



---

Département: Génie Industriel  
Entreprise d'accueil: HADDOUD Salim COMPANY

**Mémoire de projet de fin d'études**  
Pour l'obtention du diplôme d'ingénieur d'Etat en Génie Industriel

---

**Optimisation de la performance des Supply Chains  
phoenicicoles: Cas de l'entreprise HADDOUD**

---

Réalisé par :  
M. BELOUHRANI Kamel-Eddine  
M. BEGHADAD Yakoub

Sous la direction de :  
M. ZOUAGHI Iskander

Présenté et soutenu publiquement le (30/06/2022)

Composition du jury :

Président	Mme. Fatima Nibouche,	MCA	ENP
Examinatrice	Mme. Sofia Ait Bouazza,	MAA	ENP
Promoteur	M. Iskander Zouaghi,	MCA	ENP



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

---



---

Département: Génie Industriel  
Entreprise d'accueil: HADDOUD Salim COMPANY

**Mémoire de projet de fin d'études**  
Pour l'obtention du diplôme d'ingénieur d'Etat en Génie Industriel

---

## **Optimisation de la performance des Supply Chains phoenicicoles: Cas de l'entreprise HADDOUD**

---

Réalisé par :  
M. BELOUHRANI Kamel-Eddine  
M. BEGHADAD Yakoub

Sous la direction de :  
M. ZOUAGHI Iskander

Présenté et soutenu publiquement le (30/06/2022)

Composition du jury :

Président	Mme. Fatima Nibouche,	MCA	ENP
Examinatrice	Mme. Sofia Ait Bouazza,	MAA	ENP
Promoteur	M. Iskander Zouaghi,	MCA	ENP

*Dédicaces:*

*“L’accomplissement de ce travail a été possible grâce aux soutiens de plusieurs personnes à qui je voudrais témoigner toute ma reconnaissance.*

*Tout d’abord, je tiens à exprimer ma profonde gratitude à ma mère, **Nadia**, et à ma tante, **Fatiha** pour leurs soutien inépuisable durant l’ensemble de mes études.*

*À la mémoire de mon père, **Nacer Eddine**, j’aurais tant aimé qu’il soit présent. Que Dieu ait son âme dans sa sainte miséricorde.*

*Je remercie également mes frères , **Amine** et **Khaled**, qui ont toujours cru en moi.*

*Pour finir, je remercie infiniment, mes soeurs, **Yasmina**, **Lilia** et **Amina**, qui ont été présentes à tous les moments importants de ma vie”*

*Kamel-Eddine BELOUHRANI, Si vis pacem, Para bellum.*

*Dédicaces:*

*“Happiness Can Be Found even in The Darkest of times If one only remembers to turn on the light ” Albus Dumbeldore*

*BEGHDAD Yaakoub*

## ***Remerciements:***

Tout d'abord, nous remercions **Allah** le tout puissant de nous avoir donné le courage et la patience nécessaires à mener ce travail à son terme.

Nous tenons à remercier tout particulièrement notre promoteur **M. ZOUAGHI Iskander**, pour l'aide compétente qu'il nous a apportée, pour sa patience et son encouragement. Son œil critique nous a été très précieux pour structurer le travail et pour améliorer la qualité des différentes sections.

Nous tenons à remercier également notre encadreur **M. HADDOUD Nadjib** pour son aide immense, la qualité de son suivi ainsi que pour tous les conseils et les informations qu'il nous a prodigués avec un degré de patience et de professionnalisme sans égal.

Nous désirons également remercier **M. BELGUEDJ Malek** pour les renseignements précieux qu'il nous a fournis.

Nous remercions également **Mme. GRID Zahra** ainsi que tous le staff de la **HADDOUD Salim Company**, pour leurs aides précieuses, leurs encouragements et pour avoir rendu notre projet une expérience très enrichissante.

Un grand remerciement est destiné aussi à tous les opérateurs économiques, les responsables de laboratoires et les agents du secteur public que nous avons eu la chance de rencontrer et qui ont répondu présent à toutes nos questions et préoccupations.

Que les membres de jury trouvent, ici, l'expression de nos sincères remerciements pour l'honneur qu'ils nous font en prenant le temps de lire et d'évaluer ce travail.

## ملخص:

هذا البحث يقدم نموذجا جديدا للتعامل مع سلسلة الإمدادات الغذائية ، تم إكتشاف طريقة هجينة للتعامل مع هذا المشكل يتوافق مع النظام الصناعي الجديد ، نتائج البحث واعدة جدا تم إثبات فاعليتها نظريا لتحسين مردودية الإنتاج ، تم أيضا إيجاد حل جديد لمشكلة تحديد الموقع الأمثل للمنشآت المركزية، الآفاق واعدة جدا لبناء نموذج متجدد عام لمشكلة تسيير الصناعات الغذائية.

---

كلمات مفتاحية : سلسلة الإمدادات الغذائية ، تحليل سلسلة الإمدادات، تحديد الموقع للمنشآت المركزية.

## Abstract:

This research presents a general model to optimize AgriFood's Supply Chain , a new hybrid qualitative and quantitative approach in the modern agricultural industry , results are very promising , a new method is discovered in the field of warehouse localisation problem, the perspectives are open to build a powerful generic model.

---

Key Words: AgriFood's Supply Chain , Supply Chain Optimization, Warehouse localisation.

## Résumé:

Cette étude présente un modèle général pour optimiser la supply chain agroalimentaire, une nouvelle approche hybride qualitative et quantitative dans l'industrie agricole moderne, les résultats sont très prometteurs, une nouvelle méthode a été découverte dans le domaine de la localisation des entrepôts, les perspectives sont ouvertes pour construire un modèle générique puissant.

---

Mots clés: Supply chain agroalimentaire, Optimisation de la SC, Localisation des entrepôts.

