

République Algérienne Démocratique et Populaire  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique  
Université Abderahmane Mira de Béjaïa  
Faculté des Sciences Exactes  
Département de Recherche Opérationnelle



## **MÉMOIRE DE FIN DE CYCLE**

EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLÔME DE MASTER EN MATHÉMATIQUES APPLIQUÉES

Spécialité : Modélisation Optimisation et aide à la décision

Présenté par

**MAHTOUT Celine**

Thème :

---

### **Modélisation pour l'Optimisation de la Chaîne de Distribution des Produits Agroalimentaires au sein de l'Entreprise CEVITAL-Béjaïa**

---

Soutenu : le 3/07/2024    Devant le Jury composé de :

M.	BRAHMI Belkacem	M.C.A	Président
Mme	AOUDIA-RAHMOUNE Fazia	Professeur	Rapporteur
Mme	AOUDIA Zohra	M.A.A	Co-Promoteur
Mme	KARA-KENDI Salima	M.C.B	Examinatrice
Mme	DJERROUD Lamia	M.C.A	Examinatrice
M.	BENYOUB Ghilas	Gérant	Département Logistique-Cevital

**Année Universitaire : 2023/2024**

## REMERCIEMENTS

*Je remercie d'abord Dieu le Tout-Puissant pour m'avoir donné la force et le courage d'accomplir ce travail.*

*Je tiens à exprimer ma profonde gratitude à Madame AOUDIA-RAHMOUNE Fazia , Professeur à l'Université de Béjaïa, et à Mademoiselle AOUDIA Zohra , Docteur à l'Université de Béjaïa, pour l'honneur qu'ils m'ont fait en étant les rapporteurs de mon mémoire de Master. Je les remercie pour leurs grandes qualités humaines, leur précieuse attention, et particulièrement pour leurs conseils et orientations qui ont grandement contribué à l'aboutissement de ce travail.*

*Mes sincères remerciements et ma gratitude vont également à Monsieur BRAHMI Belkacim, Professeur à l'Université de Béjaïa, pour avoir accepté de juger ce travail et de présider le jury de soutenance. Soyez assurée de mon entière reconnaissance.*

*Je remercie également les autres membres du jury , Madame KARA-KENDI salima et Madame DJARROUD Lamia d'avoir bien voulu donner de leurs temps pour lire ce mémoire et d'avoir juger mon travail*

*Un grand merci à tous les enseignants du Département de Recherche Opérationnelle de l'Université de Béjaïa pour leur dévouement et leur soutien tout au long de ma formation universitaire.*

*J'ai une pensée particulière pour ma chère famille . Leur soutien indéfectible et leurs encouragements constants ont été pour moi une source inestimable de force et de motivation tout au long de mes études. Leur présence et leur soutien inconditionnel ont été essentiels pour surmonter les défis et atteindre mes objectifs académiques. Je leur suis profondément*

---

*reconnaissante pour tout ce qu'ils ont fait pour moi.*

*Merci aussi à tous mes amis, mes camarades et toutes les personnes que j'ai pu côtoyer pendant ces cinq ans à l'université. Leurs encouragements, leur camaraderie et les moments partagés ont enrichi mon expérience académique et personnelle. Leur soutien et leur amitié ont été une bouée précieuse dans les périodes de doute et de stress. Je leur exprime ma profonde sympathie et je leur souhaite sincèrement le meilleur pour leurs propres projets et aspirations.*

*Enfin, merci à toutes les personnes qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce mémoire. Leur expertise et leur soutien moral ont été essentiels à l'aboutissement de ce travail.*

DÉDICACES

*A tous ceux qui m'aiment, merci pour votre soutien indéfectible et votre amour constant , d'être pour moi source de force et d'inspiration , à :*

*A mon père M. Mahtout Said pour ses soutiens moraux et financiers sans oublier ma mère Mme Yahiaoui Malika*

*A mon frère Lahlou et sa femme Katia*

*A mes sœurs Chanez, Dina*

*A tous mes amis : Abdenacer, Hayat, Zaki, Lamia et Yacine,...*

*A tous ceux qui me sont chers.*

*M. Celine*

<b>Table des matières</b>		<b>3</b>
<b>1 Présentation de l'entreprise CEVITAL</b>		<b>12</b>
1.1 Présentation de l'entreprise . . . . .		12
1.2 Historique . . . . .		13
1.3 Situation géographique . . . . .		13
1.4 Structure et Organisation de l'entreprise . . . . .		14
1.5 Le Parcours Exemplaire de Cevital Agro-industrie . . . . .		16
1.6 Chemin d'Innovation . . . . .		16
1.7 Unités de production . . . . .		17
1.7.1 <i>Unité Béjaia</i> . . . . .		17
1.7.2 <i>Unité Lalla Khedidja</i> . . . . .		19
1.7.3 <i>Unité plastique</i> . . . . .		20
1.7.4 <i>Unité COJEK</i> . . . . .		20
1.8 La flexibilité de conditionnement . . . . .		21
1.9 Infrastructures en base logistique . . . . .		22
1.9.1 Plateformes . . . . .		22
1.9.2 Les CLR's (centres de livraison régionaux) . . . . .		22
1.10 Qu'est-ce qu'un entrepôt ? . . . . .		23
1.10.1 Types d'entrepôts . . . . .		23
1.11 Type de la clientèle de Cevital . . . . .		24
1.12 Position du problème . . . . .		27

<b>2</b>	<b>Les chaînes logistiques</b>	<b>28</b>
2.1	Logistique . . . . .	28
2.2	Rôle de la logistique . . . . .	29
2.3	Types de la logistique . . . . .	29
2.4	Chaîne logistique . . . . .	30
2.5	Gestion de la chaîne logistique (supply chain management) . . . . .	31
2.6	Optimisation logistique . . . . .	32
2.6.1	Optimisation du transport . . . . .	32
2.6.2	Optimisation du stockage : . . . . .	32
2.6.3	Optimisation des routes et des itinéraires : . . . . .	32
2.6.4	Optimisation de la gestion des stocks : . . . . .	33
2.6.5	Optimisation des réseaux logistiques . . . . .	33
2.7	Problème de Localisation . . . . .	33
2.7.1	Problème de Localisation d’Installations . . . . .	34
2.7.2	Modèle Mathématique . . . . .	35
2.8	Méthodes et techniques de résolution pour l’Optimisation Logistique . . . . .	36
2.8.1	Méthodes de résolution exactes . . . . .	36
2.8.2	Méthodes de résolution approchées . . . . .	38
2.9	Conclusion . . . . .	40
<b>3</b>	<b>Data mining pour le problème de localisation</b>	<b>41</b>
3.1	Data-mining . . . . .	41
3.2	Techniques du Data-Mining . . . . .	42
3.3	DBSCAN . . . . .	43
3.3.1	Notions et Définitions Mathématiques . . . . .	43
3.3.2	Modèle Mathématique . . . . .	44
3.3.3	Avantages et inconvénients . . . . .	46
3.4	K-means . . . . .	46
3.4.1	Formulation Mathématique . . . . .	47
3.4.2	Avantages et inconvénients . . . . .	48
3.5	Affinity Propagation . . . . .	48
3.5.1	Notions et Définitions Mathématiques . . . . .	49
3.5.2	Formulation Mathématique . . . . .	50

## TABLE DES MATIÈRES

---

3.5.3	Avantages et inconvénients . . . . .	51
3.6	Optimisation Logistique et Stratégies de Cross-Docking . . . . .	52
3.6.1	Modèle Mathématique . . . . .	53
3.6.2	Résultat du programme en Python . . . . .	54
3.7	Conclusion . . . . .	58
<b>4</b>	<b>MODÉLISATION DE LA DISTRIBUTION DES PRODUITS AGRO- LÉMENTAIRES DU CEVITAL</b>	<b>60</b>
4.1	Présentation des Données . . . . .	60
4.1.1	Sources et Catégories de Données . . . . .	60
4.2	Méthodologie . . . . .	62
4.2.1	Regroupement et Simplification des Données . . . . .	62
4.2.2	Méthode de classification ABC . . . . .	63
4.2.3	Calcul des Demandes . . . . .	65
4.2.4	Analyse des Capacités de Stockage . . . . .	66
4.3	Optimisation de la Distribution . . . . .	66
4.3.1	Paramètres . . . . .	66
4.3.2	Variables de décision . . . . .	68
4.3.3	Contraintes . . . . .	69
4.3.4	Calcul des Coûts . . . . .	70
4.4	Résultats et Analyse . . . . .	72
4.4.1	Résultats Préliminaires . . . . .	72
4.4.2	Analyse des Résultats . . . . .	75
4.5	Conclusion . . . . .	77

## TABLE DES FIGURES

1.1	Situation géographique de Cevital . . . . .	14
1.2	L'organigramme général de Cevital . . . . .	15
1.3	Fleuriel . . . . .	17
1.4	Elio . . . . .	18
1.5	Les margarines et graisses végétales . . . . .	18
1.6	Sucre "SKOR" . . . . .	19
1.7	Eaux minérales "Lalla khedidja" . . . . .	20
1.8	Jus "Tchina" . . . . .	20
1.9	Plastique . . . . .	20
1.10	Confiture . . . . .	21
1.11	Sauce, Mayonnaise, Harissa . . . . .	21
2.1	logistique . . . . .	30
2.2	Triangle de localisation . . . . .	34
3.1	Emplacement des zones au centre de l'Algérie . . . . .	55
3.2	Emplacement des zones à l'Est de l'Algérie . . . . .	56
3.3	Emplacement des zones à l'Ouest de l'Algérie . . . . .	56



## LISTE D'ABRÉVIATIONS

- **CLRs** : Centres de Distribution Logistique Régionale
- **DBSCAN** : Density-Based Spatial Clustering of Applications with Noise
- **K-Means** : K-Moyennes
- **Python** : Langage de programmation
- **CNDHL** : Usine de raffinage de huiles.
- **RAFSUCPF1** : Deuxième raffinage de sucre.
- **RAFSUCPF2** : Troisième raffinage de sucre.
- **MARG** : Usine de production de margarines.
- **DLOGCOJEK** : Usine du Cojek à El-Kseur
- **LLK** : Unité Lalla Khedidja
- **PMNE** : programmation mixte en nombres entiers

## INTRODUCTION GÉNÉRALE

Dans un environnement de plus en plus concurrentiel, un enjeu majeur pour les entreprises est d'améliorer continuellement leurs performances. Il s'agit essentiellement de produire des biens et des services qui répondent aux exigences des clients aussi rapidement et à moindre coût que possible tout en maximisant les profits. L'amélioration des performances a un impact considérable sur le fonctionnement de toutes les entreprises impliquées dans l'ensemble du processus, à commencer par l'approvisionnement en matières premières, jusqu'à leur transformation en produits finis, et à la distribution de ceux-ci aux clients. Cela rassemble ces entreprises ayant des intérêts communs dans un réseau appelé chaîne d'approvisionnement. Le défi de l'organisation des chaînes d'approvisionnement est exacerbé par l'augmentation de la demande alimentaire, notamment en raison de la croissance démographique .

L'approvisionnement alimentaire est assuré par un réseau de différentes activités interdépendantes : production, transformation, collecte, stockage, conditionnement, commercialisation (marchés de gros et de détail, centres de distribution, etc.). Les questions liées à la distribution, à l'entreposage, au transport, à la livraison juste à temps et à la satisfaction client sans faille des marchandises sont une préoccupation constante, en particulier pour les grandes entreprises de ce secteur, que ces activités soient intégrées ou réalisées par des partenaires externes. En fait, un certain nombre de facteurs peuvent affecter le fonctionnement des chaînes d'approvisionnement et de distribution et réduire la valeur créée en leur sein : notamment, les fluctuations de la demande, la mauvaise gestion des coûts de production et de transport, les emplacements inappropriés des entrepôts et des centres de distribution, etc.

Une étude, qui a été réalisée en 2022 [14], porte sur l'optimisation du réseau de distribution des produits agricoles frais et transformés (fruits et légumes) en Algérie, principal secteur du transport routier interurbain et interrégional. Un modèle de localisation basé sur la programmation linéaire mixte a été utilisé pour analyser quatre scénarios de restructuration du groupe. L'objectif de cette étude a été de proposer des solutions stratégiques pour améliorer les infrastructures logistiques, augmenter les revenus privés et publics et améliorer la qualité du service. Une analyse de sensibilité a été réalisée pour déterminer la conception optimale du réseau en fonction de la variation des paramètres clés. Enfin, les managers ont reçu des recommandations pratiques pour optimiser leurs réseaux de distribution de produits frais.

Notre travail consiste à optimiser la chaîne de distribution des produits agroalimentaires, en particulier en redimensionnant le réseau de distribution de l'entreprise CEVITAL. L'objectif de cette recherche est de suggérer une approche pour réorganiser le réseau d'approvisionnement et de distribution, en localisant de nouvelles zones. Nous utilisons une technique spécifique de Data-mining appelée Affinity Propagation pour trouver ces emplacements de manière efficace et stratégique. Pour évaluer cette nouvelle structure, nous avons résolu un problème d'optimisation des coûts engendrés par la distribution (et de fait, la chaîne logistique). Nous avons également évalué la structure existante pour procéder à une étude comparative, dans le but d'aider le gestionnaire dans le processus de prise de décision.

Le premier chapitre donne un aperçu de l'entreprise CEVITAL à travers son histoire, sa situation géographique, sa structure organisationnelle et ses divisions de production. Il aborde également les innovations qui ont façonné le parcours de l'entreprise, notamment en termes de flexibilité d'emballage et de gestion logistique. L'analyse vise à identifier les facteurs clés de succès de CEVITAL et à explorer les défis auxquels l'entreprise est confrontée pour rester à la pointe de son secteur. À la fin du chapitre, on trouve la position du problème dans lequel le contexte du travail réalisé est introduit.

Le chapitre 2 examine la logistique, un domaine clé qui contrôle le flux de matériaux, d'informations et de ressources entre les points de production et de consommation pour répondre aux exigences des clients. Ce chapitre examine différents types de logistique, les principes de gestion de la chaîne d'approvisionnement et les approches d'optimisation logistique. Nous discutons également des méthodes et des techniques de résolution des problèmes de logistique, en mettant l'accent sur les problèmes de localisation impliquant le

placement optimal des installations, et utilisons des modèles mathématiques pour illustrer leurs applications pratiques et théoriques.

Le chapitre 3 traite de l'exploration de données, une branche importante de l'informatique qui vise à découvrir des modèles et des relations significatives dans de grandes quantités de données. Dans ce chapitre, nous examinons diverses techniques d'exploration de données pour résoudre des problèmes complexes, en mettant l'accent sur leur application à la résolution de problèmes de localisation. Nous considérons des techniques spécifiques, telles que DBSCAN, K-Means et Affinity Propagation, ainsi que leurs fondements mathématiques, leurs avantages et leurs limites. A la fin de ce chapitre, on trouve notre première contribution qui consiste à élaborer un modèle mathématique pour formaliser le problème de localisation typique et proposer ainsi une nouvelle structuration du réseau de distribution.

Le dernier chapitre est dédié à l'évaluation des deux structurations, à savoir la nouvelle et l'existante relativement aux différents coûts engendrés. Cette dernière a été suivie par une étude comparative des résultats.

Le document se termine par une conclusion générale citon une perspective pertinente.

# CHAPITRE 1

## PRÉSENTATION DE L'ENTREPRISE CEVITAL

Dans un monde en constante évolution où la compétitivité d'une entreprise dépend de sa capacité à innover et à s'adapter rapidement aux évolutions du marché, l'étude des modèles à succès devient essentielle. CEVITAL, premier groupe privé algérien, se distingue par ses performances exemplaires dans le secteur agro-industriel. Le but de cette étude est de fournir une introduction détaillée à la société CEVITAL en étudiant son histoire, sa situation géographique, sa structure organisationnelle et ses divisions de production. Nous nous pencherons également sur les innovations qui ont marqué le chemin, notamment en termes de flexibilité des emballages et de gestion logistique. A travers cette analyse, nous souhaitons mettre en évidence les principaux facteurs qui ont contribué au succès de CEVITAL et les défis que l'entreprise doit relever pour maintenir sa position de leader.

