WorksheetFunction.Radians(Cells(j,latj)))*Cos(WorksheetFunction.Radians((Cells(j, lngj) - Cells(i,  
lngi))))))  
Feuil2.Cells(i, j) = d  
j = j + 1  
Loop  
j = 2  
i = i + 1  
Loop  
End Sub
```

Annexe D :

Formulation du modèle P-Centre

Constantes :

DC_{ij} : Distance entre le client i et le dépôt de distribution potentiel j .

Paramètres d'entrés :

P : le nombre de dépôts de distribution que l'on souhaite implanter.

$NBRC$: Nombre de client total que l'on veut couvrir

Variables de décision :

$$y_j = \begin{cases} 1 & \text{si le centre de distribution } j \text{ est retenu.} \\ 0 & \text{sinon.} \end{cases} \quad \forall j \in J - \{0\}$$

$$x_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{si le client } i \text{ est livré par le centre de distribution } j \\ 0 & \text{sinon.} \end{cases} \quad \forall j \in J, \forall i \in I.$$

D : Distance de couverture (Max des distances qui séparent chaque point de demande à l'installation à laquelle il est affecté).

Fonction Objectif :

Minimiser D

Contraintes :

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

$$x_{ij} \leq y_j \quad \forall i \in I, \forall j \in J \quad (2).$$

$$\sum_{j \in J} y_j = P \quad (3).$$

$$D \geq \sum_{j \in J} DC_{ij} x_{ij} \quad \forall i \in I \quad (4).$$

$$y_j \in \{0,1\} \quad \forall j \in J \quad (5)$$

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

Annexe E :

Tableau E.I Liste des 231 communes de la région ouest

1	Ain Biya	79	Marsa Ben Mhidi	156	Taoudmout
2	Ain Kerma	80	Nedroma	157	Redjem Demouche
3	Ain Turk	81	Sidi Djillali	158	Hassi Dahou
4	Arzew	82	Beni Bahdel	159	Mascara
5	Bethioua	83	Honaine	160	Bou Hanifia
6	Bir El Djir	84	Bouhlou	161	Tizi
7	Boufatis	85	Chetouane	162	Hacine
8	Bousfer	86	Mansourah	163	Maoussa
9	Boutlelis	87	Ain Temouchent	164	Teghenif
10	El Karma	88	Chaabet El Ham	165	El Hachem
11	Es Senia	89	Oueld Kihal	166	Sidi Kada
12	Gdyel	90	Hammam Bouhadjar	167	Zelmata
13	Hassi Ben Okba	91	Bouzedjar	168	Oued El Abtal
14	Hassi Bounif	92	Oued Berkeche	169	Ain Ferah
15	Hassi Mefsoukh	93	Aghlal	170	Ghriss
16	Marsat El Hadjadj	94	Terga	171	Froha
17	Mers El Kebir	95	Ain El Arbaa	172	Matemore
18	Messerghin	96	Tamzoura	173	Makdha
19	Oran	97	Chentouf	174	El Bordj
20	Oued Tietat	98	Sidi Ben Adda	175	Ain Fekan
21	Sidi Chami	99	Aoubelil	176	Benian
22	Tafraoui	100	El Malah	177	Khalouia
23	ABDELMALEK RAMDANE	101	Sidi Boumediene	178	El Menauer
24	ACHAACHA	102	Oued Sabah	179	Oued Taria
25	AIN BOUDINAR	103	Ouled Boudjemaa	180	Aouf
26	AIN NOUISSY	104	Ain Tolba	181	Ain Fares
27	AIN SIDI CHERIF	105	El Amria	182	Sig
28	AIN TADLES	106	Hassi El Ghella	183	Oggaz
29	BOUGUIRAT	107	Hassasna	184	El Gaada
30	EL HASSIANE	108	Ouled Kihal	185	Zahana
31	FORNAKA	109	Beni Saf	186	Mohammadia