# Tables des matières

Dédicaces	
Remerciements	
Liste des tableaux	
Liste des figures	
Liste des abréviations	
Introduction générale.....	14
Chapitre 1: Etat de l'art.....	16
Introduction .....	17
Généralités sur la supply chain et le supply chain management.....	18
1-Définition de la Supply Chain .....	18
2-La notion de flux.....	19
3-Le concept Supply Chain Management.....	20
4-Evolution du Supply Chain Management.....	21
5-Supply Chain et prise de décision.....	22
6-Introduction à la notion de Supply Chain Analytics.....	22
7-Typologie Supply Chain Analytics.....	23
Méthodologie d'évaluation d'une Supply Chain.....	25
1-Définition de l'Audit logistique.....	25
2-Les référentiels d'Audit logistique.....	25
Méthodologie d'optimisation de la Supply Chain.....	27
1-Analyse RFM (Segmentation des clients).....	27
3-Supplier Spatial Choice Making.....	29
4-Warehouse Localisation Problem.....	31
5-Warehouse Design Problem (Design d'entrepôt).....	33
6-Modèle de prévisions (Série temporelle).....	35
Conclusion .....	38

Chapitre 2: Etat des lieux.....	39
Introduction.....	40
Présentation de la filière phoenicicole.....	41
1-Distribution géographique du palmier dattier.....	41
2-Production mondiale.....	42
3-Situation en Algérie.....	43
3-1-Analyse de la Production.....	43
3-2 Cartographie des chaînes de valeurs.....	46
3-3 Identification des acteurs.....	48
3-4 Analyse des exportations.....	50
Présentation et diagnostic de l'entreprise d'accueil.....	52
1-Historique.....	52
2-Structure et organisation de l'entreprise.....	52
3-Produit proposé et zone d'approvisionnement.....	55
4-Analyse du chiffre d'affaire.....	56
5-Analyse des exportations.....	58
5-1 Étendue du territoire.....	58
5-2 Part de marché sur la période 2017-2021.....	59
6-Analyse Swot Préliminaire .....	59
6-1 Analyse interne .....	60
6-2 Analyse externe.....	60
Organisation et Audit de la supply chain de l'entreprise.....	61
1-Organisation Générale de la SC.....	61
1-1 Description du processus d'approvisionnement.....	62
1-2 Description du processus de production.....	62
1-3 Description du processus de commercialisation.....	63
2-Audit Référentiel ASLOG.....	64
Conclusion.....	66

CHAPITRE 3: Optimisation de la SC.....	67
Introduction .....	68
1-Application de la méthode RFM.....	69
2-Application du Supplier Spatial Choice Making.....	70
3- Application du Warehouse Localisation Problem.....	75
4- Application Warehouse Design Management.....	85
5- Application des modèles de prévisions .....	87
6- Modèle Générique.....	92
Conclusion Générale.....	93
Bibliographie .....	94
Annexes.....	95
(A) Données HADDOUD Salim Company	
(B) Données ALGEX	
(C) Questionnaires ASLOG	
(D) ALGORITHMIQUES	

## Liste des tableaux:

Tab1.1 : Tableau récapitulatif de la structure du chapitre 1 .....	17
Tab1.2: Evolution du SC (Martin et Towill; 2000) .....	21
Tab 1.3: Supply chain et décisions .....	22
Tab1.4: Outils du SUPPLY CHAIN ANALYTICS .....	24
Tab2.1 : Tableau récapitulatif de la structure du chapitre 2 .....	40
Tab2.2: Classement des principaux pays producteurs. ....	42
Tab2.3: Répartition des palmiers par wilaya (MADR; 2017) .....	44
Tab 2.4: les acteurs directs du circuit commercial. ....	48
Tab2.5 : Carte d'identité HADDOUD Salim COMPANY .....	52
Tab2.6: les entités opérationnelles HADDOUD Salim Company.....	53
Tab2.7: Gamme de produit HADDOUD Salim Company .....	55
Tab 2.8: Chiffre d'affaires par année (2011-2021) .....	56
Tab 2.9: Taux de croissance du chiffre d'affaires. ....	57
Tab 2.10: Destination finale des produits .....	58
Tab 2.11: Part de marché .....	59
Tab 2.12: Analyse interne de l'entreprise. ....	60
Tab 2.13: Analyse externe de l'entreprise. ....	60
Tab 2.14: Résultat référentiel ASLOG Adapté .....	65
Tab 3.1: Tableau récapitulatif de la structure du chapitre 3. ....	68
Tab 3.2: Attribution des score R, F, M .....	69
Tab 3.3: Affectation des pays par label .....	69
Tab 3.4: Caractéristique des labels .....	70
Tab 3.5: Récapitulatif des solutions. ....	92

## Listes des figures:

Fig 1.1.: Supply chain basique	18
Fig 1.2: Supply Chain multicanal	19
Fig 1.3: Le processus supply chain et ses flux	20
Fig 1.4: Positionnement des référentiels	26
Fig 1.5: RFM Metrics	27
Fig 1.6: Plan deux dimensions (Oxy)	30
Fig1.7: Plan 3 dimensions (Oxyz)	30
Fig 1.8: Représentation graphique d'une zone de stockage et de déstockage	33
Fig 2.1: Répartition Géographique du palmier dattier	41
Fig2.2: Bassin de production (OADA; 2018)	43
Fig2.3: Evolution de la production 2010-2020	45
Fig 2.4: Destination de la production nationale	45
Fig 2.5: Chaîne de valeurs des dattes.	46
Fig 2.6: Chaîne de valeurs des produits dérivés	46
Fig.2.7: Réseau commercial des dattes.	47
Fig 2.8: Evolution des exportations sur la période 2017-2021	50
Fig 2.9: exportations en valeur cumulée sur la période 2017-2021	51
Fig2.10: Organigramme fonctionnel	54
Fig 2.11: Courbe des tendances (chiffre d'affaires)	56
Fig 2.12: Macro processus SC HADDOUD COMPANY	61
Fig 2.13: Processus d'approvisionnement	62
Fig 2.14 : Processus de production	62
Fig 2.15: processus de commercialisation	63
Fig 3.1: KPI par Fournisseur	72
Fig 3.2: Visualisation sur	73
Fig 3.3: Distances euclidiennes.	73
Fig 3.4: Classification euclidiennes.....	73
Fig 3.5: Classement finale des fournisseurs	74
Fig 3.6: Données de localisation des fournisseurs.	81
Fig 3.7: Affectation des localisations fournisseurs.	82
Fig 3.8: Algorithme d'application de la méthode des moyennes pondérées	83
Fig 3.9: Carte géographique des localisations des deux méthodes	84
Fig 3.10: Conception de la zone de stockage optimale	86
Fig 3.11: Volume d'exportation en fonction des années	87
Fig 3.12: série chronologique de la variation du volume d'exportation	88

Fig 3.13: Résultat du lissage exponentiel double .....	88
Fig 3.14: Données du volume d'exportation par pays en tonnes. ....	89
Fig 3.15: Série chronologique du label diamond .....	89
Fig 3.16: Données du volume d'exportation par datte en tonnes .....	90
Fig 3.17: Série chronologique de la variation du volume d'exportation par dattes .....	90
Fig 3.18: Série chronologique de la datte conditionnée .....	91
Fig 3.19: Résultat du lissage exponentiel double pour chaque type de dattes .....	91

## Listes des abréviations:

ALGEX: Agence nationale de la promotion du commerce extérieur.

ASCM: Association for Supply Chain Management.

ASLOG: Association française de la supply chain et de la logistique.

CAGEX: Compagnie algérienne de Garantie et d'assurances à l'exportation.