### 1.1 Présentation de l'entreprise

Créé par l'entrepreneur Issad Rebrab en 1998 sous la forme juridique d'une société par action (SPA), le groupe Cévital a connu au cours des dix dernières années l'une des plus importantes réussites industrielles en Algérie, à savoir le secteur du raffinage des huiles brutes et du sucre sur le marché algérien et la première à avoir fait des investissements dans divers domaines d'activité. De nos jours, Cévital est indéniablement la première entreprise privée à capitaux algériens en Algérie, avec un chiffre d'affaires évalué à environ 105 milliards de dinars (1,6 milliards de dollars) pour l'exercice 2007 et près de 6500 employés [15].

### 1.2 Historique

- CEVITAL, créée par des investisseurs privés en Algérie en 1998, est une entreprise de premier plan dans le domaine de l'économie de marché.
- Sa zone de production, étendue sur 45 000 mètres carrés à Bejaia, joue un rôle clé dans le développement de l'industrie agroalimentaire.
- L'objectif de l'entreprise est de répondre aux besoins du marché national tout en exportant ses surplus, en proposant une variété de produits de qualité.
- Ses capacités de production d'huile dépassent la demande nationale, ce qui entraîne un excédent commercial important.
- Dans un marché concurrentiel, il est essentiel de gérer les dépenses et de proposer un bon rapport qualité/prix afin de maintenir sa compétitivité.
- CEVITAL entretient également des relations avec des entreprises de renom, et ses produits sont commercialisés dans diverses villes africaines comme Lagos, Niamey, Bamako, Tunis et Tripoli [1].

### 1.3 Situation géographique

Cevital est situé dans l'arrière-port de Bejaia, à 200 ML (mètre linéaire) du quai, à une distance de 3 km. Au Sud-Ouest de la ville, près de la RN 26 et de la RN, l'entreprise présente de nombreux avantages.

L'avantage de cette situation géographique réside dans sa proximité économique. Le complexe dispose d'une surface est de 45 000m<sup>2</sup> (le plus vaste d'entre eux).

Le complexe privé en Algérie dispose d'une capacité de stockage de 182 000 tonnes par an (silos portuaires) et un terminal de déchargement portuaire avec une capacité de déchargement de 200 000 tonnes par heure (accueil de matériaux essentiels). De plus, elle possède un réseau de distribution qui compte plus de 52 000 points de vente à travers le pays [18].



FIGURE 1.1 – Situation géographique de Cevital

## **1.4 Structure et Organisation de l'entreprise**

La structure organisationnelle de la Direction Générale repose sur plusieurs directions distinctes, qui se présentent comme suit :

# CHAPITRE 1. PRÉSENTATION DE L'ENTREPRISE CEVITAL

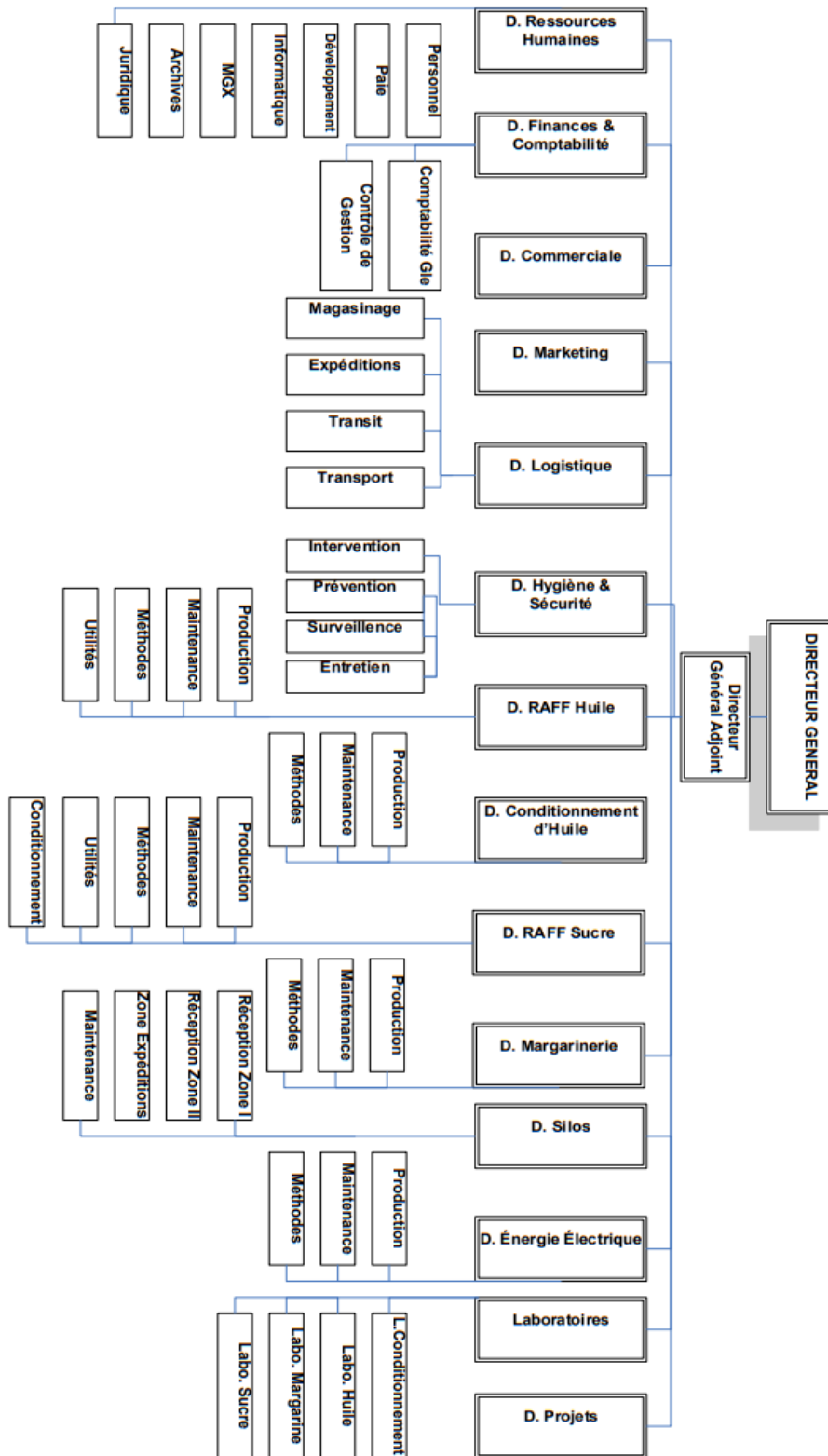


FIGURE 1.2 – L'organigramme général de Cevital



### 1.5 Le Parcours Exemplaire de Cevital Agro-industrie

Cevital, grâce à sa croissance annuelle de 50% depuis sa première année d'exploitation, a réussi à se positionner en tant que leader dans divers secteurs (agro-alimentaires), répondant ainsi à une partie significative des besoins du marché national, générateur de l'emploi (600 emplois par an), et bien d'autres encore. Elle poursuit sa stratégie de croissance et de diversification en entreprenant la mise en œuvre de divers projets [1].

Cevital Agro-industrie est constitué de diverses unités de fabrication, comme :

- 1 raffinerie d'huile,
- 2 raffineries de sucre,
- 1 unité de sucre liquide
- 1 margarinerie,
- 1 unité de conditionnement d'eau minérale,
- 1 unité de fabrication et de conditionnement de boissons rafraîchissantes,
- conserverie,
- 1 unité de fabrication de chaux calcinée.

### 1.6 Chemin d'Innovation

**"25 Ans d'Innovation : Un Parcours Exceptionnel au Service de nos Consommateurs"** [1]

- En 1998, Lancement de l'huile alimentaire Elio.
- En 2001, Lancement de la margarine Fleurial et Matina et beurre tendre Gourmand.
- En 2002, Lancement de Skor 1kg.
- En 2006, Lancement des boissons aux jus Tchina.
- En 2007, Lancement de l'eau minérale Lalla Khedidja.
- En 2010, Lancement du sucre liquide.
- En 2013, Lancement de la chaux calcique.
- En 2015, Lancement du gaz  $CO_2$  alimentaire.
- En 2016, Lancement du sucre roux.
- En 2018, Lancement des sauces et condiments.

- En 2020, Lancement de la production plasturgie.
- En 2023, La trituration des graines oléagineuses.

### 1.7 Unités de production

Les unités de production jouent un rôle crucial dans la chaîne logistique de l'entreprise, assurant la fabrication et la préparation des produits pour leur distribution. Chacune de ces unités possède des caractéristiques spécifiques et des capacités adaptées à différents types de produits, permettant ainsi de répondre efficacement aux besoins du marché.

#### 1.7.1 Unité Béjaia

située au port de Béjaia : unité de production et de conditionnement de sucre, de margarine et de différentes catégories d'huile [18] ;

#### Huiles végétales

Deux variétés d'huile de table sont fabriquées par Cevital, avec des qualités et des appellations variées. Le système de fabrication est certifié ISO 22000 par le certificat VERITAS.

- Tournesol à 100 % sans cholestérol, avec une grande quantité de vitamines (A, D, E) et d'acides gras essentiels.

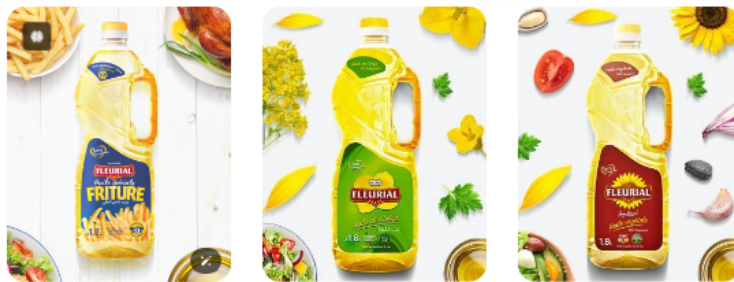


FIGURE 1.3 – Fleurial

- Cette huile est à 100 % végétale et dépourvue de cholestérol, elle contient la vitamine F. Elles proviennent principalement de la graine de tournesol, de soja et de palme, conditionnées dans des bouteilles de différentes capacités allant de 1 à 5 litres, après avoir été raffinées et analysées à plusieurs reprises.



FIGURE 1.4 – Elio

**Margarinerie et graisses végétales :**

La société fabrique une variété de margarines enrichies en vitamines A, D et E. Certaines margarines sont spécialement conçues pour être consommées directement, telles que **MA-TINA**, **elio**, **la beure gourmande** et **FLEURIAL**.

Certains produits sont spécifiquement conçus pour répondre aux exigences de la pâtisserie moderne ou traditionnelle, comme la **parisienne** et **MEDINA "SMEN"**.

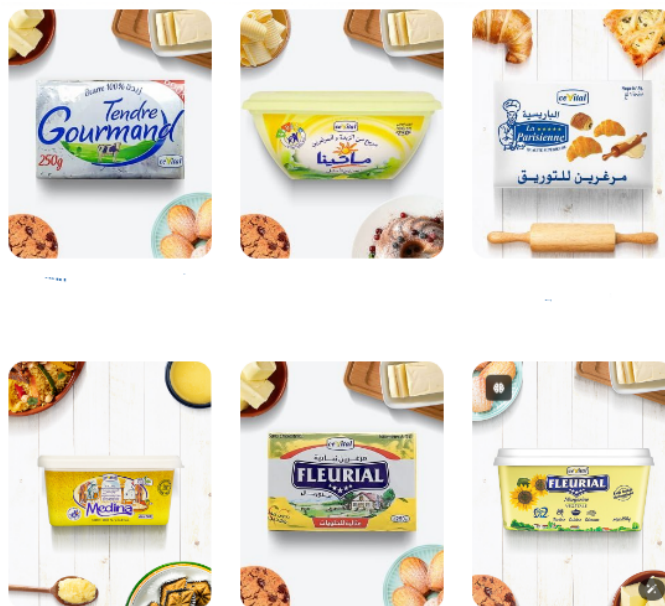


FIGURE 1.5 – Les margarines et graisses végétales

### Sucre

Il est produit à partir du sucre roux de canne, qui contient une grande quantité de saccharose. Le sucre raffiné est emballé dans des sacs de 50 kg et également livré en gros dans des boîtes ou des sachets de 500 gr.

La sécurité de toutes les étapes de fabrication est assurée par le sucre blanc de Cevital, qui répond à toutes les normes de qualité.

Par ailleurs, Cevital fabrique également du sucre liquide pour les clients industriels qui s'inquiètent de la rentabilité de leur entreprise et de la qualité des produits finis.



FIGURE 1.6 – Sucre "SKOR"

### 1.7.2 *Unité Lalla Khedidja*

domiciliée à AGOUNI-GUEGHRANE (wilaya de Tizi ousou) a pour vocation principale la production d'eau minérale et boissons carbonatées.

#### **Boissons (Eau minérale et Jus) :**

L'eau minérale pure et naturelle **LALLA KHEDIJA** est directement extraite à la source au cœur du massif montagneux du **DJURDJURA**. Grâce à une grande expertise, Cevital propose aux clients des boissons fruitées à la pulpe d'orange avec une concentration de fruits pouvant atteindre jusqu'à 25% et dispose d'un site de production équipé d'une ligne de production de pointe.



FIGURE 1.7 – Eaux minérales "Lalla khedidja"



FIGURE 1.8 – Jus "Tchina"

### 1.7.3 *Unité plastique*

installée dans la même localité et assure la production des besoins en emballages pour les produits de margarine et les huiles et à terme des palettes, les étiquette ...



FIGURE 1.9 – Plastique

### 1.7.4 *Unité COJEK*

implanté dans la zone industrielle d'EL KSEUR, COJEK est une SPA filiale de Cevital et qui a pour vocation la transformation de fruits et légumes frais en jus, Nectars et Conserves. Le groupe ambitionne d'être leader dans cette activité après la mise en oeuvre d'un important plan de développement.



FIGURE 1.10 – Confiture

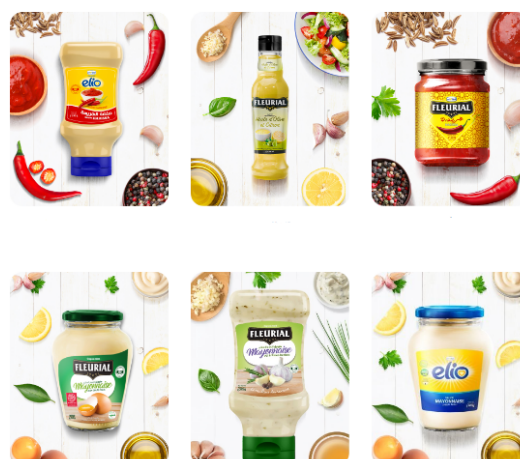


FIGURE 1.11 – Sauce, Mayonnaise, Harissa

## 1.8 La flexibilité de conditionnement

Grâce à son savoir faire incontesté en plastique, Cevital produit ses propres emballages destinés au conditionnement de ses produits finis, offrant ainsi une large gamme de format : préforme, poignées, bouchons, embouteillage et étiquetage

Produit	Format
Huile	0,75L ; 1L ; 1,8L ; 2L ; 4L ,5L et 10L en forme ronde ou boxée
Margarine	Plaquette : 200gr, 250gr et 500gr et barquette : 400gr, 500gr, (a poignée)900gr et 1,8Kg
Sucre	Cristallisé : 1kg, 10kg, 50kg et BigBag 1000kg ; liquide : camion citerne,flexy Tank aseptique de 18000L,BIBO(navire vraquier).
Eau minéral et boisson fruité	Bouteilles : 0,33L ;0,5L ;1L ;1,5L ; 2L

## 1.9 Infrastructures en base logistique

Les infrastructures logistiques constituent la colonne vertébrale de la chaîne d'approvisionnement de l'entreprise, assurant une distribution efficace et rapide des produits finis. Elles comprennent des plateformes de distribution et des centres de livraison régionaux (CLRs) qui jouent des rôles spécifiques dans le réseau logistique.