32	HADJADJ	110	Sidi Safi	187	Sidi Abdelmoumene
33	HASSI MAMECHE	111	Sidi Ouriach	188	Ferraguig
34	KHADRA	112	Emir Abdelkader	189	El Ghomri
35	Kheiredine	113	Sidi Bel Abbas	190	Sedjerara
36	MANSOURAH	114	Tessala	191	Mocta Douz
37	MESRA	115	Sidi Brahim	192	Bou Henni
38	MOSTAGANEM	116	Mostefa Ben Brahim	193	Guettena
39	NEKMARIA	117	Telagh	194	El Mamounia
40	OUED EL KHEIR	118	Mezaourou	195	El Keurt
41	OULED BOUGHALEM	119	Boukhanafis	196	Gharrous
42	Saf Saf	120	Sidi Ali Boussidi	197	Chorfa
43	SAYADA	121	Badredine El Mokrani	198	Nesmot
44	SIDI ALI	122	Marhoum	199	Sidi Abdeldjebar
45	Sidi Belatar	123	Tafissour	200	Sehailia
46	SIDI LAKHDAR	124	Amarnas	201	Relizane
47	SIRAT	125	Tilmouni	202	Oued Rhiau
48	SOUAFLIA	126	Sidi Lahcene	203	Belaasel Bouzegza
49	SOUR	127	Ain Trid	204	Sidi Saada
50	STIDIA	128	Tenira	205	Sidi Lazreg
51	TAZGAIT	129	Moulay Slissen	206	El H'Madna
52	TOUAHRIA	130	Hassi Zahana	207	Sidi M'hamed Benali
53	Tlemcen	131	Tabia	208	Mediouna
54	Beni Mester	132	Merine	209	Sidi Khettab
55	Ain Tallout	133	Ras El Ma	210	Ammi Moussa
56	Remchi	134	Ain Kada	211	Zemmoura
57	Sabra	135	M'cid	212	Djidiouia
58	Ghazaouet	136	Sidi Khaled	213	El Guettar
59	Souani	137	Ain El Berd	214	Hamri
60	Djebala	138	Sfisef	215	El Matmar
61	Ain Fezza	139	Ain Adden	216	Sidi M'hamed Benouda
62	Ouled Mimoun	140	Oued Taouria	217	Ain Tarik
63	Amieur	141	Dhaya	218	Oued Essalem
64	Ain Youcef	142	Zerouala	219	Ouarizane
65	Zenata	143	Lemtar	220	Mazouna
66	Beni Snous	144	Sidi Chaib	221	Kalaa
67	Bab El Assa	145	Sidi Daho De Zairs	222	Ain Rahma
68	Sebaa Chioukh	146	Oued Sebaa	223	Yellel
69	Terri Beni Hediél	147	Sehala Taoura	224	Oued El Djemaa
70	Bensekrane	148	Sidi Yacoub	225	Ramka
71	Hennaya	149	Sidi Hamadouche	226	Mendes
72	Maghnia	150	Belarbi	227	Souk El Had
73	Hammam Boughrara	151	Teghelimet	228	Dar Ben Abdellah
74	Souahlia	152	Ben Badis	229	Ben Daoud
75	El Aricha	153	Sidi Ali Benyoub	230	El Ouldja

76	Souk Thlata	154	Chetouane	231	Merdja Sidi Abed
77	Sidi Abdelli	155	Bir El Hammam		

Tableau E.II Liste des points potentiels choisie pour la résolution

Indice	Point Potentiel	Latitude	Longitude
1	Oran	35,6976541	-0,6337376
2	SBA	35,2022249	-0,6298922
3	Mostaganem	36,0131235	0,1401381
4	Relizane	35,7339361	0,5588787
5	Tlemcen	34,8884062	-1,3180042
6	Mascara	35,3904125	0,1494988
7	Mohammadia	35,589554	0,055559
8	Ain témouchent	35,310747	-1,14378
9	Sig	35,55045	-0,172407
10	Bouguirat	35,752095	0,25382
11	Sfisef	35,237222	-0,283587
12	Ben badis	34,938593	-0,898478
13	Yellel	35,733001	0,349423
14	Oued Tlélat	35,560976	-0,456559
15	Tamzoura	35,4133773	-0,6607039
16	El Bordj	35,510608	0,3277829
17	El Amria	35,5259362	-1,0179304
18	Remchi	35,0579657	-1,4289734

Annexe F :

Code Java scripte pour le géocodage :