FAO: Organisation pour l'alimentation et l'agriculture

KPI: Key Performance Index

MAE: Mean absolute error

MSLE: Mean Squared Logarithmic Error.

MTS: Make-To-Stock.

OADA: Organisation arabe pour le développement agricole

OR: Operation Research.

PM: Programmation Mathématique.

PME: Petite et Moyenne Entreprise

PMI: Petite ou Moyenne entreprise Industrielle.

QOOQCP: Quoi, Qui, Où, Quand, Comment, Pourquoi.

RFM: Récence, Fréquence, Montant.

SC: Supply Chain

SCM: Supply Chain Management.

SWOT: Strengths, Weaknesses, Opportunities, and Threats.

# Introduction Générale

## Introduction Générale

La Supply chain requiert que le bon produit soit fourni au bon moment, au bon endroit et en quantité adéquate. Cela implique essentiellement l'actualisation de quoi, qui, quand, où, pourquoi et comment (QOOQCP) initié par la philosophie aristotélicienne des siècles auparavant.

En raison de la complexité de la SC globale, la discipline du génie industriel est bien placée pour mettre ses outils et ses techniques au service des divers défis rencontrés. De la sorte, les sujets tels que les KPI (key performance index), les statistiques prédictives, la modélisation et l'optimisation des systèmes, les prévisions.. etc font partie de la boîte à outils des ingénieurs industriels et peuvent être appliqués directement aux problèmes de la Supply chain.

En effet, notre Projet de fin d'étude, présenté par ce document, se concentre sur la supply chain agroalimentaire, en général, et la filière phoenicicole en particulier. Dans la plupart des cas, une supply chain agroalimentaire est caractérisée par les éléments suivants :

- La prévision (pour prévoir les besoins du marché).
- La production (pour répondre à la demande prévue).
- Le Transport (pour acheminer les marchandises vers le marché).
- La Distribution (pour acheminer les marchandises vers les points de vente).
- La Transaction (vente des biens en gros, au détail, etc.)
- La Consommation (utilisation des biens par l'acheteur).
- La Répétition (répétition de l'ensemble du processus pour maintenir le marché).

Durant notre période de stage au sein de HADDOUD Salim Company. Nous avons été amenés à la rencontre des différents aspects relevant de la complexité de la supply chain du secteur agroalimentaire. Au cours de notre intégration, une problématique a retenu notre attention:

- Comment optimiser la performance des supply chains agroalimentaire ?

Dans l'optique de convenir à la résolution de cette problématique. Nous avons subdivisé le présent travail en (3) Chapitres:

- Le premier chapitre fait référence à la revue littéraire nécessaire à la résolution des problématiques.

- Le deuxième chapitre est consacré à l'état des lieux en remédiant à la présentation et au jugement des pratiques de la filière phoenicicole en générale et à l'entreprise en particulier et nous procéderons à la fin au diagnostic de la supply chain HADDOUD Salim Company par l'audit ASLOG.
- Le troisième chapitre offre une optique sur les méthodes qu'on a pu mettre en place dans la démarche d'optimisation de la supply chain de l'entreprise en question.

# CHAPITRE 1: Etat de l'art

«Il vaut mieux avoir approximativement raison que très précisément tort.»

John Maynard Keynes

# INTRODUCTION

Ce chapitre, consacré à la revue littéraire, a pour objectif la présentation des outils et des concepts du cadre théorique utilisé dans la démarche plébiscitée pour la solution proposée. Nous présenterons d'abord, les généralités sur la supply chain et le supply chain management afin de se familiariser avec le lexique du domaine. Ensuite nous introduisons l'évaluation de la performance de la SC par le diagnostic logistique en citant les référentiels existants. Enfin, nous allons nous intéresser à la synthèse des méthodes qualitatives et quantitatives de l'optimisation de la performance d'une SC.

Ci Dessous un tableau récapitulatif des principaux éléments qui seront revu durant ce chapitre:

Tab1.1 : Tableau récapitulatif de la structure du chapitre 1

Etapas	Éléments
Etape 1: Généralités sur la supply chain et le supply chain management	Définition de la Supply Chain
	La notion de flux
	Le concept Supply Chain Management
	Evolution du Supply Chain Management
	Supply Chain et Prise de décision
	Introduction à la notion de Supply Chain Analytics
	Typologie Supply Chain Analytics
Etape 2: Méthodologie d'évaluation d'une Supply Chain	Définition de l'Audit logistique
	Les référentiels d'Audit logistique
Etape 3: Méthodologie d'optimisation de la Supply Chain	Analyse RFM: Segmentation des clients
	Supplier Spatial Choice Making
	Warehouse Localisation Problem
	Warehouse Design Problem Design d'entrepôt
	Les méthodes de prévision: Série temporelle

# Généralités sur la supply chain et le supply chain management

Dans la perspective d'assurer la compétitivité sur le marché international, les entreprises ont fait du Supply Chain Management une source pour le maintien de l'avantage concurrentiel. Cette partie est donc consacrée à la revue, au classement et à la synthèse de certains aspects de la Supply Chain dont les définitions sont largement utilisées dans le monde académique et dans la pratique.

## 1-Définition de la Supply Chain

Le terme Supply chain a été introduit pour la première fois en 1958 par Jay Wright Forrester. (Rouquet; 2017). Sa traduction française diverge, mais l'expression la plus exacte est la chaîne d'approvisionnement. (Medan et al; 2008). Il existe, en effet, plusieurs interprétations d'un point de vue littéraire. Nous avons donc fait le choix d'en garder que deux définitions:

Pour Christopher M. (1992) « *une supply chain est un réseau d'organisation qui supporte des flux physiques, informationnels et financiers, impliqués par des relations en amont vers l'aval, dans différents processus et activités, qui fournissent un produit ou un service, dans le but de satisfaire le client* » .

Parallèlement, Lee et Billington. (1993) la définissent ainsi: « *une supply chain peut être perçue comme un réseau d'installations qui assure les fonctions d'approvisionnement en matières premières, de transformation de ces dernières en produits finis, et de distribution des produits finis vers le client* ».

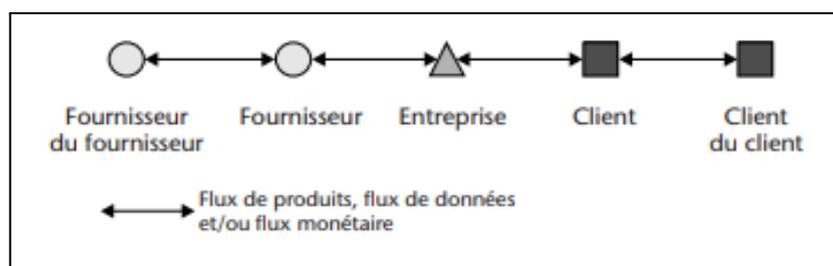


Fig 1.1.: Supply chain basique (Lemoigne; 2017)

En réalité, les Supply Chains n'ont du terme "Chain" que le nom. Elles sont constituées d'un réseau complexe d'entités. (Lemoigne; 2017).