### 1.9.1 Plateformes

Ce sont des zones de stockage externes qui sont propres à l'entreprise CEVITAL. Il existe trois plateformes, la plateforme de Bouira au Centre, la plateforme de Hassi Ammeur à Oran à l'Ouest et la plateforme d'El Kharoub à Constantine à l'Est.

C'est à partir de ces plateformes que l'alimentation des centres de livraison régionaux, appelés CLRs, s'effectue selon le besoin.

### 1.9.2 Les CLRs (centres de livraison régionaux)

Les CLRs sont parmi les nouvelles stratégies adaptées par Cevital en 2014, dans le but de réduire la pression sur le complexe, de rapprocher beaucoup plus la marchandise au client et aussi pour tenir sa place sur le marché en faisant face à la concurrence.

Cevital dispose de 18 en 2019 à 13 CLRs. Chaque CLR dispose d'un représentant mené d'un portefeuille client, dont chaque CLR à ses propres clients.

✓ 6 CLRs reliés à la plateforme d'Oran, qui sont :

- Sidi-Bel-Abbas (22),
- Oran (31),
- Relizane (48),
- Mostaganem (27),
- Mascara (29).
- Tlemcen (13).

✓ 4 CLRs reliés à la plateforme de Bouira, qui sont :

- Alger (16),
- Blida (09),
- Tizi-Ouzou (15),

- Médéa (26) .
- ✓ 3 CLR's reliés à la plateforme de Constantine, qui sont :
- Batna (05),
  - Sétif (19),
  - Annaba (23).

### 1.10 Qu'est-ce qu'un entrepôt ?

Un entrepôt est une structure qui, grâce à des équipements de *stockage*, des machines de *manutention*, des ressources humaines et des moyens de gestion, gère les différences entre les flux d'entrée de marchandises (fournisseurs, sites de fabrication, etc.) et de sortie (marchandise destinée à la production, à la vente, etc.). En général, ces flux ne sont pas organisés, ce qui nécessite la mise en œuvre d'une logistique de stockage optimale [20].

#### 1.10.1 Types d'entrepôts

La configuration et la manière de gérer un entrepôt varient en fonction du type d'activité et surtout des types de produits qui vont circuler à l'intérieur de celui-ci. Nous avons fait tout notre possible pour vous présenter ci-dessous les lieux de stockage les plus caractéristiques. Toutefois, il y a une grande variété qui est soumise à des contraintes de flux et de spécificités des produits stockés, comme le montre le cas des produits destinés à l'industrie lourde [2].

##### **L'entrepôt standard**

Un entrepôt est principalement un endroit situé. Situé au centre d'un système logistique, il est équipé de structures matérielles. C'est grâce à ces structures qu'il sera envisageable de : recevoir, entreposer, préparer et transporter des marchandises [2].

##### **La plate - forme d'éclatement :(Cross Docking)**

Ce genre d'entrepôt est spécialement conçu pour la distribution de marchandises provenant d'un point A dans un camion (ou tout autre moyen de transport) et dont une partie est immédiatement transférée dans un autre camion (ou d'un autre moyen de transport) à destination d'un point géographique B. On peut définir le principe du Cross Docking comme une opération logistique qui ne repose en aucun cas sur les stocks de l'entrepôt [2].



La logistique du **cross-docking** consiste à livrer directement des marchandises d'une usine de fabrication au magasin de détail ou au consommateur, sans nécessiter de stockage ni d'intervention d'un intermédiaire.

### **Pourquoi employer le cross-docking en logistique ?**

- cette méthode logistique permet de combiner plusieurs marchandises en un seul mode de transport, ce qui fait bien sûr économiser du temps et de l'argent.
- Avec le cross-docking, les produits sont centralisés, ce qui facilite leur transport et rend plus rapide leur réception.
- Dans cette méthode logistique, on privilégie un site central où les produits peuvent être triés et combinés afin de faciliter leur livraison à différentes destinations, de manière plus efficace et rapide.

### **L'entrepôt lié à la notion de ventilation :**

Dans un souci constant de performance, de qualité de service et de rentabilité, l'entrepôt spécialisé dans la ventilation requiert une grande réactivité et une organisation efficace. Cela implique de préparer une commande client en ne prenant en compte que les marchandises ou produits qui ont été livrés dans l'entrepôt et qui n'ont pas encore été en stock. Cependant, il est important de ne pas le considérer comme une technique de cross-Docking, où la marchandise ne subit pas de rupture de charge. En général, ce genre d'entrepôt est employé pour la gestion des produits frais dont les dates de péremption sont relativement courtes [2].

## **1.11 Type de la clientèle de Cevital**

En tant que leader du secteur industriel algérien, Cevital sert une clientèle diversifiée à travers le pays.

La clientèle de Cevital peut être divisée en deux grandes catégories :

### **Clients CLR :**

Les Clients CLR sont ceux qui s'alimentent directement au niveau des CLR, auxquels ils appartiennent. Ces derniers sont représentés par une équipe contact, qui collecte les commandes des clients [7].

Suite à la surface limitée du stock au niveau du complexe, et pour ne pas interrompre la

## CHAPITRE 1. PRÉSENTATION DE L'ENTREPRISE CEVITAL

---

production, qui se réalise 24/24, Cevital à adapté une stratégie, qui est l'acquisition des plateformes.

On compte les grossistes et les détaillants :

- **Les Grossistes** : qui sont des intermédiaires entre le producteur et le détaillant. Ils permettent de réduire les coûts logistiques.

WILAYA	NBR CLIENTS
ADRAR	1
AIN DEFLA	3
AIN TEMOUCHENT	1
ALGER	26
ANNABA	2
BATNA	4
BECHAR	1
BEJAIA	18
BISKRA	1
BLIDA	6
BORDJ BOU ARRERIJ	7
BOUIRA	3
BOUMERDES	4
BOURDJ BOU ARRERIDJ	3
CHLEF	5
CONSTANTINE	9
DJELFA	2
EL BAYADH	1
EL M'GHAIR	1
EL-OUED	4
GHARDAIA	1
GUELMA	2
HYDRA	1
ILLIZI	1
JIJEL	1
LAGHOUAT	1

MASCARA	2
MEDEA	2
MILA	3
M'SILA	3
NAAMA	1
ORAN	8
OUARGLA	6
OULED DJELLAL	1
OUM EL BOUAGHI	2
RELIZANE	3
SAIDA	2
SETIF	10
SIDI BEL ABBES	2
SIKIKDA	5
SOUK AHRAS	2
TEBESSA	2
TIARET	2
TINDOUF	1
TIPAZA	1
TISSEMSILT	1
TIZI OUZOU	2
TLEMCEN	3
TOUGGOURT	1
<b>Total général</b>	<b>174</b>

- **Le détaillant** : il est placé entre le grossiste et le consommateur final. Dans cette politique de distribution, c'est au détaillant de chercher les produits chez les grossistes.

**Clients hors CLR :**

Les clients hors Centres de Livraison Régionaux (CLR) regroupent toutes les entreprises et commerçants qui se fournissent en produits soit directement depuis le complexe de Bejaia, soit au niveau des plateformes de stockage.

On utilise deux circuits de distribution :

- **Circuit direct B to B (business to business)** : ce sont les entreprises qui utilisent les produits de l'entreprise CEVITAL comme matière première, exemple : le sucre pour la fabrication du chocolat ou des boissons.
- **Circuit indirect B to C (business to customer)** : ce sont les clients dont les produits sont destinés à la consommation finale, et cela par la non disponibilité des CLR's dans leur région, exemple : les grossistes de Boussaada.

### 1.12 Position du problème

Lors de notre stage, nous avons abordé un défi crucial : l'optimisation de la chaîne logistique de l'entreprise en vue de réduire les coûts. Cependant, le manque de données complètes a limité l'étendue de notre étude initiale, nous obligeant à restreindre notre analyse.

Dans le cadre de ce mémoire, nous avons entrepris de répondre aux besoins des clients finaux en adoptant des stratégies commerciales efficaces et en explorant des solutions innovantes pour l'optimisation logistique. L'objectif principal était de garantir une distribution optimale des produits tout en minimisant les coûts et en maximisant l'efficacité opérationnelle.

Les questions clés posées par l'entreprise étaient les suivantes :

- **Est-il possible de restructurer les zones d'approvisionnement ?**
- **Comment obtenir cette nouvelle structuration ?**
- **Comment évaluer et comparer cette nouvelle structuration à l'existant ?**

En répondant à ces questions, nous visons à fournir des recommandations stratégiques basées sur des données concrètes et des analyses rigoureuses, afin d'améliorer la compétitivité de l'entreprise sur le marché agroalimentaire et d'assurer une gestion logistique efficace et durable.

## CHAPITRE 2

# LES CHAÎNES LOGISTIQUES

La logistique est un domaine important qui contrôle le flux de matériaux, d'informations et de ressources entre les lieux de production et de consommation pour répondre aux exigences des clients. La logistique joue un rôle stratégique dans la chaîne d'approvisionnement et peut non seulement réduire les coûts mais également améliorer la qualité du service et la satisfaction des clients.

Ce chapitre examine différents types de logistique, les principes de gestion de la chaîne d'approvisionnement et les approches d'optimisation logistique.

Il aborde également les méthodes et techniques permettant de résoudre les problèmes logistiques, en mettant l'accent sur les problèmes de localisation, en particulier le problème de l'emplacement des installations, et utilise des modèles mathématiques pour expliquer leurs applications pratiques et théoriques.

### 2.1 Logistique

Le mot « **logistique** » provient d'un mot grec « **LOGISTIKOS** » qui désigne l'art de raisonner et de calculer. La logistique a été introduite pour la première fois dans le domaine militaire, elle englobe toutes les ressources physiques requises pour mettre en œuvre les décisions stratégiques et tactiques sur le terrain (transports, stocks, fabrication, achats, manutention) [23].

**Définition.** *Logistique* : ensemble d'activités permettant la gestion des flux de biens et de services au sein de l'entreprise.

### 2.2 Rôle de la logistique

La logistique joue un rôle essentiel dans l'entreprise en coordonnant de manière efficace l'offre et la demande, les plans stratégiques et tactiques, ainsi que l'entretien à long terme de la logistique .

Les rapports fournisseur-client qui la concernent sont de qualité. Son objectif est de faciliter : [17]

- La gestion économique de la production en entraînant les ruptures de stocks coûteuses grâce à une surveillance régulière de l'état de marché ;
- La diminution des stocks grâce à une rotation accélérée des marchandises entreposées ;
- La réponse adaptée à une demande très fluctuante ;
- La facilité de distribution du produit chez le client final dans les délais les plus courts et au meilleur coût ;
- Vérifier et améliorer la qualité de la chaîne qui relève du producteur au consommateur afin d'atteindre un service rendu "sans défaut".

### 2.3 Types de la logistique

Les différents types de logistique peuvent être résumés selon le domaine d'application :

#### **Logistique d'approvisionnement**

La logistique des achats consiste à gérer les ressources requises pour la vente et la production des produits finis, semi-finis et matières premières. Recherche et acquisition de nouveaux fournisseurs.

#### **Logistique inverse**

La logistique inverse englobe toutes les actions et les procédures visant à gérer les remboursements et les retours des produits, ainsi que le recyclage et le retour des produits [18].

#### **Logistique de distribution**

La logistique de distribution, également connue sous le nom de logistique de transport, a pour objectif de garantir le transport rapide et efficace d'un produit ou d'un bien vers le client. Si un produit est attractif, fonctionnel et à un bon prix, il n'a pas de sens s'il ne parvient pas au destinataire dans les délais, la forme et les quantités convenues.

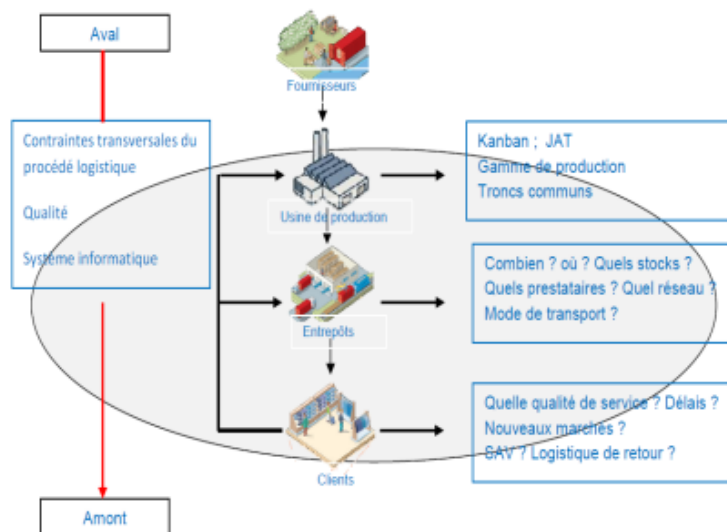


FIGURE 2.1 – logistique

La logistique de distribution peut être :

- **Directe** : Le produit est directement distribué aux consommateurs finaux par le fabricant.
- **Indirecte** : Il n'est pas destiné au client final, mais plutôt aux grossistes ou aux détaillants (qui sont responsables de la vente au consommateur final).

### Logistique de production

La logistique industrielle, également appelée logistique de production, englobe et optimise tous les processus logistiques qui se déroulent de l'acquisition des matières premières jusqu'à la production du produit.

## 2.4 Chaîne logistique

La chaîne logistique (ou supply chain en anglais) est un concept clé dans la gestion des entreprises. Elle désigne l'ensemble des activités et des opérations nécessaires pour produire et distribuer un produit, depuis l'approvisionnement en matières premières jusqu'à la livraison au client final. La chaîne logistique comprend plusieurs fonctions clés, telles que l'approvisionnement, la planification de la production, la gestion des stocks, le transport, la coordination et la gestion des flux d'informations. Ces activités sont réalisées par

différentes entités, telles que les fournisseurs, les fabricants, les grossistes, les détaillants et les clients. Le but de la gestion de la chaîne logistique est d'optimiser l'utilisation des ressources pour répondre aux exigences des clients, tout en minimisant les coûts et en garantissant un niveau de qualité adéquat. La gestion efficace de la chaîne logistique permet de réduire les coûts, de limiter les stocks, d'améliorer la rapidité et la précision de la livraison, et de renforcer la compétitivité de l'entreprise. Dans le secteur agro-alimentaire, la gestion de la chaîne logistique est particulièrement importante, car elle implique la gestion des produits qui ont une durée de vie limitée et nécessitent un traitement approprié pour garantir leur qualité et leur sécurité alimentaire.

*Les outils et méthodes utilisés dans la SCM (Supply Chain Management ou chaîne logistique) ont pour objectif d'améliorer et d'automatiser l'approvisionnement en diminuant les stocks et les délais de livraison. Il est donc question de travail en « flux tendu » qui vise à accélérer les flux de matières au sein de l'entreprise. Ainsi, une caractéristique essentielle est l'adaptation des stocks dans toutes les chaînes logistiques et de production pour réduire le temps d'écoulement entre le fournisseur et le client final.*

**Définition. Chaîne logistique :** ensemble de parties impliquées dans la production et la distribution de produits.

**Définition. Supply Chain :** L'entreprise s'inscrit dans un flux de produits qui vient de ses fournisseurs, passe par ses processus internes et va jusqu'à ses clients.

*Les processus internes de l'entreprise peuvent aussi se considérer comme des acteurs de cette chaîne.*

### 2.5 Gestion de la chaîne logistique (supply chain management)

La gestion logistique englobe toutes les techniques et les outils employés afin d'améliorer la gestion des flux physiques et des informations au sein de l'entreprise et de son environnement externe. Elle est réalisée en utilisant les systèmes d'information de l'entreprise. Afin d'assurer sa performance, l'entreprise doit utiliser à la transmission à distance des informations et aux EDI (échanges de données informatisées).

**Définition. Supply Chain Management (SCM) :** L'objectif de la gestion de la chaîne d'approvisionnement est d'optimiser l'efficacité et la qualité des flux de produits et de



*services.*

### **2.6 Optimisation logistique**

L'objectif de l'optimisation logistique est de coordonner et de garantir une gestion optimale de toutes les étapes logistiques (approvisionnement, stockage, transport, etc.) afin d'assurer une gestion améliorée des flux, de réduire les dépenses logistiques et d'améliorer les performances organisationnelles [5].