```
function geocoder(){
  var i=0; var p = 0 ;
  var ss = SpreadsheetApp.getActiveSpreadsheet();
  if(!ss.getSheetByName("Geocodage")){
    Browser.msgBox("La feuille Geocodage n'existe pas !!!");
    return(false);
  }
  var sheet = ss.getSheetByName("Geocodage");
  var url = "";
  var JSON_response = "";
  var geoJSON = "" ;

  var time = new Date();
  while (sheet.getRange(2+i,1).getValue() != "") {
    try{
      url = "http://maps.googleapis.com/maps/api/geocode/json?sensor=false&" + 'address='
        + encodeURIComponent(sheet.getRange(2+i,1).getValue());
      JSON_response =UrlFetchApp.fetch(url).getContentText() //get JSON from Google Maps
      Utilities.sleep(800);
      geoJSON = eval( '(' + JSON_response + ')' ); //
      sheet.getRange(2+i,2).setValue(geoJSON.results[0].formatted_address);
      sheet.getRange(2+i,3).setValue(geoJSON.results[0].geometry.location.lat);
      sheet.getRange(2+i,4).setValue(geoJSON.results[0].geometry.location.lng);
      sheet.getRange(2+i,5).setValue(geoJSON.results[0].types[0]);
      //sheet.getRange(2+i,6).setValue(geoJSON.results[0].status);
      if(geoJSON.results[1] != null){
        sheet.getRange(2+i,6).setValue((geoJSON.results.length - 1) + " more results, use more info to check.");
      }
    }catch(e){
      sheet.getRange(2+i,6).setValue("ERROR : " + e.message);
    }
    sheet.getRange(2+i,1,1,6).setBorder(true, true, true, true, true, true);
    i++;
  }
  var delta = new Date() - time ;
  Browser.msgBox(i + " addresses geocodées en " + (delta / 1000) + " secondes");
}
```

Annexe G :

Programme de résolution sans poids :

```
int I = ...; // Nombre de clients
int J = ...; // Nombre de points potentiels
int K = ...; // Nombre de produits
int P = ...; // Nombre de dépôt que l'on veut implanter
int NBRC = ...; // Nombre de clients qu'on veut couvrir
float CE = ...; // coût d'exploitation par palette
range Client = 1..I; // Ensemble des clients
range Depot = 1..J; // Ensemble des points potentiels
range produit= 1..K ; // Ensemble des produits
float a[Client][produit]= ...; // Demande client i pour produit k
float CF[Depot]= ...; // Coût fixe d'ouverture par palette
float DCij [Client][Depot]=...; // Distance entre client i et dépôt j
float DD[Depot]=...; // Distance fois cout par palette
// Variables de décision
dvar boolean y[Depot]; // ouverture d'un dépôt
dvar boolean x[Client][Depot]; // affectation d'un clien
dvar float CAP[Depot];
// fonction objectif
dexpr float cout = sum(j in Depot) y[j] * ((DD[j] * 3.91 * sum(i in Client, k in
produit) x[i][j] * a[i][k]) + CAP[j] * CF[j] + CE * sum(i in Client, k in produit) x[i][j] * a[i][k]) + sum(j
in Depot, i in Client) x[i][j] * y[j] * 686 * DCij[i][j] ;
minimize cout;
// contraintes
subject to {
forall (j in Depot)
Contrainte9 :
  CAP[j] <= 700;
forall (j in Depot)
Contrainte44 :
  CAP[j] >= 50;
forall (i in Client)
Contraintel :
sum (j in Depot) x[i][j] == 1;
forall (i in Client, j in Depot)
Contrainte2 :
x[i][j] <= y[j];
Contrainte3 :
sum (j in Depot) y[j] == P;
forall (j in Depot)
Contrainte6 :
sum (i in Client, k in produit) x[i][j] * a[i][k] <= CAP[j];
```

Fichier de données :