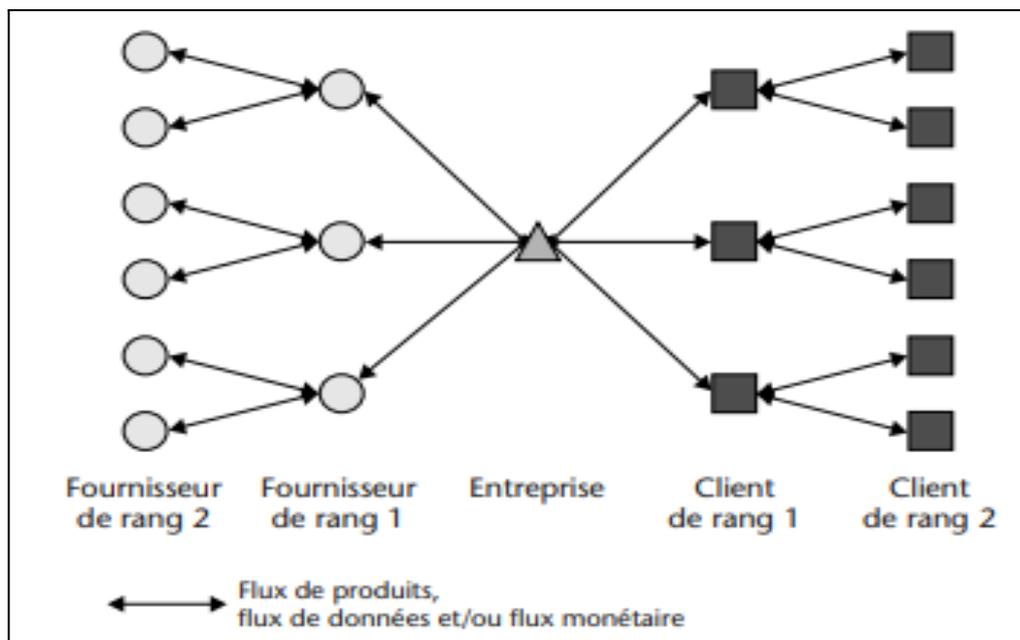


Fig 1.2: Supply Chain multicanal (Lemoigne; 2017)

## 2-La notion de flux

Au sein d'une chaîne d'approvisionnement, il y a trois flux essentiels<sup>1</sup>:

- le flux physique** : le mouvement physique des matières premières, des pièces et des composants, des produits semi-finis et finis.
- le flux d'informations** : toutes les données et informations pertinentes communiquées et partagées entre les membres de la chaîne d'approvisionnement, y compris, par exemple, les données relatives aux ventes et à la demande, les plans et les calendriers de production, les dates de livraison, les niveaux de stock et les capacités de production disponibles
- le flux financier** : les transactions liées aux paiements, aux crédits, aux liquidités et aux factures entre les membres de la chaîne d'approvisionnement.

Notons aussi qu'une chaîne d'approvisionnement typique comporte diverses parties: les consommateurs, les détaillants, les grossistes/distributeurs, les producteurs/manufacturiers, fournisseurs de composants et de matières premières. (Chopra et Meindl, 2016).

<sup>1</sup> <https://fosburit.com/business/supply-chain-management/> (15/05/2022)

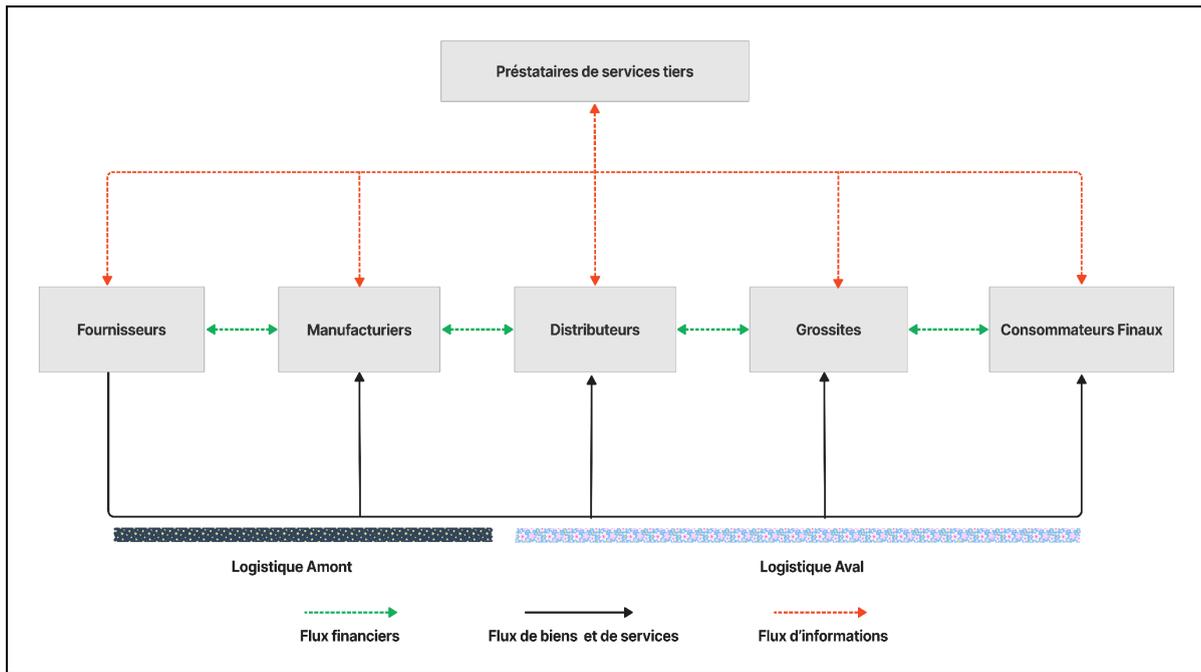


Fig 1.3: Le processus supply chain et ses flux (Min et Zhou; 2002)

### 3-Le concept Supply Chain Management

En 1982, Oliver Weber a introduit le concept de Supply Chain Management, dans une publication scientifique intitulée:« *Supply Chain Management : Logistics Catches Up With Strategy*». (Stadtler et Kilger; 2002).