Les défis liés à l'optimisation en logistique sont divers et cruciaux afin d'améliorer l'efficacité des opérations et de diminuer les dépenses. Voici quelques-uns des principaux types de défis d'optimisation en logistique :

#### **2.6.1 Optimisation du transport**

Souvent, ce problème nécessite la sélection des moyens de transport les plus économiques (camion, train, avion, bateau) tout en réduisant au minimum les dépenses totales, telles que les frais de carburant, de péage et de main-d'œuvre. Il est essentiel de respecter des contraintes comme les délais de livraison et les capacités de chargement afin de garantir la satisfaction des clients.

Minimisation des coûts de transport tout en respectant les contraintes de temps et de capacité.

#### **2.6.2 Optimisation du stockage :**

L'objectif de l'optimisation du stockage est de réduire au minimum les dépenses liées à la conservation des produits tout en optimisant l'utilisation de l'espace de stockage. Cela peut nécessiter une surveillance des stocks afin d'éviter les surplus tout en prévenant les pénuries, ce qui requiert une gestion précise des prévisions de demande et des cycles de commande.

Minimisation des coûts de stockage tout en assurant la disponibilité des produits [5].

#### **2.6.3 Optimisation des routes et des itinéraires :**

Il s'agit de choisir les routes les plus performantes pour la livraison des marchandises, en prenant en considération les distances, les conditions de circulation, les prix du carburant

et les contraintes de temps. Le but est de diminuer les déplacements et les dépenses opérationnelles tout en respectant les délais de livraison.

Sélection des meilleures routes et des itinéraires les plus efficaces pour la livraison.

### **2.6.4 Optimisation de la gestion des stocks :**

Cela comprend l'établissement des niveaux de stock idéaux pour chaque produit afin de réduire les dépenses totales tout en garantissant un service client de qualité. On utilise fréquemment des modèles tels que le modèle de réapprovisionnement continu (EOQ) et le modèle de gestion des stocks à deux niveaux afin d'atteindre cette finalité.

Minimisation des niveaux de stock tout en évitant les ruptures de stock.

### **2.6.5 Optimisation des réseaux logistiques**

L'objectif de l'optimisation des réseaux logistiques est de créer des systèmes d'approvisionnement et de distribution performants, en prenant en considération les sites de production, les entrepôts, les centres de distribution et les points de vente. On utilise des modèles mathématiques pour identifier la position idéale des installations et les flux de produits entre elles, dans le but de réduire au maximum les coûts totaux de la chaîne logistique.

Conception et configuration des réseaux logistiques pour maximiser l'efficacité.

## **2.7 Problème de Localisation**

La science de la localisation trouve ses racines dans la littérature sur l'analyse de la localisation, qui a commencé avec les travaux de Thunen (1826) sur l'utilisation des terres et de Rohnhardt (1872) et Weber (1909) sur la localisation industrielle. Le but initial des établissements industriels était de trouver des installations de fabrication nécessitant des matières premières telles que le minerai de fer provenant de gisements locaux et de transporter les produits vers le marché.

Ainsi est né le concept de triangle de localisation, comme le montre la figure (2.2) :

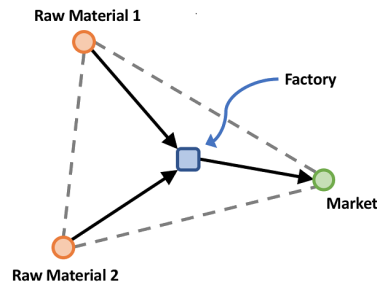


FIGURE 2.2 – Triangle de localisation

Cette première vision de la production et de l'industrie manquait d'un élément de répartition. Launhardt et Weber concluent : Pour répondre à un marché avec une demande connue pour un produit, une installation de fabrication doit transporter des matières premières provenant de sources connues jusqu'à l'installation industrielle pour fabriquer le produit avant de le mettre sur le marché.

Pour résoudre ce casse-tête, les installations industrielles devaient être localisées de manière à minimiser les coûts de transport des matières premières et des produits finis. Lonehart et Weber diffèrent dans leur analyse en ce sens qu'ils prennent en compte le coût de construction de l'usine et la source des matières premières ou le lien de transport (comme un chemin de fer) entre l'usine et le marché, ainsi que le coût de transport des matières premières.

D'un autre côté, Weber a supposé que les coûts de transport étaient fonction de la distance euclidienne et n'a pris en compte que les coûts de transport des matières premières et des produits.

### 2.7.1 Problème de Localisation d'Installations

Les problèmes de localisation d'installations (Facility Location Problems) sont un domaine central dans la recherche opérationnelle et la gestion de la chaîne d'approvisionnement. Ces problèmes consistent à déterminer les emplacements optimaux pour un certain nombre d'installations (usines, entrepôts, centres de distribution, etc.) afin de minimiser les coûts associés tout en répondant efficacement à la demande des clients [10].

## Applications

- **Logistique et Transport** : Optimisation des réseaux de distribution pour minimiser les coûts de transport et améliorer les délais de livraison.
- **Planification Urbaine** : Localisation des infrastructures publiques (hôpitaux, écoles) pour maximiser l'accessibilité des services publics.
- **Gestion de la Chaîne d'Approvisionnement** : Localisation des entrepôts et des centres de distribution pour optimiser la gestion des stocks et les flux de produits.

### 2.7.2 Modèle Mathématique

Le problème de localisation des installations peut être modélisé mathématiquement de diverses manières, en fonction des spécificités et des objectifs du problème.

Nous décrivons ici un modèle mathématique typique pour un problème d'affectation d'emplacement utilisant la programmation linéaire en nombres entiers (LPNE) [10].

#### Notation

- $I$  : Ensemble des clients (ou des zones de demande).
- $J$  : Ensemble des installations potentielles (usines, entrepôts, centres de distribution).
- $d_{ij}$  : Coût de transport de l'installation  $j$  au client  $i$ .
- $f_j$  : Coût fixe d'ouverture de l'installation  $j$ .
- $x_{ij}$  : Quantité transportée de l'installation  $j$  au client  $i$ .
- $y_j$  : Variable binaire indiquant si l'installation  $j$  est ouverte (1) ou fermée (0).
- $D_i$  : Demande du client  $i$ .
- $C_j$  : Capacité de l'installation  $j$ .

#### Fonction Objective

Minimiser les coûts totaux (coûts fixes + coûts de transport) :

$$\text{Minimiser } \sum_{j \in J} f_j y_j + \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} d_{ij} x_{ij} \quad (2.1)$$

#### Contraintes

1. Satisfaction de la demande :

$$\sum_{j \in J} x_{ij} = D_i \quad \forall i \in I \quad (2.2)$$

2. Capacité des installations :

$$\sum_{i \in I} x_{ij} \leq C_j y_j \quad \forall j \in J \quad (2.3)$$

3. Ouverture des installations :

$$x_{ij} \leq D_i y_j \quad \forall i \in I, \forall j \in J \quad (2.4)$$

4. Variables binaires et continues :

$$y_j \in \{0, 1\} \quad \forall j \in J \quad (2.5)$$

$$x_{ij} \geq 0 \quad \forall i \in I, \forall j \in J \quad (2.6)$$

## 2.8 Méthodes et techniques de résolution pour l'Optimisation Logistique

L'optimisation logistique repose sur l'utilisation de méthodes et de techniques avancées pour résoudre efficacement des problèmes complexes liés au transport, au stockage, à la gestion des itinéraires, aux stocks et aux réseaux logistiques. Dans cette section, nous examinons diverses approches précises et heuristiques pour maximiser l'efficacité opérationnelle et minimiser les coûts dans la gestion moderne de la chaîne d'approvisionnement [5].

### 2.8.1 Méthodes de résolution exactes

Les méthodes de résolution exactes, également appelées méthodes complètes, permettent de trouver la solution optimale en examinant exhaustivement toutes les solutions possibles. Cette approche est souvent utilisée pour des problèmes de petite taille ou lorsque la solution optimale doit absolument être trouvée [6].

#### Algorithme par séparation et évaluation (Branch and Bound) :

L'algorithme par séparation et évaluation (Branch and Bound) est une méthode de résolution exacte pour un large éventail de problèmes d'optimisation combinatoire.

- Divise le problème initial en sous-problèmes.
- Les ensembles de solutions des sous-problèmes forment un recouvrement ou une partition de celui du problème initial.

- Récursivement, chaque sous-problème est séparé jusqu'à ce que l'ensemble de solutions soit un singleton

Évaluation des sous-problèmes :

- La performance dépend de la qualité des bornes et du schéma de séparation adopté.
- Borne inférieure généralement calculée par relaxation du sous-problème.
- La borne inférieure est une estimation du coût de la meilleure solution du sous-ensemble
- Si la solution associée à la borne inférieure est réalisable et de meilleur coût, elle remplace la meilleure solution connue
- Si le coût de la borne inférieure est supérieur à celui de la meilleure solution connue, l'exploration du sous-ensemble est stoppée [19].

### **Branch and Cut :**

La méthode Branch and Cut est une méthode d'optimisation combinatoire sophistiquée qui permet de résoudre des problèmes complexes, tels que ceux liés à la programmation mixte en nombres entiers (PMNE). Voici une explication approfondie de ce procédé :

Les problèmes d'optimisation combinatoire sont fréquemment utilisés des choix binaires (oui/non) ou des décisions discrètes (comme le nombre d'unités à attribuer). Les variables continues et entières sont intégrées dans un cadre d'optimisation, ce qui les rend extrêmement difficiles à résoudre de manière efficace [6].

### **Étapes de l'algorithme Branch and Cut**

Les problèmes d'optimisation combinatoire, notamment les problèmes de programmation mixte en nombres entiers (PMNE), sont souvent résolus à l'aide de l'algorithme Branch and Cut. Les principales étapes de l'algorithme Branch and Cut sont les suivantes :

1. **Relaxation linéaire initiale :** En simplifiant les contraintes sur les variables entières, on peut transformer le problème en une forme de programmation linéaire continue (PLC).
2. **Identification et ajout de coupes (Cuts) :** Inclure davantage d'inégalités linéaires afin d'améliorer la relaxation continue du problème.
3. **Branchement sur les variables entières :** Choisissez une variable complète à connecter et générez deux sous-problèmes en définissant cette variable à 0 et 1 dans chaque sous-problème.

4. **Résolution des sous-problèmes** : Pour chaque sous-problème généré par le branchement :
  - Étendre toutes les variables non fixées dans une nouvelle PLC.
  - Il est possible d'ajouter des coupes supplémentaires afin de renforcer la détente continue.
  - Mettre à jour les bornes inférieure et supérieure du problème global afin de résoudre le sous-problème.
5. **Critères d'arrêt** : Termine lorsque toutes les branches ont été explorées, atteignant une solution optimale ou lorsque certaines conditions d'arrêt préétablies sont remplies (par exemple, épuisement du temps prévu).

### 2.8.2 Méthodes de résolution approchées

Les méthodes exactes pour résoudre des problèmes sont souvent limitées en termes de taille de problème et sont impraticables dans des contextes opérationnels. Pour surmonter ces limitations, des méthodes plus rapides ont été développées pour résoudre des problèmes de grande envergure. Cependant, cette rapidité de calcul s'accompagne du compromis de ne plus garantir l'optimalité des solutions obtenues. Contrairement aux méthodes exactes, les méthodes approchées, telles que les heuristiques et les métaheuristiques, sont incomplètes mais permettent de trouver des solutions de qualité, même si elles ne sont pas nécessairement optimales [3].

#### Heuristique

Les heuristiques sont des méthodes spécifiques à un problème particulier. Elles nécessitent des connaissances du domaine du problème traité. En fait, ce sont des règles empiriques qui se basent sur l'expérience et les résultats acquis afin d'améliorer les recherches futures. Plusieurs définitions des heuristiques ont été proposées par plusieurs chercheurs, parmi lesquelles :

- Une méthode heuristique (ou simplement une heuristique) est une méthode qui aide à découvrir la solution d'un problème en faisant des conjectures plausibles mais faillible de ce qui est la meilleure chose à faire.
- Une heuristique est une règle d'estimation, une stratégie, une méthode ou astuce utilisée pour améliorer l'efficacité d'un système qui tente de découvrir les solutions des

problèmes complexes.

- Les heuristiques sont des ensembles de règles empiriques ou des stratégies qui fonctionnent, en effet, comme des règles d'estimation [25].

Quelques heuristiques :

- ★ Heuristiques constructives
- ★ Heuristique du plus proche voisin
- ★ Heuristique de Clarke et Wright
- ★ Heuristiques d'insertion
- ★ Les procédures de recherche locale [20]

### **Métaheuristiques**

Méta, du grec « au-delà », heuristique du grec qui signifie « trouver ». Une métaheuristique est un algorithme d'optimisation visant à résoudre des problèmes d'optimisation difficile (la majorité d'entre eux sont dans les domaines de la recherche opérationnelle, de l'ingénierie ou de l'intelligence artificielle ) pour lesquels on ne connaît pas de méthode classique plus efficace.

Les métaheuristiques sont généralement des algorithmes stochastiques itératifs, qui progressent vers un optimum global, c'est-à-dire l'extremum global d'une fonction, par échantillonnage d'une fonction objectif [21].

**Martello et al.** [16] « Une métaheuristique est un processus maître itératif qui guide et modifie les opérations des heuristiques subordonnées pour produire efficacement des solutions de haute qualité. Il peut manipuler une solution unique complète ou incomplète ou une collection de solutions à chaque itération. Les heuristiques subordonnées peuvent être des procédures de haut ou bas niveau, ou une simple recherche locale, ou simplement une méthode de construction. » .

### **Quelques métaheuristiques :**

- ▶ Recuit simulé
- ▶ Colonies de fourmis
- ▶ Recherche tabou
- ▶ Algorithmes génétiques [8].



## 2.9 Conclusion

La logistique est essentielle à la performance globale d'une entreprise, car elle a un impact sur sa capacité à répondre efficacement aux besoins des clients tout en contrôlant les coûts. La gestion de la chaîne d'approvisionnement offre d'excellentes opportunités d'optimisation grâce à des pratiques telles que l'optimisation du transport, du stockage et de la gestion des stocks. L'emplacement stratégique de votre installation est essentiel à une logistique efficace.

Pour résoudre les problèmes de localisation, l'exploration de données peut révéler des modèles cachés dans vos données et fournir des informations essentielles pour prendre des décisions éclairées sur l'emplacement optimal des installations.

Ce processus est expliqué au chapitre 3, qui examine comment l'exploration de données peut fournir des solutions optimales aux défis complexes de localisation.

## CHAPITRE 3

# DATA MINING POUR LE PROBLÈME DE LOCALISATION

L'exploration de données est un domaine informatique majeur qui vise à découvrir des modèles et des relations significatives au sein de grandes quantités de données.

Ce chapitre examine diverses techniques d'exploration de données pour résoudre des problèmes complexes, en mettant l'accent sur les applications dans la résolution de problèmes de localisation.

Nous examinerons des techniques spécifiques telles que DBSCAN, K-means et Affinity Propagation, ainsi que leurs bases mathématiques, leurs avantages et leurs limites. De plus, nous présentons des modèles mathématiques pour formaliser des problèmes de localisation typiques et expliquons comment ces techniques peuvent être appliquées pour obtenir des solutions optimales.

### 3.1 Data-mining

La fouille de données, également appelée **exploration de données** ou **data mining** en anglais, est le processus d'analyse de grandes quantités de données afin de découvrir des motifs, des tendances, des relations significatives, et des informations utiles. L'objectif principal de la fouille de données est d'extraire des connaissances exploitables à partir de données brutes. Cela implique souvent l'utilisation d'algorithmes et de techniques avancées pour analyser des ensembles de données volumineux et complexes [12].

## 3.2 Techniques du Data-Mining

Les méthodes d'exploitation de données peuvent être divisées en deux catégories principales : supervisées et non supervisées. La distinction entre ces deux types de méthodes repose sur la nature des données d'entraînement disponibles et sur les objectifs spécifiques de l'analyse [22].