```
I= 231;
K= 41;
J=18;
P=6;
NBRC=231;
CE=360;
SheetConnection aaa ("Distance.xlsx");
SheetConnection bbb ("Sim.xlsx");
a from SheetRead (bbb,"DEM");
CF from SheetRead (aaa,"CF");
DCij from SheetRead (aaa,"DCC");
DD from SheetRead (aaa,"DDD");
```

Programme de résolution P-centre :

```
int I = ...; // Nombre de clients
int J = ...; // Nombre de points potentiels
int K = ...; // Nombre de produits
int P = ...; // Nombre de dépôt que l'on veut implanter
range Client = 1..I; // Ensemble des clients
range Depot = 1..J; // Ensemble des points potentiels
float DCij [Client][Depot]=...; // Distance entre client i et dépôt j
// Variables de décision
dvar boolean y[Depot]; // ouverture d'un dépôt
dvar boolean x[Client][Depot]; // affectation d'un clien
dvar int+ D;
// fonction objectif
dexpr float cout = D;
minimize cout;
// contraintes
subject to {
```



```

forall (i in Client)
Contraintel :
sum (j in Depot)x[i][j]==1;
forall (i in Client, j in Depot)
Contrainte2 :
x[i][j]<=y[j];
Contrainte3 :
sum (j in Depot)y[j]==P;
forall (i in Client)
Contrainte7 :
D>= sum(j in Depot)DCij [i][j]* x[i][j];

```

Fichier de données du P-centre :

```

I= 231;
K= 41;
J=18;
P=6;
NBRC=231;
SheetConnection aaa ("Distance.xlsx");
DCij from SheetRead (aaa,"DCC");

```

Programme de résolution avec poids :

```

int I = ...; // Nombre de clients
int J = ...; // Nombre de points potentiels
int K =...; // Nombre de produits
int P =...; // Nombre de dépôt que l'on veut implanter
float CE =...; // coût d'exploitation par palette
range Client = 1..I; // Ensemble des clients
range Depot = 1..J; // Ensemble des points potentiels
range produit= 1..K ; // Ensemble des produits
float a[Client][produit]= ...; // Demande client i pour produit k
float CF[Depot]= ...; // Coût fixe d'ouverture par palette
float DCij [Client][Depot]=...; // Distance entre client i et dépôt j
float DD[Depot]=...; // Distance fois cout par palette
float POIS[Client]=...;
// Variables de décision
dvar boolean y[Depot]; // ouverture d'un dépôt
dvar boolean x[Client][Depot]; // affectation d'un clien
dvar float CAP[Depot];
// fonction objectif
dexpr float cout = sum(j in Depot)y[j]*((DD[j]*sum(i in Client, k in
produit)x[i][j]*a[i][k])+CAP[j]*CF[j]+CE*sum(i in Client, k in produit)x[i][j]*a[i][k])+ sum(j
in Depot , i in Client)x[i][j]* y[j]* POIS[i]* 686 * DCij[i][j] ;
minimize cout;
// contraintes
subject to {
forall (j in Depot)
Contrainte9 :
CAP[j] <=700;
forall (j in Depot)
Contrainte44 :
CAP[j] >=50;
forall (i in Client)
Contraintel :
sum (j in Depot)x[i][j]==1;
forall (i in Client, j in Depot)
Contrainte2 :
x[i][j]<=y[j];
Contrainte3 :
sum (j in Depot)y[j]==P;
forall (j in Depot)
Contrainte6 :
sum (i in Client, k in produit) x[i][j]* a[i][k] <= CAP[j];

```

Fichier de données programme avec poids :