La notion de SCM a suscité de nombreuses définitions depuis son apparition dans la littérature. Selon Simchi-Levi et al (2003) «*La SCM est un ensemble d'approches utilisées pour intégrer efficacement les fournisseurs, les manufacturiers, les entrepôts et les points de vente, de manière à ce que les marchandises soient produites et distribuées à des quantités adéquates, au bon endroit et au bon endroit, afin de minimiser les coûts à l'échelle du réseau tout en satisfaisant les exigences en terme de niveau de service*».

Quant à <sup>2</sup>:« *La conception, la planification, l'exécution, le contrôle et la surveillance des activités de la chaîne d'approvisionnement dans le but de créer une valeur nette, de mettre en place une infrastructure compétitive, de tirer parti de la logistique mondiale, de synchroniser l'offre et la demande et de mesurer les performances à l'échelle globale.*».

<sup>2</sup> ASCM (Association for Supply Chain Management)

## 4-Evolution du Supply Chain Management

Si nous partons du fait que le SCM est une philosophie qui se traduit par une approche intégrative (Croom et al; 2000).

Le tableau résume les évolutions de philosophie, de l'orientation et des paramètres de performance du SCM , des premiers stades à l'ère actuelle.

Tab1.2: Evolution du SC (Martin et Towill; 2000)

Stade d'évolution	Période	Philosophie	Orientation	Paramètre de performance
1	Début des années 1980	Axé sur le produit	Qualité	Les niveaux de stock. Coût de production.
2	Fin des années 1980	Axé sur le Volume	Cout	Débit de production. Capacité de production.
3	Début des années 1990	Axé sur le Marché	Disponibilité du produit	Part de marché Taux d'exécution des commandes
4	Fin des années 1990	Axé sur le client	Lead time	Satisfaction du client Valeur ajoutée Délai de traitement des demandes
5	Début des années 2000	Axé sur la connaissance	Information	Communication en continu. Business intelligence.

## 5-Supply Chain et Prise de décision

Le tableau suivant résume les niveaux décisionnels d'une entreprise associée aux fonctions logistiques<sup>3</sup>.

Tab 1.3: Supply chain et décisions

Fonction logistique d'une entreprise					
Niveau décisionnel	Acheter	Produire	Stocker	Transporter	Vendre
Stratégique	Choix du fournisseurs	Choix des installations	Choix du réseau de distribution	Choix du mode de transport et des transporteurs	Choix du produit et de son client
Tactique	Planification des achats	Planification de la production	Planification de la distribution	Planification des transports	Prévisions Des ventes
Opérationnel	Gestion des achats	Gestion de la production	Gestion des stocks	Gestion des transports	Administrati on des ventes
Exécutive	Approvisionnement	Suivi d'atelier	Gestion de l'entrepôt	Gestion des tournées	Saisie des commandes

## 6-Introduction à la notion de Supply Chain Analytics

L'Institute for Operations Research (OR) and Management Science définit l'Analytics comme suit: « *le processus scientifique de transformation des données en informations permettant de prendre de meilleures décisions* ». (Informs, 2019).

Selon<sup>4</sup> La Supply Chain Analytics désigne les méthodes utilisées par les organisations pour mieux comprendre et extraire de la valeur des volumes importants de données associées à différents stade d'une SC: les achats, la production, la distribution, le transport, etc...

<sup>3</sup> (la revue Stratégie logistique n°63, novembre 2003)

<sup>4</sup> <https://www.techtarget.com/searcherp/definition/supply-chain-analytics> (15/05/2022)

Une définition un peu plus académique a retenu notre attention: la SCA est simplement définie comme l'application des techniques du Machine Learning et de l'Analyse des données à différentes étapes d'une chaîne d'approvisionnement afin d'améliorer les performances globale pour répondre aux attentes des clients voir les dépasser. (Kurt; 2021).

## 7-Typologie Supply Chain Analytics

La communauté OR/analytics reconnaît que l'analytique peut être définie en trois grandes catégories principales (Halo; 2019) : l'analyse descriptive (que s'est-il passé ?), l'analyse prédictive (que pourrait-il arriver ?), l'analyse prescriptive (comment réagir au mieux ?). En intégrant les concepts du supply chain management nous obtiendront des définitions plus étendues (Robertson; 2021):

- **L'analyse descriptive:** consiste à décrire ce qui s'est déjà produit. Donc à analyser l'historique des données afin de donner un sens à ce qui s'est passé. C'est généralement la première des trois approches analytiques à être appliquée à une situation ou une étude des Supply Chains.
- **L'analyse prédictive:** consiste à tenter de prévoir l'avenir. Ces prévisions ne peuvent pas être faites avec une certitude de 100%. Les approches utilisées ici comprennent l'analyse des séries temporelles des facteurs importants de la SC tels que les niveaux des ventes futures par combinaison de produits/services, les niveaux des stocks prévus, les prévisions de capacité, les performances de livraison prévues et les coûts de SC prévus.
- **L'analyse prescriptive:** vise à fournir une aide au choix, cela veut dire qu'à partir de plusieurs solutions disponibles, quelle est celle qui optimise le mieux la performance d'une Supply Chain ? Les usagers prescrivent d'abord les alternatives à l'aide d'outils analytiques prescriptifs, puis utilisent des méthodes d'analyse décisionnelle pour choisir l'alternative qui répond le mieux aux objectifs prédéfinis. Les outils couramment utilisés comprennent les modèles de gestion des stocks, les modes de transport, de transbordement et d'affectation, les modèles de réseau et, enfin et surtout, la programmation mathématique. L'analyse décisionnelle et les arbres de décision sont ensuite utilisés pour choisir parmi les alternatives générées. L'analyse prescriptive et surtout la programmation mathématique visent en grande partie l'optimisation des SCs (Render et al. 2015). Ce qui veut dire que l'utilisation efficace de l'analytique prescriptive à des questions telles que la planification et l'ordonnancement, les modèles de mise en charge des installations, l'approvisionnement, la livraison et la gestion des stocks, permet d'optimiser les performances clés de la SC à savoir: l'adéquation entre l'offre et la demande, la

capacité, les temps de cycle de la SC, la rotation des stocks, la performance de la les performances de livraison aux clients et les coûts de SC.

Tab1.4: Outils du SUPPLY CHAIN ANALYTICS

Outils du SCA	
Analyse Descriptive	Statistiques Descriptives Distributions statistiques Contrôle des processus statistiques Association et séquences Segmentation et regroupement Analyse de régression Analyse des clients Analyse des fournisseurs Analyse concurrentielle Modèle PESTLE Modèle SWOT Analyse Économique
Analyse Prédictive	Modèles de Prévission Chaîne de Markov Théorie des contraintes Théorie des files d'attente Dynamique des systèmes et simulation
Analyse Prescriptive	Modèles de gestion des stocks Modèles de Transports et de Transbordements Modèles d'affectation Modèles de réseau Programmation mathématique Aide à la décision

# Méthodologie d'évaluation d'une Supply Chain

## 1-Définition de l'Audit logistique

Selon<sup>5</sup> **L'audit logistique** est un diagnostic de la Supply Chain d'une société. Il permet donc:

- Identifier les points faibles qui se dégagent du management de la SC.
- Identifier les axes de productivité.
- Restructurer si nécessaire l'organisation des flux de la SC.