### ★ Techniques Supervisées :

- **Classification** : Cette méthode consiste à attribuer des étiquettes prédéfinies à des objets ou des instances basées sur leurs caractéristiques.

► Les algorithmes de classification : *les arbres de décision, Algorithme génétique, les réseaux de neurones, et les machines à vecteurs de support(SVM)* , sont souvent utilisés pour cette tâche.

- **Régression** : La régression vise à prédire une variable continue en fonction des variables indépendantes. Le modèle apprend à partir de données d'entraînement avec des valeurs de sortie connues.

► Les méthodes de régression : *linéaire, polynomiale, et logistique.*

### ★ Techniques Non Supervisées :

- **Clustering** : Les algorithmes de clustering regroupent les données en fonction de leurs similarités sans utiliser d'étiquettes préexistantes. Le regroupement est une technique non supervisée.

► Les algorithmes de clustering : *K-means, DBSCAN, Algorithme génétique, hierarchial clustering.*

- **Association** : L'association vise à découvrir des règles intéressantes décrivant des relations entre les variables dans une base de données.

► *Algorithme d'association.*

- **Réduction de Dimensionnalité** : Cette technique réduit le nombre de variables dans un ensemble de données tout en préservant autant d'informations que possible.

► un exemple de méthode non supervisée de réduction de dimensionnalité : *L'analyse en composantes principales (ACP).*

- **Analyse de Composantes Indépendantes (ICA)** : Elle vise à séparer un ensemble de signaux multivariés en des composantes indépendantes.

- une technique non supervisée utilisée : *en traitement du signal et en apprentissage automatique.*

### 3.3 DBSCAN

DBSCAN (Density-Based Spatial Clustering of Applications with Noise) est un algorithme de clustering fondé sur la densité, largement utilisé pour identifier des structures dans des jeux de données contenant du bruit et des points aberrants. Introduit par Martin Ester, Hans-Peter Kriegel, Jörg Sander et Xiaowei Xu en 1996, il est particulièrement adapté pour découvrir des clusters de forme arbitraire dans des données non étiquetées [4].

#### 3.3.1 Notions et Définitions Mathématiques

##### Paramètres

1.  $\epsilon$  : Distance maximale entre deux points pour qu'ils soient considérés comme voisins.
2. *MinPts* : Nombre minimum de points requis dans le  $\epsilon$ -voisinage d'un point pour que ce point soit considéré comme un point central (core point).

##### Concepts

1.  $\epsilon$ -voisinage ( $N_\epsilon(p)$ ) : Ensemble des points situés à une distance inférieure ou égale à  $\epsilon$  d'un point  $p$ .

$$N_\epsilon(p) = \{q \in D \mid \text{dist}(p, q) \leq \epsilon\}$$

où  $\text{dist}(p, q)$  est la distance entre les points  $p$  et  $q$ , et  $D$  est l'ensemble des données.

2. **Point central (core point)** : Un point  $p$  est un point central si

$$|N_\epsilon(p)| \geq \text{MinPts}$$

3. **Point bordure (border point)** : Un point  $p$  est un point bordure s'il est dans le  $\epsilon$ -voisinage d'un point central, mais n'est pas lui-même un point central.
4. **Point bruit (noise point)** : Un point  $p$  qui n'est ni un point central ni un point bordure.

### Applications

DBSCAN est utilisé dans diverses applications, notamment :

- **Analyse d'Images** : Pour segmenter des objets dans des images.
- **Géographie** : Pour identifier des zones densément peuplées dans des données spatiales.
- **Détection d'Anomalies** : Pour détecter des anomalies ou des points aberrants dans des ensembles de données.
- **Bioinformatique** : Pour regrouper des séquences ou des gènes similaires.

### 3.3.2 Modèle Mathématique

On peut adapter la formulation classique des problèmes d'optimisation aux caractéristiques de DBSCAN .

Cependant, il est important de noter que DBSCAN n'est pas un problème d'optimisation traditionnel avec une fonction objectif à minimiser ou maximiser. Plutôt, il s'agit d'un algorithme basé sur des règles pour le clustering. Mais pour répondre à la demande, voici une tentative de formulation en utilisant une approche d'optimisation :

#### Variables de décision

- $x_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{si les points } i \text{ et } j \text{ sont dans le même cluster;} \\ 0, & \text{Sinon.} \end{cases}$
- $c_i = \begin{cases} 1, & \text{si le point } i \text{ est un point central;} \\ 0, & \text{Sinon.} \end{cases}$
- $b_i = \begin{cases} 1, & \text{si le point } i \text{ est un point bruit;} \\ 0, & \text{Sinon.} \end{cases}$

#### Paramètres

- $\epsilon$  : Distance maximale entre deux points pour qu'ils soient considérés comme voisins.

- **MinPts** : Nombre minimal de points voisins requis pour qu'un point soit identifié comme un centre.
- $d_{ij}$  : Distance entre les points  $i$  et  $j$ .

### Contraintes

#### 1. Définition des voisins :

$$x_{ij} = 1 \text{ si } d_{ij} \leq \epsilon$$

Cela signifie que les points  $i$  et  $j$  sont dans le même cluster s'ils sont à une distance inférieure ou égale à  $\epsilon$ .

#### 2. Points centraux :

$$c_i = 1 \Rightarrow \sum_{j \in N(i)} x_{ij} \geq \text{MinPts}$$

Un point  $i$  est un point central s'il a au moins  $\text{MinPts}$  voisins dans son  $\epsilon$ -voisinage.

#### 3. Points bordures :

Si  $\exists j$  tel que  $x_{ij} = 1$  et  $c_j = 1 \Rightarrow c_i = 0$  (si  $i$  n'est pas central)

Un point  $i$  est un point bordure s'il est connecté à un point central mais n'est pas lui-même un point central.

#### 4. Points bruits :

$$b_i = 1 \Rightarrow c_i = 0 \text{ et } \sum_{j \in N(i)} x_{ij} < \text{MinPts}$$

Un point  $i$  est un point bruit s'il n'est ni un point central ni un point bordure.

### Fonction objectif

DBSCAN ne cherche pas à optimiser une fonction objectif spécifique comme dans les problèmes d'optimisation classiques. Cependant, on peut interpréter l'objectif comme la maximisation de la densité des clusters ou la minimisation des points bruit. Une fonction objectif indicative pourrait être formulée comme suit :

$$\text{Maximiser } \sum_i c_i - \sum_i b_i$$

où nous cherchons à maximiser le nombre de points centraux (donc la densité des clusters) et à minimiser le nombre de points bruit.

### 3.3.3 Avantages et inconvénients

#### Avantages

1. **Nombre de Clusters** : N'a pas besoin de spécifier le nombre de clusters à l'avance.
2. **Forme des Clusters** : Capable de découvrir des clusters de forme arbitraire.
3. **Gestion des Outliers** : Identifie naturellement les outliers en tant que points bruit.
4. **Scalabilité** : Efficace pour les grands ensembles de données avec des algorithmes de recherche de voisinage rapide [12].

#### inconvénients

1. **Sensibilité aux Paramètres** : Les résultats dépendent fortement des paramètres  $\epsilon$ (epsilon) et *MinPts*.
  2. **Densité Variable** : Difficile à utiliser lorsque les clusters ont des densités très différentes.
  3. **Dimensions Élevées** : Moins efficace en présence de nombreuses dimensions (malédiction de la dimensionnalité) [9].
- **Idéal pour** : Découverte de clusters de formes arbitraires et gestion des outliers.
  - **À éviter pour** : Données avec densités très variables ou dimensions élevées sans optimisation.

## 3.4 K-means

K-means est un algorithme de clustering bien connu et largement utilisé dans l'apprentissage automatique et l'analyse de données. Il partitionne un ensemble de données en  $k$  clusters, où chaque point de données appartient au cluster dont le centre (centroïde) est le plus proche. Voici une exploration mathématique détaillée de l'algorithme K-means [4].

### 3.4.1 Formulation Mathématique

#### Variables de décision

- $\mu_j$  : Coordonnées du centroïde du cluster  $j$  (c'est-à-dire  $\mu_j \in \mathbb{R}^d$  où  $d$  est la dimension des données).
- $z_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{si les points de données } i \text{ est assigné au cluster } j; \\ 0, & \end{cases}$

#### Paramètres

- $x_i$  Coordonnées du point de données  $i$  (c'est-à-dire  $x_i \in \mathbb{R}^d$  où  $d$  est la dimension des données).
- $k$  : Nombre de clusters.
- $n$  : Nombre total de points de données.

#### Contraintes

1. **Chaque point est assigné à exactement un cluster :**

$$\sum_{j=1}^k z_{ij} = 1, \quad \forall i \in \{1, \dots, n\}$$

Pour assure que chaque point est assigné à un et un seul cluster.

2. **Définition des centroïdes :**

$$\mu_j = \frac{\sum_{i=1}^n z_{ij} \cdot x_i}{\sum_{i=1}^n z_{ij}}, \quad \forall j \in \{1, \dots, k\}$$

Garantissant que chaque centroïde est la moyenne des points assignés à ce cluster.

#### Fonction objectif

L'objectif de K-means est de minimiser la somme des distances au carré entre chaque point de données et le centroïde de son cluster assigné. La fonction objectif est :

$$\min_{\mu, z} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^k z_{ij} \|x_i - \mu_j\|^2$$



### 3.4.2 Avantages et inconvénients

#### Avantages

1. **Simplicité et Efficacité** : Facile à comprendre, implémenter et exécuter rapidement.
2. **Scalabilité** : Très efficace pour les grands ensembles de données.
3. **Convergence Rapide** : Converge généralement rapidement vers un résultat stable.
4. **Clusters Sphériques** : Fonctionne bien lorsque les clusters sont sphériques et de taille similaire .

#### inconvénients

1. **Nombre de Clusters** : Doit spécifier le nombre de clusters  $k$  à l'avance.
  2. **Sensibilité aux Centroïdes Initiaux** : Les résultats peuvent varier en fonction de l'initialisation des centroïdes.
  3. **Forme des Clusters** : Ne fonctionne pas bien pour les clusters de formes non sphériques.
  4. **Outliers** : Sensible aux outliers qui peuvent déformer les clusters [12].
- **Idéal pour** : Clusters sphériques, grands ensembles de données, et situations où le nombre de clusters est connu.
  - **À éviter pour** : Données avec outliers, clusters de formes non sphériques, et lorsque le nombre de clusters n'est pas connu.

## 3.5 Affinity Propagation

Affinity Propagation (AP) est un algorithme de clustering relativement récent, introduit par Brendan J. Frey et Delbert Dueck en 2007. Il est largement utilisé dans divers domaines tels que l'apprentissage automatique, la bioinformatique, la vision par ordinateur et le traitement du langage naturel [11]. Contrairement à d'autres méthodes de clustering comme K-means, où le nombre de clusters doit être spécifié à l'avance, Affinity Propagation détermine automatiquement le nombre optimal de clusters à partir de données non structurées en se basant sur

les similitudes internes des données et sans nécessiter de spécification préalable du nombre de clusters.

### 3.5.1 Notions et Définitions Mathématiques

Affinity Propagation repose sur plusieurs notions clés et définitions mathématiques pour parvenir au clustering :

#### Paramètres

L'algorithme implique les paramètres suivants :

- **Matrice de Similarité ( $S$ )** : Matrice représentant les similarités entre chaque paire de points de données.
- **Paramètre de Préférence ( $\lambda$ )** : Contrôle le nombre d'exemplaires (centres de clusters) en définissant la préférence pour chaque point de devenir un exemplaire.

#### Concepts

Les concepts essentiels d'Affinity Propagation incluent :

- **Exemplaires** : Points qui servent de centres de clusters, identifiés automatiquement par l'algorithme.
- **Responsabilité ( $r_{ij}$ )** : Mesure à quel point un point  $i$  est approprié pour être l'exemplaire d'un autre point  $j$ , en fonction de leur similarité.
- **Disponibilité ( $a_{ij}$ )** : Reflète l'évidence accumulée pour déterminer à quel point il est approprié pour le point  $j$  de choisir le point  $i$  comme son exemplaire, en tenant compte des préférences des autres points.

#### Applications

Affinity Propagation a été appliqué dans divers domaines, notamment :

- **Segmentation d'Images** : Segmenter des images en fonction de leurs similarités visuelles.
- **Clustering de Documents** : Regrouper des documents par sujet ou similarité de contenu.

- **Biologie et Médecine** : Clustering des données d'expression génique pour des insights biologiques.

### 3.5.2 Formulation Mathématique

Affinity Propagation (AP) est un algorithme de clustering qui identifie un ensemble de points exemplaires, également appelés "exemplars", dans un ensemble de données [26].

Voici un modèle mathématique simplifié de l'algorithme AP :

#### Variables de décision

- $r_{ij}$  : Variable réelle qui représente la responsabilité que le point  $j$  attribue au point  $i$  pour être son exemplar.
- $y_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{si les points } i \text{ choisit } j \text{ comme exemplar;} \\ 0, & \text{Sinon.} \end{cases}$

#### Paramètres

- $s_{ij}$  : Similarité entre le point  $i$  et le point  $j$ .
- $\lambda$  : Paramètre de régularisation qui contrôle la quantité de messages échangés entre les points.

#### Contraintes

1. **Choix unique d'un exemplaire par point** :

$$\sum_i y_{ij} = 1, \quad \forall j$$

Chaque point peut choisir au plus un autre point comme exemplar.

2. **Equilibre des responsabilités et des disponibilités** :

La somme des responsabilités et des disponibilités pour chaque point doit être équilibrée :

$$r_{ij} + a_{ij} = s_{ij} - \max_{k \neq i} \{r_{kj} + a_{kj}\}, \quad \forall i, \quad \forall j$$

$a_{ij}$  est la disponibilité que le point  $j$  attribue au point  $i$ .

### Fonction objectif

L'objectif de l'algorithme AP est de maximiser la "net similarity", qui est définie comme la somme des similarités entre chaque point et son exemplar, moins la similarité moyenne entre chaque point et tous les autres points. La fonction objectif peut donc être exprimée comme suit :

$$\max \sum_{ij} y_{ij} \cdot s_{ij} - \sum_i \sum_j y_{ij} \cdot s_{ij} - \lambda \sum_{ij} y_{ij} \cdot r_{ij}$$

### 3.5.3 Avantages et inconvénients

#### Avantages

1. **Nombre de Clusters** : Détermine automatiquement le nombre de clusters.
2. **Centres des Clusters** : Identifie automatiquement les exemplars (centres des clusters).
3. **Densité** : Peut gérer des clusters de densités différentes
4. **Flexibilité** : Capable de trouver des clusters de formes variées.

#### inconvénients

1. **Complexité et Performance** : Peut être plus lent que K-means, particulièrement pour les grands ensembles de données.
  2. **Paramètres** : Sensible au choix des paramètres de préférence et de similarité, ce qui peut nécessiter des ajustements.
  3. **Convergence** : Parfois, l'algorithme peut ne pas converger ou converger vers des solutions de faible qualité.
- **Idéal pour** : Découverte automatique du nombre de clusters, clusters de formes variées, et données avec densités différentes.
  - **À éviter pour** : Très grands ensembles de données nécessitant une exécution rapide.

### 3.6 Optimisation Logistique et Stratégies de Cross-Docking

Afin de répondre efficacement aux besoins de nos clients finaux, nous avons envisagé diverses stratégies logistiques et avons trouvé que le cross-docking était essentiel. Cette méthode vise à minimiser le temps de transport et les coûts de stockage en permettant aux produits d'être déplacés directement de l'usine ou de la plateforme vers la zone de distribution sans stockage à long terme.

Dans la situation unique de l'Algérie, nous avons optimisé l'emplacement du centre de distribution en fonction des coordonnées géographiques des Wilayas et en tenant compte des différentes catégories de demande telles que les produits secs et réfrigérés. La capacité maximale de la plateforme a été soigneusement intégrée pour répondre aux besoins spécifiques de chaque zone.

Pour choisir la méthode la plus appropriée à notre contexte, nous avons d'abord considéré DBSCAN et K-Means. Cependant, nous avons constaté qu'il existe des limites importantes.