```

I= 231;
K= 41;
J=18;
P=2;
NBRC=231;
CE=360;
SheetConnection aaa ("Distance.xlsx");
SheetConnection bbb ("Sim.xlsx");
a from SheetRead (bbb,"DEM");
CF from SheetRead (aaa,"CF");
DCij from SheetRead (aaa,"DCC");
DD from SheetRead (aaa,"DDD");
POIS from SheetRead (bbb,"POISS");

```

Annexe H :

Résultat des affectations :

Affectation avec pondération des communes :

Tableau H.I Affectation avec pondération des communes P=3

Centre de distribution	Indice des communes affecté
5	36 53 54 55 56 57 58 59 60 61 62 63 64 65 66 67 68 69 70 71 72 73 74 75 76 77 78 79 80 81 82 83 84 85 86 104 109 111 112 118 121 122 129 130 133 141 144 146 152 153 154 155 157 185
13	5 16 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50 51 52 159 161 162 163 164 165 166 167 168 169 170 171 172 173 174 176 177 178 179 180 181 186 187 188 189 191 192 193 194 195 196 198 199 200 201 202 203 204 205 206 207 208 209 210 211 212 213 214 215 216 217 218 219 220 221 222 223 224 225 226 227 228 229 230 231
15	1 2 3 4 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 17 18 19 20 21 22 87 88 89 90 91 92 93 94 95 96 97 98 99 100 101 102 103 105 106 107 108 113 114 115 116 117 119 120 123 124 125 126 127 128 131 132 134 135 136 137 138 139 140 142 143 145 147 148 149 150 151 156 158 160 175 182 183 184 190 197

Tableau H.II Affectation avec pondération des communes P=4

Centre de distribution	Indice des communes affecté
1	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 91 103 105 106 182 183 190
2	55 87 88 90 92 93 95 96 97 99 100 101 102 107 113 114 115 116 117 118 119 120 121 122 123 124 125 126 127 128 129 130 131 132 133 134 135 136 137 138 139 140 141 142 143 144 145 146 147 148 149 150 151 152 153 155 156 157 158 160 175 179 184 185 197
13	23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50 51 52 159 161 162 163 164 165 166 167 168 169 170 171 172 173 174 176 177 178 180 181 186 187 188 189 191 192 193 194 195 196 198 199 200 201 202 203 204 205 206 207 208 209 210 211 212 213 214 215 216 217 218 219 220 221 222 223 224 225 226 227 228 229 230 231
18	36 53 54 56 57 58 59 60 61 62 63 64 65 66 67 68 69 70 71 72 73 74 75 76 77 78 79 80 81 82 83 84 85 86 89 94 98 104 108 109 110 111 112 154

Affectation avec sauvegarde du centre de distribution de Oran :

Tableau H.III Affectation avec sauvegarde du centre de distribution de Oran P=3

Centre de distribution	Indice des communes affecté
1	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 87 90 91 94 95 96 100 101 102 103 105 106 137 138 139 149 182 183 184 190 197
12	36 53 54 55 56 57 58 59 60 61 62 63 64 65 66 67 68 69 70 71 72 73 74 75 76 77 78 79 80 81 82 83 84 85 86 88 89 92 93 97 98 99 104 107 108 109 110 111 112 113 114 115 116 117 118 119 120 121 122 123 124 125 126 127 128 129 130 131 132 133 134 135 136 140 141 142 143 144 145 146 147 148 150 151 152 153 154 155 156 157 158 185
13	23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50 51 52 159 160 161 162 163 164 165 166 167 168 169 170 171 172 173 174 175 176 177 178 179 180 181 186 187 188 189 191 192 193 194 195 196 198 199 200 201 202 203 204 205 206 207 208 209 210 211 212 213 214 215 216 217 218 219 220 221 222 223 224 225 226 227 228 229 230 231