## 2-Les référentiels d'Audit logistique

Il existe de nombreux référentiels permettant de réaliser un audit logistique. Parmi ceux ci, on peut citer (Roques, 2015) :

- Le Référentiel EVALOG global<sup>6</sup>** : est un outil permettant d'évaluer l'aptitude à la logistique d'un fournisseur et de l'ensemble des acteurs de la chaîne logistique de l'industrie automobile.
- Le Référentiel NF-X 50600<sup>7</sup>**: le référentiel est conçu par l'association française de normalisation AFNOR.
- Le Référentiel SCOR**: initié par l'association Supply Chain Council, c'est peut être l'un des référentiels les plus connus du domaine de la chaîne logistique. Son nom est le résultat de l'acronyme (Supply-Chain Operations Reference-model).

Les modèles d'audit cités ci-dessus sont principalement applicables au sein des grandes entreprises, cependant, certains référentiels ont été créés afin de s'adapter aux réalités des PME. Parmi ceux-ci:

- Le Référentiel de SUPPLY CHAIN MASTERS<sup>8</sup>**: Créé en 2007, il couvre l'ensemble des métiers, des processus, des bonnes pratiques, des leviers d'action et des technologies de la SC, Symbolisé par la Roue de la Supply Chain, il se compose de 17 modules-clés depuis la stratégie Supply Chain jusqu'à la mesure des performances en passant par les différentes composantes fonctionnelles et techniques du Supply Chain Management. Appliqué aux

---

<sup>5</sup><https://www.shiptify.com/blog/audit-chaine-logistique/> (19/05/2022)

<sup>6</sup> <https://www.galia.com/fr/> (19/05/2022)

<sup>7</sup> <https://www.afnor.org/> (19/05/2022)

<sup>8</sup> <https://supplychain-masters.fr/> (19/05/2022)

entreprises de tous secteurs d'activité, en particulier aux PME , il constitue une base de connaissances pour comprendre les enjeux et le fonctionnement de la Supply Chain ainsi que pour le calcul de la maturité d'une chaîne logistique et sur une échelle de 0 à 4.

- **Le Référentiel d'excellence de l'ASLOG:** développée par Association Française de la Supply Chain et de la Logistique. Le référentiel tire son nom de l'acronyme de l'association (AS: Association)( LOG: Logistique)

L'ensemble de ces référentiels peut être positionné sur la figure suivante<sup>9</sup>:

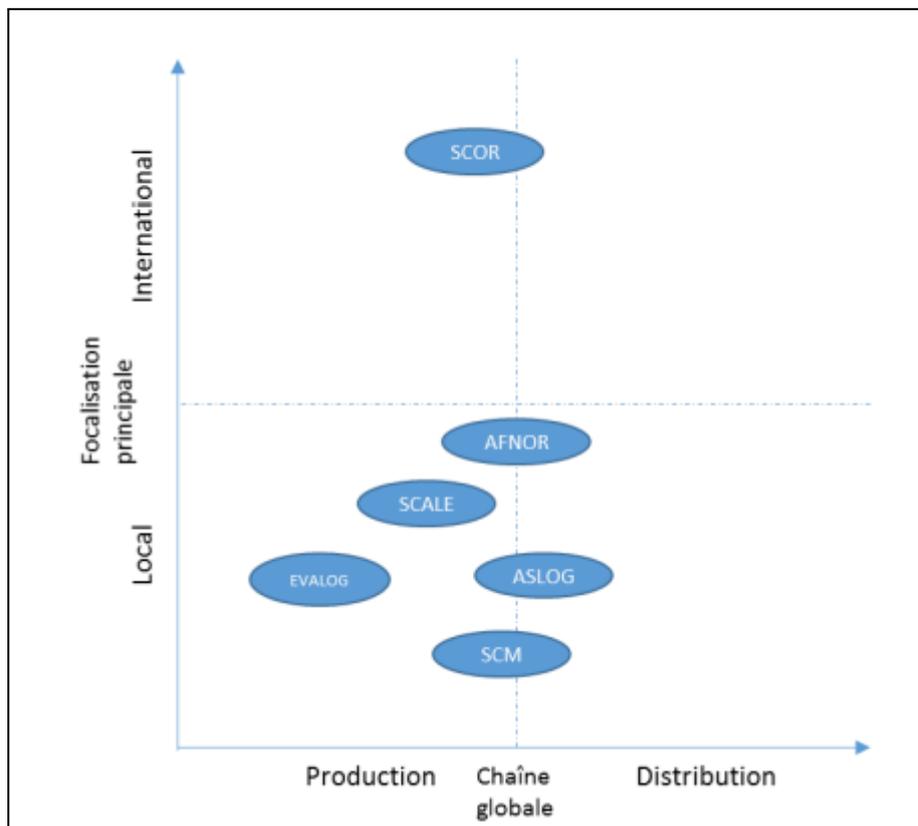


Fig 1.4: Positionnement des référentiels

<sup>9</sup>Cat-logistique.com (19/05/2022)

# Méthodologie d'optimisation de la Supply Chain

Dans cette partie nous allons introduire des outils quantitatifs d'optimisation d'une SC.

## 1-Analyse RFM (Segmentation des clients)

Selon<sup>10</sup> l'Analyse RFM est une technique de marketing utilisée pour classer et regrouper quantitativement les clients en fonction de la récence, de la fréquence et du montant total de leurs transactions récentes, afin d'identifier les meilleurs clients et de mener des campagnes de marketing ciblées.