- ▷ DBSCAN est robuste dans la détection de clusters de densités différentes, mais est sensible aux paramètres et moins efficace lorsque de nombreuses dimensions sont présentes.
- ▷ K-Means, en revanche, nécessite que le nombre de clusters soit spécifié à l'avance et est sensible aux formes non sphériques des clusters et aux valeurs aberrantes qui peuvent affecter la précision des résultats.

En fin de compte, nous avons choisi Affinity Propagation en raison de ses avantages évidents.

Cette méthode permet une détermination automatique du nombre de clusters et une identification efficace des centres de clusters, tout en gérant des clusters de formes et de densités différentes. Utilisation de la propagation par affinité pour diviser les clients en clusters en fonction des besoins des clients et de la proximité géographique des usines et des plates-formes, optimisant ainsi l'emplacement des territoires de vente autour des centres de cluster identifiés.

En intégrant ces approches dans notre stratégie de gestion de la chaîne d'approvisionnement, nous visons à améliorer considérablement l'efficacité opérationnelle tout en répondant avec plus d'agilité et de précision aux divers besoins de

nos clients à travers l'Algérie.

### 3.6.1 Modèle Mathématique

Le modèle mathématique formalisant ce problème est composé de variables de décision, de paramètres, de contraintes, et d'une fonction objectif. Voici la description de ces éléments :

#### Variables de décision

- $x_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{si la plateforme } i \text{ est assignée à la région } j ; \\ 0, & \text{Sinon.} \end{cases}$

#### Paramètres

- $P$  : Ensemble des plateformes.
- $R$  : Ensemble des régions.
- $C$  : Ensemble des wilayas.
- $n_{jk}$  : Nombre de clients dans la wilaya  $k$  de la région  $j$ .
- $d_{ik}$  : Distance euclidienne entre la plateforme  $i$  de la wilaya  $k$ .
- $D$  : Distance maximale acceptable entre une plateforme et une wilaya.
- $c_{ij}$  : le coût unitaire de desserte de la wilaya  $k$  par la plateforme  $i$  dans la région  $j$ , basé sur la distance.
- $c'_{ij}$  : le coût unitaire de desserte de la wilaya  $k$  par la plateforme  $i$  dans la région  $j$ , basé sur le nombre de clients.

#### Contraintes

##### 1. Assignment Unique des Plateformes :

$$\sum_{j \in R} x_{ij} = 1, \quad \forall i \in P$$

Chaque plateforme doit être assignée à une seule région.

##### 2. Desserte Unique par Wilaya :

$$\sum_{i \in P} x_{ij} = 1, \quad \forall j \in R, \quad \forall k \in C$$

Une wilaya ne peut être desservie que par une seule plateforme dans sa région.

### 3. Contrainte de Distance Maximale :

$$d_{ik} \leq D, \quad \forall i \in P, \quad \forall j \in R, \quad \forall k \in C$$

La distance entre une plateforme et une wilaya ne doit pas dépasser une certaine limite.

### Fonction objectif

La fonction objectif est de minimiser le coût total de desserte des régions par les plateformes. Ce coût total peut être mesuré en fonction de divers critères tels que la distance entre les plateformes et les wilayas, ainsi que le nombre de clients à desservir dans chaque wilaya. La fonction objectif peut être formulée comme suit :

$$f(x) = \sum_{i \in P} \sum_{j \in R} \sum_{k \in C} (c_{ij} \cdot x_{ij} \cdot d_{ik} + c'_{ij} \cdot x_{ij} \cdot n_{jk})$$

où nous cherchons à maximiser le nombre de points centraux (donc la densité des clusters) et à minimiser le nombre de points bruit.

### 3.6.2 Résultat du programme en Python

#### *Interprétation des Figures*

#### Carte des clusters par région

Chaque carte générée représente visuellement les clusters de clients dans une région spécifique d'Algérie.

- Les marqueurs de cercle représentent les clients, où la taille du cercle est proportionnelle à la demande des clients dans cette wilaya.
- Les couleurs des cercles indiquent à quel cluster chaque client appartient.
- Les centres de clusters sont marqués par des étoiles bleues, indiquant les endroits où les clients sont regroupés de manière significative.

### Marqueurs pour les plateformes et les usines

- Les plateformes sont marquées par des icônes de nuage rouge.
- Les usines sont marquées par des icônes d'industrie bleue.

### Interprétation des couleurs

- Les couleurs des cercles représentent différents clusters de clients. Chaque cluster est attribué une couleur distincte pour faciliter la visualisation et l'interprétation spatiale des données.

### Analyse visuelle

- L'analyse des cartes permet de comprendre la répartition géographique des clients par clusters.
- Les cartes permettent également de visualiser la proximité des clients par rapport aux plateformes et aux usines, ce qui peut influencer les décisions stratégiques en matière de logistique et de distribution.

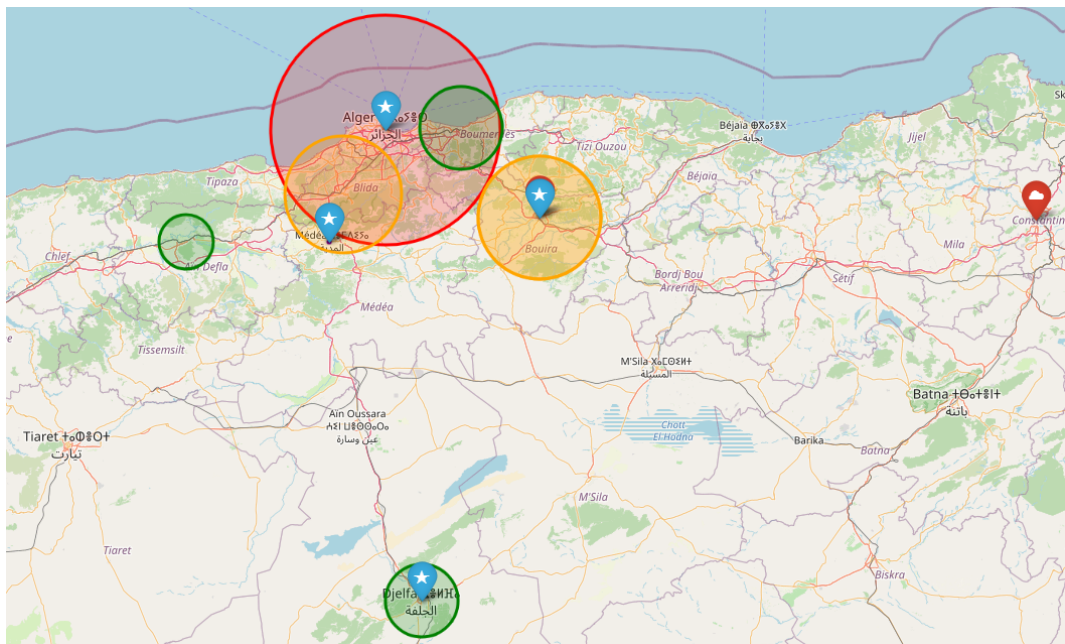


FIGURE 3.1 – Emplacement des zones au centre de l'Algérie



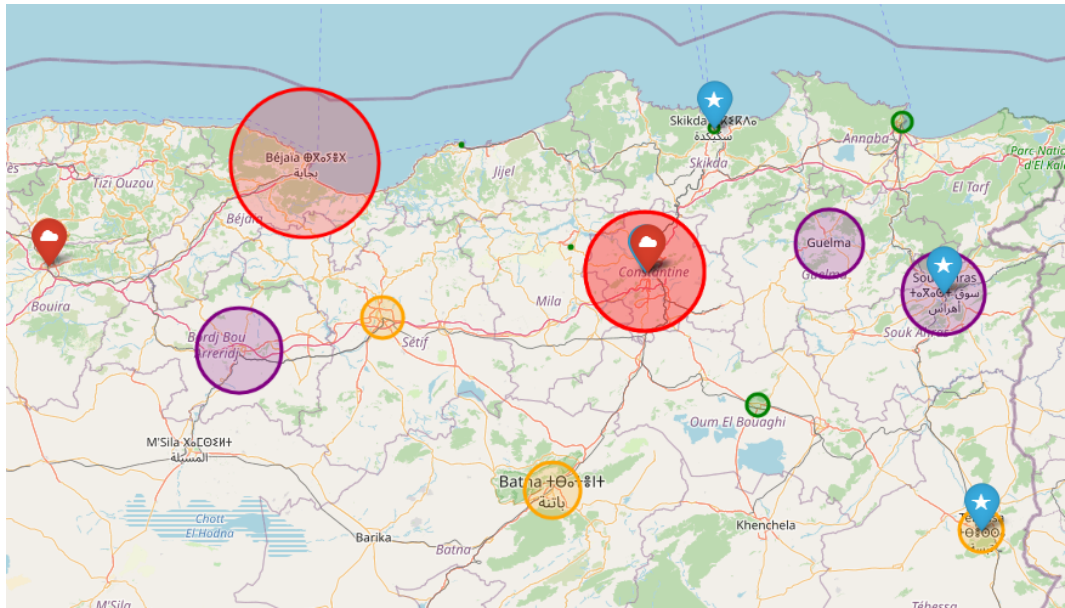


FIGURE 3.2 – Emplacement des zones à l’Est de l’Algérie

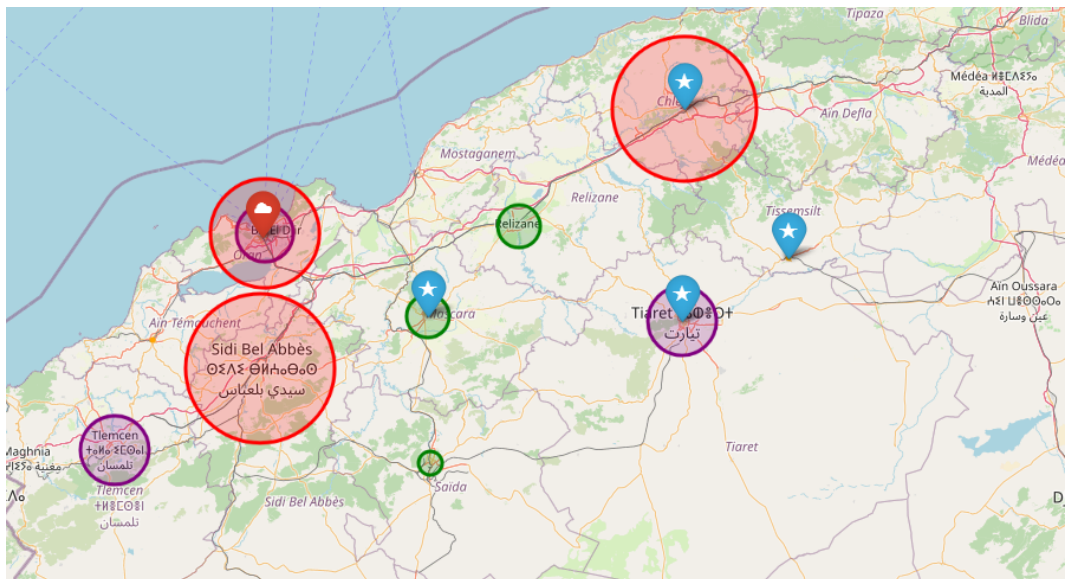


FIGURE 3.3 – Emplacement des zones à l’Ouest de l’Algérie

### Résultat obtenue

Suite à une analyse approfondie des cartes générées par le programme Python, les régions et leurs wilayas ont été initialement organisées comme indiqué dans le Tableau 3.1 :

Region	Wilaya
centre	BLIDA
	BOUMERDES
	ALGER
	TIPAZA
est	ANNABA
	BEJAIA
	CONSTANTINE
	GUELMA
	BOURDJ BOU ARRERIDJ
ouest	RELIZANE
	SIDI BEL ABBES
	TIZI OUZOU
	CHLEF
	TLEMCEN

TABLE 3.1: Répartition initiale des régions et wilayas avant réorganisation..

Certaines wilayas de la région Est ont été éliminées. BEJAIA est supprimée en raison de la présence d'usines, CONSTANTINE est exclue en raison de la présence d'une plateforme. Ainsi, une fois cette suppression effectuée, les wilayas restantes sont présentées dans le Tableau 3.2 :

Region	Wilaya
centre	BLIDA
	BOUMERDES
	ALGER
	TIPAZA
est	ANNABA
	GUELMA
	BOURDJ BOU ARRERIDJ
	RELIZANE

	SIDI BEL ABBES
	TIZI OUZOU
	CHLEF
	TLEMCEN

TABLE 3.2: Répartition des régions et wilayas après réorganisation..

D'après cette réorganisation, on peut conclure qu'il existe désormais 7 centres de distribution logistique régionale (CLRs) et que 5 nouvelles zones de distribution, comme présenté dans le Tableau 3.3 :

<b>Region</b>	<b>Wilaya</b>
centre	BOUMERDES
	TIPAZA
est	GUELMA
	BOURDJ BOU ARRERIDJ
ouest	CHLEF

TABLE 3.3: Nouvelles zones de distribution après réorganisation des régions et des wilayas.

En utilisant les cartes fournies par le programme Python, ces ajustements permettent d'améliorer la répartition des produits tout en prenant en considération les infrastructures déjà en place et la demande régionale.

### 3.7 Conclusion

L'exploration de données est cruciale pour résoudre le problème de localisation des actifs en identifiant des modèles cachés à partir des données. DBSCAN, K-Means et Affinity Propagation sont des outils flexibles pour regrouper efficacement les installations, chacun avec des avantages spécifiques comme la robustesse de DBSCAN et l'efficacité de K-Means sur les grands ensembles de données. Ces techniques mathématiques peuvent être intégrées dans des pro-

grammes informatiques pour des décisions stratégiques éclairées, optimisant ainsi l'emplacement des actifs pour une gestion logistique de qualité.

Après analyse avec Python, la réorganisation des wilayas en sept centres de distribution logistique régionale (CLRs) et cinq nouvelles zones de distribution vise à optimiser la répartition des produits en maximisant l'utilisation des infrastructures existantes et en répondant efficacement à la demande régionale.

Ces données réorganisées seront essentielles pour résoudre le problème de distribution au *Niveau 2* mentionné dans le Chapitre 1 'Présentation de l'entreprise CEVITAL'.

## CHAPITRE 4

# MODÉLISATION DE LA DISTRIBUTION DES PRODUITS AGROALÉMENTAIRES DU CEVITAL

La distribution optimale des produits agroalimentaires revêt une importance capitale pour toute entreprise qui souhaite répondre de manière efficace aux demandes du marché tout en réduisant au minimum les dépenses opérationnelles. Cette recherche se focalise sur la représentation graphique de la chaîne logistique de CEVITAL, en se basant sur des données précises sur une période de cinq mois. Les données sont issues de différentes sources, ce qui permet d'obtenir une vision globale des flux de produits, des capacités de stockage, des frais de transport et des niveaux de demande. En utilisant une approche méthodique rigoureuse, nous examinons comment améliorer la distribution afin de maximiser l'efficacité opérationnelle et satisfaire les besoins des clients dans un contexte dynamique et compétitif.

### 4.1 Présentation des Données

#### 4.1.1 Sources et Catégories de Données

Les données analysées dans cette étude proviennent de plusieurs sources distinctes, fournissant une vue d'ensemble complète sur la chaîne logistique de l'entreprise :

- CNDHL, RAFSUCPF1, RAFSUCPF2, MARG sont à Béjaïa

- DLOGCOJEK est à Elkseur mais il le considère à Béjaïa
- LLK est à Tizi Ouzou

Ces sources couvrent une période de cinq mois, de janvier à mai, et comprennent des informations détaillées sur les flux de produits, les capacités de stockage, les coûts de transport, et les niveaux de demande.