Tableau 23 H.IV Affectation avec sauvegarde du centre de distribution de Oran P=4

Centre de distribution	Indice des communes affecté
1	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 91 103 105 106 182 183 190
2	87 88 89 90 92 93 94 95 96 97 98 99 100 101 102 107 108 109 113 114 115 116 117 118 119 120 121 122 123 124 125 126 127 128 129 130 131 132 134 135 136 137 138 139 140 141 142 143 144 145 147 148 149 150 151 152 153 155 156 158 160 175 179 184 185 197
5	36 53 54 55 56 57 58 59 60 61 62 63 64 65 66 67 68 69 70 71 72 73 74 75 76 77 78 79 80 81 82 83 84 85 86 104 110 111 112 133 146 154 157
18	23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50 51 52 159 161 162 163 164 165 166 167 168 169 170 171 172 173 174 176 177 178 180 181 186 187 188 189 191 192 193 194 195 196 198 199 200 201 202 203 204 205 206 207 208 209 210 211 212 213 214 215 216 217 218 219 220 221 222 223 224 225 226 227 228 229 230 231

Affectation après optimisation du modèle P-Centre :

Tableau H.V Affectation après optimisation du modèle P-Centre P=4

Centre de distribution	Indice des communes affecté
1	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 87 90 91 94 95 96 100 101 102 103 105 106 137 138 139 149 160 182 183 184 190 191 192 193 197
4	23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50 51 52 159 161 162 163 164 165 166 167 168 169 170 171 172 173 174 175 176 177 178 179 180 181 186 187 188 189 194 195 196 198 199 200 201 202 203 204 205 206 207 208 209 210 211 212 213 214 215 216 217 218 219 220 221 222 223 224 225 226 227 228 229 230 231
5	36 53 54 56 57 58 59 60 61 63 64 65 66 67 68 69 70 71 72 73 74 75 76 78 79 80 81 82 83 84 85 86 104 108 110 111 112 154
12	55 62 77 88 89 92 93 97 98 99 107 109 113 114 115 116 117 118 119 120 121 122 123 124 125 126 127 128 129 130 131 132 133 134 135 136 140 141 142 143 144 145 146 147 148 150 151 152 153 155 156 157 158 185

Tableau H.VI Affectation après optimisation du modèle P-Centre P=5

Centre de distribution	Indice des communes affecté
1	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 87 90 91 94 95 96 100 101 102 103 105 106 137 149 183
4	23 24 25 26 27 28 29 30 32 33 34 35 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 51 52 168 169 178 189 199 201 202 203 204 205 206 207 208 209 210 211 212 213 214 215 216 217 218 219 220 221 222 223 224 225 226 227 228 229 230 231
5	36 53 54 56 57 58 59 60 61 63 64 65 66 67 68 69 70 71 72 73 74 75 76 78 79 80 81 82 83 84 85 86 104 108 110 111 112 154
6	31 50 116 135 138 139 159 160 161 162 163 164 165 166 167 170 171 172 173 174 175 176 177 179 180 181 182 184 186 187 188 190 191 192 193 194 195 196 197 198 200
12	55 62 77 88 89 92 93 97 98 99 107 109 113 114 115 117 118 119 120 121 122 123 124 125 126 127 128 129 130 131 132 133 134 136 140 141 142 143 144 145 146 147 148 150 151 152 153 155 156 157 158 185

Résultat du Modèle P-centre pour détermination des points potentiel :

Tableau H.VII Points potentiels résultant de l'application du P-Centre

P	Y (Indice des communes sélectionnées)
2	47, 62
3	84, 150, 203
4	10, 82, 123, 228
5	22, 72, 155, 179, 224