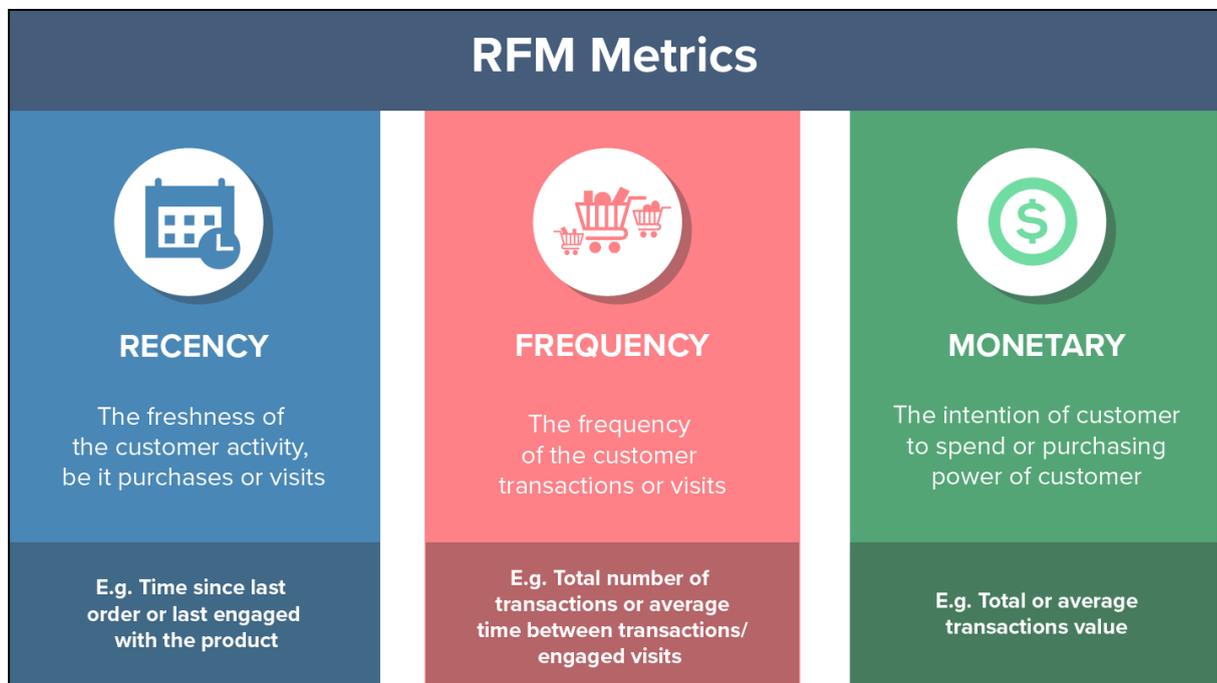


Fig 1.5: RFM Metrics<sup>11</sup>

<sup>10</sup> <https://www.techtarget.com/searchdatamanagement/definition/RFM-analysis> (25/05/2022)

<sup>11</sup> <https://github.com/> (25/05/2022)

Il y a cinq étapes à suivre pour effectuer une analyse RFM (Kurt; 2021) :

Définir la portée temporelle de l'analyse RFM: Elle permet de déterminer la période sur laquelle se fonde l'analyse RFM, dans notre cas, les 4 dernières années. Cette étape est importante car elle fixe un point de référence pour le calcul des trois scores R, F, M.

Calculer des valeurs R, F, M:

Pour calculer R: on va déduire la dernière date d'achat de la date d'aujourd'hui. (l'unité dans notre cas: mois)

Pour calculer F: on va tout simplement additionner le nombre total des commandes de chaque client sur les 4 années.

Pour calculer M: on va additionner le montant de chaque commande du client sur la période.

Convertir les valeurs R, F, M en notes graduées de 1 à 5.

Appliquer la formule RFM pour les scores RFM agrégés.

Créer des segmentations de clients sur la base des scores RFM.

## 2-Supplier Spatial Choice Making:

Le Supplier Spatial Choice Making est une méthode de visualisation et de prise de décision basée sur la distance euclidienne dans un repère orthonormé de  $n$  dimension qui est le nombre  $(x_1, x_2, \dots, x_n)$  des critères de sélection ( K P I ), chaque fournisseur sera représenté par un point avec  $n$  coordonnées , selon la distance entre le fournisseur idéal et le  $k_{ieme}$  fournisseur on classe par ordre croissant les meilleurs fournisseurs.

Les étapes de la méthode sont les suivantes :

- Le choix des KPI ( Nombre des Axes ) : Elle se fait selon les résultats du diagnostic de la Supply Chain , en général on travaille avec la méthode de Pareto , le nombre des KPI ne dépasse pas trois critères .
- La définition du Fournisseur Idéal : En général on fixe des critères idéaux qui construisent notre fournisseur idéal qui est dans ce cas le repère de distance des autres points . On donne aux fournisseurs une note pour chaque critère tel que :

$C_i = x_i$  ou :  $C_i$  représente la note affectée au fournisseur sur le  $i$ ème Critère .

- La Visualisation : Elle dépend toujours du nombre de critères fixé pour la sélection , si on fixe un seul critère notre visualisation sera dans un repère  $Ox$  :



Un plan d'une seule Dimension (  $Ox$  ) .

la distance est évaluée par la formule suivante :

$$d(M_{ik}; M_i^*) = |x_{ik} - x_i^*| \quad \dots\dots\dots(2.1)$$

ou :

$x_i^*$  : représente l'idéal  $i$ ème KPI

$M_{ik}$ : le point qui représente le  $k$ ème fournisseur avec le  $i$ ème critère

$M_i^*$ : le point qui représente le fournisseur idéal

si on fixe deux critères la visualisation sera dans le plan  $R^2$  :

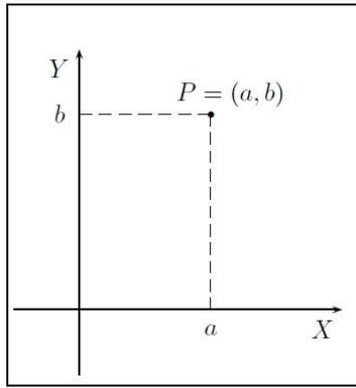


Fig 1.6: Plan deux dimensions (x, y)

La distance est évaluée par la formule suivante :

$$d(M_{ik}; M_i^*) = \sqrt{(x^* - x_k)^2 + (y^* - y_k)^2} \dots\dots\dots(2.2)$$

On fixe trois critère la visualisation sera dans le plan  $R^3$  :

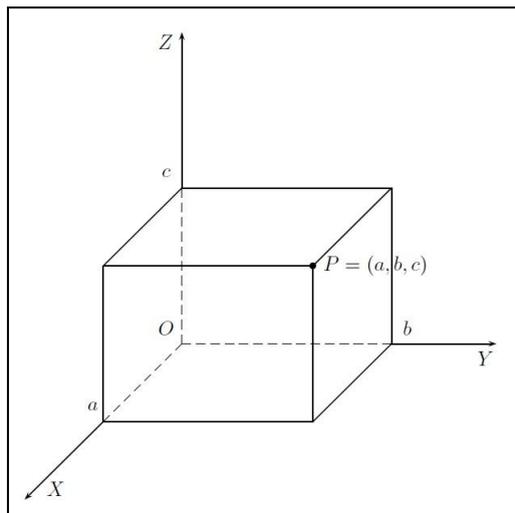


Fig1.7: Plan 3 dimensions (Oxyz)

la distance est évaluée par la formule suivante :

$$d(M_{ik}; M_i^*) = \sqrt{(x^* - x_k)^2 + (y^* - y_k)^2 + (z^* - z_k)^2} \dots\dots\dots(2.3)$$

si le nombre de critère dépasse trois , la visualisation ne sera pas possible mais l'évaluation de la distance est toujours possible , elle obéit à la loi suivante :

$$d(M_{ik}, M_i^*) = \sqrt{\sum_{i=1}^{i=n} (x_i^* - x_{ik})^2} \dots\dots\dots(2.4)$$

- La classification : On classe les fournisseurs selon la valeur de leur distance euclidienne , la méthode permet la visualisation et la classification simultanément. “ University of MICHIGAN , Scott E.Page “

### 3-Warehouse Localisation Problem

Le Warehouse Localisation Problem est une méthode qui relève du monde industriel. (Ghiani et al; 2013).