### **Catégories de Produits**

Les produits distribués par l'entreprise sont classés en deux grandes catégories :

**Produits secs** : Huile, Sucre, Eaux, Jus, Sauces, Confiture, Chocolat.

**Produits froids** : Margarines

### **Coût de transport**

#### **Produits Secs**

★ Coût : 82 DA par kilomètre

#### **Produits Froids**

★ Coût : 148 DA par kilomètre

**Coût de retour** : 35% du trajet total, ce qui inclut le retour des véhicules après la livraison.

### **Capacité et Coûts de stockage**

#### **Capacités de Stockage des plateformes pour les Produits Secs et froids**

Plateforme	stc/sec	stc/froid
Bouira	16,000	3,000
Hassi Aneur	8,000	800
El Kheroub	2,500	510

TABLE 4.1 – Capacités de Stockage des plateformes

#### **Capacités de Stockage des CLR pour les Produits Secs**

CLR	Capacité de Stockage (palettes)
CLR ANNABA	300
CLR BATNA	250
CLR SETIF	800
CLR HASSI AMEUR	1000
CLR MASCARA	650
CLR TLEMCEM	500
CLR MOSTAGANEM	300
CLR OUED RHIOU (Relizane)	1250
CLR SBA	500
CLR OUED SMAR (ALGER)	900
CLR MEDEA	600
CLR TIZI OUZOU	1500
CLR KOLEA	700

TABLE 4.2 – Capacités de Stockage des CLR

**Coûts de stockage :**

- ★ 450 dinars par palette pour les produits secs.
- ★ 1750 dinars par palette pour les produits froids.

**Coûts de Manutention**

**Plateformes**

- ★ **In** : 150,00 dinars par palette
- ★ **Out** : 150,00 dinars par palette

**CLRs**

- ★ Réception mensuelle par palettes : 500 dinars.

## 4.2 Méthodologie

### 4.2.1 Regroupement et Simplification des Données

Pour faciliter l'analyse et l'optimisation de la chaîne logistique, les données ont été regroupées et simplifiées comme suit :

**Combinaison des usines :**

Les usines ont été combinées pour créer des catégories simplifiées.

- CNDHL+RAFSUCPF1+RAFSUCPF2 + DLOGCOJEK (Béjaïa 1)
- MARG (Béjaïa 2)
- LLK (Tizi Ouzou 1)

ont été agrégées en trois catégories distinctes représentant les principaux sites de production.

**Segmentation des produits par type :**

Les produits ont été segmentés en deux sorts principaux : produits secs et produits froids. Cette division permet d'adapter les stratégies logistiques aux exigences spécifiques de chaque catégorie de produit.

#### **4.2.2 Méthode de classification ABC**

Pour les produits secs, une méthode de classification ABC a été utilisée pour distinguer les produits à stocker. La classification ABC permet de prioriser les produits en fonction de leur importance et de leur contribution à la valeur totale des stocks.

**Historique**

Les origines de la méthode de classification ABC remontent au principe de Pareto, également appelée règle des 80/20. Au début du 20e siècle, l'économiste italien Vilfredo Pareto a constaté que 20 % de la population possédait 80 % des terres en Italie. Par la suite, ce principe a été étendu à d'autres secteurs, suggérant que 80 % des conséquences découlent de 20 % des causes. Ce concept a été appliqué par le linguiste George Zipf à la fréquence des mots dans une langue, et par le pionnier en gestion de la qualité Joseph Juran à la gestion des stocks et de la qualité.

La méthode ABC a été formellement développée et introduite dans les années 1950 et 1960, en grande partie grâce aux travaux de H. Ford Dickie de General Electric. Elle a été conçue pour aider les entreprises à concentrer leurs efforts



de gestion sur les articles les plus importants, afin de maximiser l'efficacité et de réduire les coûts [13].

### **Collecte et Analyse des Données**

- **Données nécessaires** : Pour chaque article, il faut connaître le coût unitaire, la quantité annuelle utilisée ou vendue, et éventuellement d'autres paramètres pertinents comme les délais de livraison ou la criticité.
- **Sources de données** : Les données peuvent être collectées à partir des systèmes de gestion des stocks, des ventes, de la production et des achats [24].

### **Calcul des Valeurs Annuelles**

- **Formule** : Valeur annuelle = Coût unitaire x Quantité annuelle.

### **Classement et Calcul des Pourcentages Cumulatifs**

- **Tri** : Les articles sont classés par ordre décroissant de leur valeur annuelle.
- Les pourcentages cumulatifs sont calculés en ajoutant successivement la valeur annuelle de chaque article et en divisant par la valeur annuelle totale de tous les articles.

### **Détermination des Seuils ABC**

#### **Seuils typiques :**

- **Catégorie A** : Les articles représentant 70 à 80 % de la valeur totale, mais seulement 10 à 20 % des articles.
- **Catégorie B** : Les articles représentant 15 à 25 % de la valeur totale, avec environ 20 à 30 % des articles.
- **Catégorie C** : Les articles représentant 5 à 10 % de la valeur totale, mais 50 à 60 % des articles.

### Adaptation des seuils :

Les seuils peuvent être ajustés en fonction des besoins spécifiques de l'entreprise et de la nature des articles.

### Classification ABC des produits

Produits	Tonnages	Valeur des Sorties cumulée	%Valeur des Sorties cumulée	Classement
SUCRES	54 038	54 038	50,78248774	A
HUILES	28 204	82 243	77,28736532	A
EAUX MINERALES	21 144	103 387	97,15753285	B
EAUX FRUITEES	2 658	106 045	99,65510139	C
SAUCES	356	106 400	99,98936611	C
CHOCOLATS	8	106 409	99,99722051	C
CONFITURES	3	106 412	100	C
<b>Total</b>	106 412			

TABLE 4.3 – Classification ABC des produits

### Remarque

La méthode de classification ABC a été utilisée pour les produits secs afin de distinguer les produits à stocker. Cependant, il est important de noter que nous avons annulé le stock des produits, car l'entreprise ne nous a pas fourni les demandes des clients. Les seules données disponibles sont les quantités transportées. Par conséquent, les calculs des demandes se basent uniquement sur les quantités de produits transportés, sans tenir compte des stocks.

### 4.2.3 Calcul des Demandes

Pour calculer les demandes des clients finaux, une approche statique a été adoptée, reposant sur les données de transport existantes :

**Approche statique des demandes :**

Les demandes ont été calculées en sommant les quantités transportées pour chaque produit durant la période de janvier à mai.

**Catégorisation des produits et la quantité transporté :**

les quantités de produits transportées sont directement tirées des données précises fournies standard l'entreprise pour chaque catégorie de produits. Ces valeurs représentent fidèlement les quantités réellement transportées, assurant ainsi une précision maximale dans notre examine et nos calculs.

#### 4.2.4 Analyse des Capacités de Stockage

L'analyse des capacités de stockage a été réalisée en inhabitant compte des établissements existants et des nouvelles zones de dispersion. :

**Utilisation des capacités de stockage existantes et nouvelles zones :**

Les capacités de stockage des plateformes et des CLR existants ont été analysées. De plus, les nouvelles zones de dispersion ont été intégrées à l'analyse pour s'assurer qu'elles disposent des capacités nécessaires pour répondre aux demandes.

On propose que la capacité de stockage des nouvelles zones soit équivalente à la moyenne des capacités de stockage des CLR existants. Pour les produits froids, les capacités de stockage sont ajustées à 30% de cette moyenne.

### 4.3 Optimisation de la Distribution

#### 4.3.1 Paramètres

**Ensembles**

$I$  : Ensemble des usines.

$J$  : Ensemble des plateformes.

$K$  : Ensemble des zones.

$P$  : Ensemble des produits secs.

$Q$  : Ensemble des produits froids.

$C$  : Ensemble des clients.

### **Distances**

$D_{ij}$  : Distance entre l'usine  $i$  et la plateforme  $j$ .

$D_{ik}$  : Distance entre l'usine  $i$  et les zones  $k$ .

$D_{jk}$  : Distance entre la plateforme  $j$  et la zone  $k$ .

### **Capacité de stockage**

$S_{jp}$  : Capacité de stockage maximale du produit sec sur la plateforme  $j$ .

$S_{jq}$  : Capacité de stockage maximale du produit froid sur la plateforme  $j$ .

$S_{Kp}$  : Capacité de stockage maximale du produit sec pour les zones  $K$ .

$S_{Kq}$  : Capacité de stockage maximale du produit froid pour les zones  $K$ .

### **Reste de stockage**

$\text{Rest}_{jp}$  : Reste de stockage du produit sec sur la plateforme  $j$ .

$\text{Rest}_{jq}$  : Reste de stockage du produit froid sur la plateforme  $j$ .

$\text{Rest}_{kp}$  : Reste de stockage maximal du produit sec pour les zones  $k$ .

$\text{Rest}_{kq}$  : Reste de stockage maximal du produit froid pour les zones  $k$ .

### **Forfait**

Forfait stockage sec.

Forfait stockage froid.

### **Demande**

$D_{cp}$  : Demande du produit sec  $p$  pour le client  $c$ .

$D_{cq}$  : Demande du produit froid  $q$  pour le client  $c$ .

### **Coûts de manutention**

$C_{jin}$  : Coût de fourche "in" (réception de palettes) sur la plateforme  $j$ .

$C_{jout}$  : Coût de fourche "out" (expédition de palettes) sur la plateforme  $j$ .

$C_f$  : Coût de manutention.

### **Coûts de transport et de stockage**

$C_{trans\_sec}$  = 82 DA par kilomètre.

$C_{trans\_froid}$  = 148 DA par kilomètre.

$C_{stock\_sec}$  = 450 DA par palette.

$C_{stock\_froid}$  = 1750 DA par palette.

## **4.3.2 Variables de décision**

### **Quantités transportées**

$x_{ijp}$  : Quantité de produit sec  $p$  transportée de l'usine  $i$  à la plateforme  $j$ .

$x_{ijq}$  : Quantité de produit froid  $q$  transportée de l'usine  $i$  à la plateforme  $j$ .

$y_{jkp}$  : Quantité de produit sec  $p$  transportée de la plateforme  $j$  aux zones  $k$ .

$y_{jkq}$  : Quantité de produit froid  $q$  transportée de la plateforme  $j$  aux zones  $k$ .

$z_{ikp}$  : Quantité de produit sec  $p$  transportée de l'usine  $i$  aux zones  $k$ .

$z_{ikq}$  : Quantité de produit froid  $q$  transportée de l'usine  $i$  aux zones  $k$ .

### L'affectation de la demande

$a_{ij}$  : Variable binaire indiquant si la demande est affectée de l'usine  $i$  à la plateforme  $j$ .

$e_{jk}$  : Variable binaire indiquant si la demande est affectée de la plateforme  $j$  aux zones  $k$ .

$h_{ik}$  : Variable binaire indiquant si la demande est affectée directement de l'usine  $i$  aux zones  $k$ .

### 4.3.3 Contraintes

#### 1. Contraintes de Capacité

Pour les Plateformes :

$$\sum_{i \in I} x_{ijp} + \sum_{k \in K} y_{jkp} \leq S_{jp}, \quad \forall j \in J, \forall p \in P \quad (4.1)$$

$$\sum_{i \in I} x_{ijq} + \sum_{k \in K} y_{jkq} \leq S_{jq}, \quad \forall j \in J, \forall q \in Q \quad (4.2)$$

Pour les Zones :

$$\sum_{i \in I} z_{ikp} + \sum_{j \in J} y_{jkp} \leq S_{kp}, \quad \forall k \in K, \forall p \in P \quad (4.3)$$

$$\sum_{i \in I} z_{ikq} + \sum_{j \in J} y_{jkq} \leq S_{kq}, \quad \forall k \in K, \forall q \in Q \quad (4.4)$$

#### 2. Contraintes de Demande

$$\sum_{j \in J} y_{jkp} + \sum_{i \in I} z_{ikp} = D_{cp}, \quad \forall c \in C, \forall p \in P \quad (4.5)$$

$$\sum_{j \in J} y_{jkq} + \sum_{i \in I} z_{ikq} = D_{cq}, \quad \forall c \in C, \forall q \in Q \quad (4.6)$$

#### 3. Contraintes d'affectation

Contrainte pour l'affectation des usines aux plateformes :

$$a_{ij} = 1 \Rightarrow \sum_{p \in P} x_{ijp} + \sum_{q \in Q} x_{ijq} > 0, \quad \forall j \in J \quad (4.1)$$

Contrainte pour l'affectation des plateformes aux zones :

$$e_{jk} = 1 \Rightarrow \sum_{p \in P} y_{jkp} + \sum_{q \in Q} y_{jkq} > 0, \quad \forall k \in K \quad (4.2)$$

Contrainte pour l'affectation directe des usines aux zones :

$$h_{ik} = 1 \Rightarrow \sum_{p \in P} z_{ikp} + \sum_{q \in Q} z_{ikq} > 0, \quad \forall k \in K \quad (4.3)$$

#### 4. Stockage restant

Pour les Plateformes :

$$\text{Rest}_{jp} = S_{jp} + \sum_{i \in I} x_{ijp} - \sum_{k \in K} y_{jkp} - D_{cp}, \quad \forall j \in J, \forall p \in P \quad (4.4)$$

$$\text{Rest}_{jq} = S_{jq} + \sum_{i \in I} x_{ijq} + \sum_{k \in K} y_{jkq} - D_{cq}, \quad \forall j \in J, \forall q \in Q \quad (4.5)$$

Pour les Zones :

$$\text{Rest}_{kp} = S_{kp} + \sum_{j \in J} y_{jkp} + \sum_{i \in I} z_{ikp} - D_{cp}, \quad \forall k \in K, \forall p \in P \quad (4.6)$$

$$\text{Rest}_{kq} = S_{kq} + \sum_{j \in J} y_{jkq} + \sum_{i \in I} z_{ikq} - D_{cq}, \quad \forall k \in K, \forall q \in Q \quad (4.7)$$

#### 5. Classification des Zones

$$k \in K \begin{cases} \text{CLR si } \text{Rest}_{kp} > 0 \\ \text{ZE si } \text{Rest}_{kp} = 0 \end{cases}$$

##### 4.3.4 Calcul des Coûts

#### Coûts Totaux de Transport

$$\begin{aligned} \text{Coûts totaux de transport} &= \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} (D_{ij} \cdot C_{\text{trans\_sec}} \cdot a_{ij} + D_{ij} \cdot C_{\text{trans\_froid}} \cdot a_{ij}) \\ &+ \sum_{j \in J} \sum_{k \in K} (D_{jk} \cdot C_{\text{trans\_sec}} \cdot e_{jk} + D_{jk} \cdot C_{\text{trans\_froid}} \cdot e_{jk}) \\ &+ \sum_{i \in I} \sum_{k \in K} (D_{ik} \cdot C_{\text{trans\_sec}} \cdot h_{ik} + D_{ik} \cdot C_{\text{trans\_froid}} \cdot h_{ik}) \end{aligned}$$

### Coûts Totaux de Retour

$$\text{Coûts totaux de retour} = 0.35 \times \text{Coûts totaux de transport}$$

### Coûts Totaux de Stockage

Pour les plateformes :

$$\text{Coûts de stockage pour les plateformes} = \sum_{j \in J} (\text{Rest}_{jp} \cdot C_{\text{stock\_sec}} + \text{Rest}_{jq} \cdot C_{\text{stock\_froid}})$$

Pour les zones :

$$\text{Coûts de stockage pour les zones} = \sum_{k \in K} (\text{Rest}_{kp} \cdot C_{\text{stock\_sec}} + \text{Rest}_{kq} \cdot C_{\text{stock\_froid}})$$

$$\text{Coûts totaux de stockage} = \text{Coûts de stockage pour les plateformes} + \text{Coûts de stockage pour les zones}$$

### Coûts Totaux de Manutention

Pour les plateformes :

$$\begin{aligned} \text{Coûts de manutention pour les plateformes} &= \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} (X_{ijp} \cdot C_{\text{jin}} + X_{ijq} \cdot C_{\text{jin}}) \\ &+ \sum_{j \in J} (T_{jep} \cdot C_{\text{jout}} + T_{jeq} \cdot C_{\text{jout}}) \end{aligned}$$

Pour les zones :

$$\begin{aligned} \text{Coûts de manutention pour les zones} &= \sum_{i \in I} \sum_{k \in K} (Z_{ikp} \cdot C_f + Z_{ikq} \cdot C_f) \\ &+ \sum_{j \in J} \sum_{k \in K} (Y_{jkp} \cdot C_f + Y_{jkq} \cdot C_f) \end{aligned}$$



## Coût Total

Coût total = Coûts totaux de transport

+Coûts totaux de retour

+Coûts totaux de stockage

+Coûts totaux de manutention

## 4.4 Résultats et Analyse

Dans cette section, nous examinerons en détail les résultats obtenus à partir de l'application du modèle d'optimisation à la distribution des produits alimentaires. Nous commencerons par présenter les résultats préliminaires basés sur les données initiales pour l'horizon d'un mois, puis nous étendrons l'analyse sur l'horizon de trois mois pour une vue plus complète de l'exécution du modèle. Le modèle proposé a été implémenté et résolu avec le solveur CPLEX , en utilisant le langage Python comme interface . Cette approche nous a permis de gérer efficacement des données complexes et d'effectuer des simulations précises , ce qui a donné lieu à une solution optimisée pour la livraison.

### 4.4.1 Résultats Préliminaires

Les résultats préliminaires pour l'horizon d'un mois mettent en lumière les conclusions initiales de notre étude. Nous présenterons :

- Les quantités optimales de produits secs et froids transportées entre les usines, les plateformes et les zones de distribution.
- Les coûts totaux de transport, incluant les coûts de retour, ainsi que les coûts de stockage et de manutention pour chaque type de produit.

### Résultats du Mois de Janvier 2024

Ce tableau représente clairement les résultats du mois de janvier pour les itinéraires de transport, ainsi que les coûts totaux associés.

Catégorie	Zones	CLRs
<b>Coût Total</b>	226,366,980.75	248,126,927.91
<b>Coût Transport</b>	18,630	20,010
<b>Coût Retour</b>	6,520.50	7,003.50
<b>Coût Stockage</b>	202,186,600	226,630,600
<b>Coût Manutention</b>	31,502,539.63	25,443,641.09

TABLE 4.4: Récapitulatif des coûts pour les catégories de zones et CLRs pour le mois de janvier

### Résultats du Mois de Février 2024

Ce tableau représente clairement les résultats du mois de Février pour les itinéraires de transport, ainsi que les coûts totaux associés.

Catégorie	Zones	CLRs
<b>Coût Total</b>	228,530,076.64	251,459,759.98
<b>Coût Transport</b>	18,630	20,010
<b>Coût Retour</b>	6,520.50	7,003.50
<b>Coût Stockage</b>	202,186,600	226,630,600
<b>Coût Manutention</b>	26,318,326.14	24,802,146.48

TABLE 4.5: Récapitulatif des coûts pour les catégories de zones et CLRs pour le mois de février

### Résultats du Mois de Mars 2024

Ce tableau représente clairement les résultats du mois de Mars pour les itinéraires de transport, ainsi que les coûts totaux associés.

Catégorie	Zones	CLRs
-----------	-------	------

<b>Coût Total</b>	234,298,391.63	258,135,827.97
<b>Coût Transport</b>	18,630	20,010
<b>Coût Retour</b>	6,520.50	7,003.50
<b>Coût Stockage</b>	202,186,600	226,630,600
<b>Coût Manutention</b>	32,086,641.13	31,478,214.47

TABLE 4.6: Récapitulatif des coûts pour les catégories de zones et CLR's pour le mois de mars

#### Résultats du Mois de Avril 2024

Ce tableau représente clairement les résultats du mois d'Avril pour les itinéraires de transport, ainsi que les coûts totaux associés.

<b>Catégorie</b>	<b>Zones</b>	<b>CLR's</b>
<b>Coût Total</b>	224,610,292.35	248,122,971.97
<b>Coût Transport</b>	18,630	20,010
<b>Coût Retour</b>	6,520.50	7,003.50
<b>Coût Stockage</b>	202,186,600	226,630,600
<b>Coût Manutention</b>	22,398,541.85	21,465,358.47

TABLE 4.7: Récapitulatif des coûts pour les catégories de zones et CLR's pour le mois d'avril

#### Résultats du Mois de Mai 2024

Ces tableaux représentent clairement les résultats du mois de mai pour les itinéraires de transport, ainsi que les coûts totaux associés.

<b>Catégorie</b>	<b>Zones</b>	<b>CLR's</b>
<b>Coût Total</b>	233,714,290.13	252,101,254.59
<b>Coût Transport</b>	18,630	20,010
<b>Coût Retour</b>	6,520.50	7,003.50
<b>Coût Stockage</b>	202,186,600	226,630,600

<b>Coût Manutention</b>	31,502,539.63	25,443,641.09
-------------------------	---------------	---------------

TABLE 4.8: Récapitulatif des coûts pour les catégories de zones et CLR pour le mois de mai

### Résultats du Trimestre (Mars + Avril + Mai) 2024

Ces tableaux représentent clairement les résultats du trimestre (mars, avril et mai) pour les itinéraires de transport, ainsi que les coûts totaux associés.

Catégorie	Zones	CLRs
<b>Coût Total</b>	286,301,111.04	303,852,362.34
<b>Coût Transport</b>	18,630	20,010
<b>Coût Retour</b>	6,520.50	7,003.50
<b>Coût Stockage</b>	202,186,600	226,242,100
<b>Coût Manutention</b>	84,089,360.54	77,583,248.84

TABLE 4.9: Récapitulatif des coûts pour les catégories de zones et CLR pour le trimestre (mars, avril, mai)

#### 4.4.2 Analyse des Résultats

##### Pour les mois

- Les CLR présentent un coût total légèrement supérieur aux zones pour les mois du janvier à mai. Cela pourrait indiquer une efficacité opérationnelle légèrement inférieure dans les CLR par rapport aux zones pour ces mois spécifiques.
- Les coûts de manutention sont plus élevés pour les zones par rapport aux CLR, suggérant des besoins en main-d'œuvre plus importants ou des

##### Pour le Trimestre (Mars, Avril, Mai)

- Les coûts totaux augmentent significativement pour les deux catégories (zones et CLR) lorsqu'on passe du mois au trimestre. Cela pourrait indiquer une

augmentation de la demande ou une expansion des opérations sur une période plus longue.

- Les coûts de stockage sont plus élevés pour les CLR par rapport aux zones, suggérant que les CLR offrant une capacité de stockage plus importante ou des infrastructures plus coûteuses pour gérer les produits sur le trimestre.
- Les zones aient eu des usures de manutention plus élevées en mai, le coût total sur le trimestre montre une inversion où les CLR affichent des usures de manutention plus élevées. Cela suggère des variations dans la charge de travail ou dans les stratégies de gestion des opérations logistiques sur une période plus longue.

#### **Interprétation des résultats**

- Les zones affichent une meilleure performance en termes de coûts totaux pour les mois, indiquant une efficacité opérationnelle potentiellement supérieure dans la gestion des coûts.
- Au cours du trimestre, bien que les coûts totaux soient plus élevés pour les CLR, cela pourrait refléter une capacité accrue à répondre à une demande croissante ou à couvrir une plus grande région géographique.
- Les zones ont un coût de manutention plus élevé que les CLR. Cela suggère que les opérations dans les zones nécessitent plus de ressources en termes de main-d'œuvre et de gestion des matériaux par rapport aux opérations centralisées dans les CLR pour ce mois spécifique.

#### **Implications stratégiques :**

- Il est crucial d'améliorer la gestion des coûts de manutention dans les zones pour aligner les performances avec celles des CLR.
- Identifier les causes des variations mensuelles et trimestrielles peut guider les stratégies d'optimisation ciblées, telles que la gestion de capacité, la réduction des coûts opérationnels et l'optimisation des itinéraires de transport.

## 4.5 Conclusion

L'analyse de la distribution des produits agroalimentaires de Cevital a permis d'explorer des stratégies logistiques optimales. En utilisant des techniques d'analyse avancées, nous avons identifié des méthodes pour optimiser l'utilisation des capacités de stockage et des nouveaux points de distribution. L'incorporation de modèles mathématiques a permis une distribution optimale, réduisant les coûts opérationnels et améliorant la satisfaction client. Les résultats offrent un fondement solide pour renforcer la compétitivité de Cevital et soulignent l'importance d'améliorer les chaînes logistiques. Cette étude met en lumière les défis et opportunités dans la distribution agroalimentaire, établissant des bases solides pour des décisions stratégiques éclairées.

## CONCLUSION GÉNÉRALE

Les chaînes logistiques de commercialisation des produits alimentaires sont souvent connues par leur non efficacité, qui impacte d'une manière directe les revenus des entreprises ainsi que le niveau de satisfaction des clients.

L'idée de mise en place de programmes d'optimisation des infrastructures logistiques s'avère plus que nécessaire. Le travail que nous avons réalisé dans le cadre de ce mémoire illustre comment des besoins stratégiques et opérationnels de chaînes logistiques peuvent être résolus par des méthodes d'optimisation de la Recherche Opérationnelle. Ceci a été réalisé en deux parties principales.

Le but du travail de la première partie de ce mémoire est de répondre au problème concernant le redimensionnement du réseaux de distribution des produits agroalimentaires de l'entreprise CEVITAL. Nous proposons, à travers cette étude une solution au problème de restructuration du réseaux d'approvisionnement et de distribution de ses produits sur tout le territoire national, en créant de nouvelles zones de réapprovisionnement, sans connaître au préalable des sites candidats mais juste en s'appuyant sur l'idée de minimisation des différentes distances entre les différents emplacements et les clients grossistes. Pour ce faire, nous avons modélisé ce problème sous forme de problème de localisation que nous résolu avec la méthode de diffusion d'affinité. Quant à la deuxième partie, nous avons procédé à l'évaluation de la fonction coûts engendrés par cette nouvelle structuration tout en la comparant à l'existante. Ceci a été réalisé en implémentant et résolvant le modèle proposé en exploitant le solveur CPLEX 22.11 en utilisant le langage Python comme interface.

Ces deux parties ont ainsi permis d'émettre des résultats stratégiques aux gestionnaires servant d'aide à la décision dans leur gestion. Selon les résultats auxquels on a abouti, un réaménagement du réseau de distribution du groupe Cevital lui permettrait une meilleure disponibilité de ses produits à moindre coûts et un meilleur niveau de satisfaction des clients grossistes. Ceci aura notamment un impact significatif sur le développement de l'entreprise au niveau local ainsi qu' à l'échelle internationale. Notons que la prise en compte de la fluctuation de la demande n'est pas considérée dans notre travail car on n'a pas eu accès aux données relatives aux différentes demandes (demande des clients grossistes, demandes des CLR, demandes des Plates-formes). Ceci nous laisse à l'envisager comme première perspective de recherche de ce présent travail.



## BIBLIOGRAPHIE

- [1] Groupe cevital. <https://www.cevital-agro-industrie.com>, 2024.
- [2] Mecalux - cours logistique entrepot, Accessed 2024.
- [3] Thomas Bäck, David B. Fogel, and Zbigniew Michalewicz. *An Overview of Heuristic Methods for Combinatorial Optimization Problems*. Publisher, 1999.
- [4] C.Bishop. *Pattern Recognition and Machine Learning*. Springer, 2006.
- [5] M. Christopher and H. L. Lee. *Logistics and Supply Chain Management : Creating Value-Adding Networks*. Pearson Education, 2004.
- [6] John Doe. *Optimization Methods*. Optimization Press, New York, 2020.
- [7] T. Dries and M. Mecheri. .optimisation du problÃ¨me lot sizing avec transport : cas des huiles elio au niveau de cevital. Master’s thesis, Université de Béjaia, 2023.
- [8] J. Dréo, A. Pétrowski, P. Siarry, E. Taillard, and A. Chatterjee. *Meta-heuristics for Hard Optimization : Methods and Case Studies*. Springer, 2005.
- [9] M. Ester, H. P. Kriegel, J. Sander, and X. Xu. A density-based algorithm for discovering clusters in large spatial databaseswith noise. In E. Simoudis, J. Han, and U Fayyad, editors, *iirg Sander, Xiaowei Xu*, volume 12 of *Lecture Notes in Operations Research*, pages 226–231, 1996.

- [10] R. Z. Farahani and M. Hekmatfar. *Facility Location Concepts, Models, Algorithms and Case Studies*. Contributions to Management Science. Springer, 2009.
- [11] B. J. Frey and D. Dueck. Clustering by passing messages between data points. *Science*, 315(4) :972–972, Février 2007.
- [12] J. Han, M. Kamber, and J. Pei. *Data Mining. Concepts and Techniques*. Elsevier, 2012.
- [13] Joseph M. Juran. *Quality Control Handbook*. McGraw-Hill, 1988.
- [14] S. Kendi-Kara. *Problèmes de Localisation : Optimalité et Efficacité Economique. Théorie et Application*. PhD thesis, Université de Béjaia, 2022.
- [15] M. Khelifi and T. Hafsi. Groupe cevital - gestion stratégique (b) maîtriser la croissance, c’est vital! Technical report, HEC Montréal, 2013.
- [16] S. Martello and I. H. Osman. A metaheuristic is an iterative master process that guides and modifies the operations of subordinate heuristics to produce high-quality solutions efficiently. In I. H. Osman S. Voss, S. Martello and C. Roucairol, editors, *Meta-heuristics : Advances and Trends in Local Search Paradigms for Optimization*. Kluwer Academic Publishers, Boston-Dordrecht-London, 1998.
- [17] P. Médan and A. Gratacap. *Logistique et supply chain management : Intégration, collaboration et risques dans la chaîne logistique globale*. Dunod, 2008.
- [18] S. Mebarki and L. Tahiri. Optimisation du réseau logistique de distribution : cas des huiles au niveau de cévital. Master’s thesis, Université de Béjaia, 2015.
- [19] G. L. Nemhauser and L. A. Wolsey. *Integer and Combinatorial Optimization*. Wiley-Interscience, 1988.
- [20] E. Taillard. *Design of Heuristic Algorithms for Hard Optimization*. Graduate Texts in Operations Research. Springer, 2023.
- [21] E.-G. Talbi. *Metaheuristics : From Design to Implementation*. Wiley, 2009.
- [22] P. N. Tan, M. Steinbach, and V. Kumar. *Introduction to Data Mining*. Addison-Wesley, 2005.

- [23] D. Tixier, H. Mathee, and J. Colin. *La logistique au service de l'entreprise : Moyen, mécanismes et enjeux*. Dunod entreprise, Paris, 1983.
- [24] Tony Wild. *Best Practice in Inventory Management*. Butterworth-Heinemann, 2002.
- [25] L. Wolsey. *Integer Programming*. Wiley-Blackwell, second edition, 2021.
- [26] D. Zhou, C. L. P. Chen, and Z. Zhang. Parallel affinity propagation clustering. In *Proceedings of the 2011 International Conference on Fuzzy Systems and Knowledge Discovery (FSKD)*. IEEE, 2011.

**Résumé :** Dans ce mémoire, nos recherches démontrent comment les défis stratégiques et opérationnels de la chaîne logistique qui peuvent être résolus à l'aide de techniques d'optimisation des enjeux de la recherche opérationnelle. Cette étude présente, d'une part, une approche visant à résoudre le problème de restructuration du réseau d'approvisionnement et de distribution des produits alimentaires de CEVITAL à travers le pays, en créant de nouvelles zones d'approvisionnement sans préconnaissance des emplacements spécifiques. D'autre part, elle permet d'évaluer la nouvelle structure retrouvée et de la comparer à celle existante, sur la base des différents coûts engendrés, à travers l'élaboration d'un modèle mathématique d'optimisation résolu sous CPLEX.

**Mots clés :** Chaines logistiques, modélisation, optimisation, localisation, data-mining, Affinity Propagation.

**Abstract :** In this dissertation, our research demonstrates how strategic and operational supply chain challenges can be addressed using operations research optimization techniques. This study presents, on the one hand, an approach aimed at solving the redesign problem of the supply and distribution network of CEVITAL's food products across the country, by creating new supply zones without prior knowledge of specific locations. On the other hand, it allows us to evaluate the new found structure and to compare this latter to the existing one, according to different generated costs, through the development of a mathematical optimization model solved under CPLEX.

**Keywords :** supply chains, modeling, optimization, location, data-mining, Affinity Propagation.