Soit<sup>12</sup> une surface géographiques qui constitue une distribution d'un nombre fini d'installations industrielles, on veut concevoir un entrepôt tel que notre fonction économique soit minimale :

$$f(x, y) = \sum_{i \in V}^n c * d_i * distance(M; M_i)$$

La fonction Objectif représente les coûts totaux de transport par unité de poids

$M$ : La coordonnée du warehouse

$M_i$  : La coordonnée du  $i$  ème usine

$distance(M, M_i)$  : distance Euclidienne entre le point  $M$  et  $M_i$  définit par la formule :  
 $\sqrt{(x - x_i)^2 + (y - y_i)^2}$

$d$  : Représente le poids pondéré de du  $i$  ème Warehouse

$c$  : Les coûts de transport sont supposés fixes.

On suppose que la fonction  $f(x, y)$  est convexe dans L'espace  $R^2$  , donc son minimum correspond au point stationnaire ou ses coordonnées peuvent être déterminer par la condition :

---

<sup>12</sup> Méthode Jakob's ( 2022 ) :Warehouse Localisation with Geodesics Coordinates  
 researchgate yakoub Beghdad

Après le développement , on aura les coordonnées suivantes :

$$x^* = \frac{\sum_{i \in V}^n \left[ \frac{d_i x_i}{\sqrt{(x_i - x^*)^2 + (y_i - y^*)^2}} \right]}{\sum_{i \in V}^n \left[ \frac{d_i}{\sqrt{(x_i - x^*)^2 + (y_i - y^*)^2}} \right]} \dots\dots\dots(3.1)$$

$$y^* = \frac{\sum_{i \in V}^n \left[ \frac{d_i y_i}{\sqrt{(x_i - x^*)^2 + (y_i - y^*)^2}} \right]}{\sum_{i \in V}^n \left[ \frac{d_i}{\sqrt{(x_i - x^*)^2 + (y_i - y^*)^2}} \right]} \dots\dots\dots(3.2)$$

Pour éviter de transformer ces deux équations en équations avec des solutions exactes. On va donc la résoudre par un algorithme numérique dont la solution est approximative avec une certaine marge d'erreur.

Etape 0:  $h \in N$  on pose

$$x^h = \frac{\sum_{i \in V} d_i x_i}{\sum_{i \in V} d_i} \dots\dots\dots(3.3)$$

Et:

$$y^h = \frac{\sum_{i \in V} d_i y_i}{\sum_{i \in V} d_i} \dots\dots\dots(3.4)$$

Etape 1:

$$x^{h+1} = \frac{\sum_{i \in V}^n \left[ \frac{d_i x_i}{\sqrt{(x_i - x^h)^2 + (y_i - y^h)^2}} \right]}{\sum_{i \in V}^n \left[ \frac{d_i}{\sqrt{(x_i - x^h)^2 + (y_i - y^h)^2}} \right]} \dots\dots\dots(3.5)$$

Et:

$$y^{h+1} = \frac{\sum_{i \in V}^n \left[ \frac{d_i y_i}{\sqrt{(x_i - x^h)^2 + (y_i - y^h)^2}} \right]}{\sum_{i \in V}^n \left[ \frac{d_i}{\sqrt{(x_i - x^h)^2 + (y_i - y^h)^2}} \right]} \dots\dots\dots(3.6)$$

Etape 2:

Si  $f(x^h, y^h) - f(x^{h+1}, y^{h+1}) < \varepsilon$ , on arrête l'algorithme,  $x^h$  et  $y^h$  représentent une bonne approximation de la solution exacte  $x^*$  et  $y^*$  ; sinon on continue l'itération en revenant à l'étape 1 .

#### 4-Warehouse Design Problem (Design d'entrepôt)

Le problème du dimensionnement optimal de la zone de stockage représentée sur la figure consiste à déterminer la mesure de la longueur  $L_x$  et de la largeur  $L_y$  (la hauteur de l'entrepôt est en effet déterminée par la hauteur du système de stockage).

Soit  $m$  le nombre requis d'emplacements de stockage ;  $\alpha_x$  et  $\alpha_y$  l'occupation d'une charge unitaire selon les directions  $x$  et  $y$ , respectivement ;  $w_x$  et  $w_y$ , la largeur des allées latérales et de l'allée centrale, respectivement ;  $n_z$  le nombre d'emplacements de stockage emplacements le long de la direction  $z$  autorisés par le système de stockage adopté et  $v$  la vitesse moyenne d'un préparateur. (Ghiani et al; 2013).

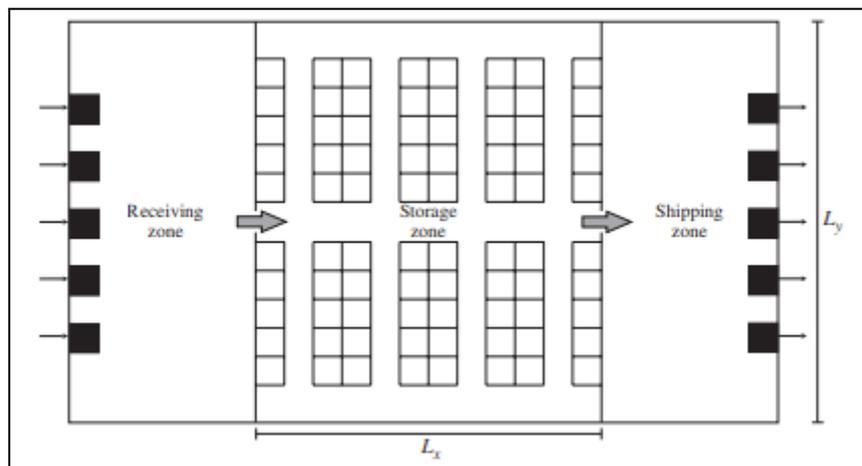


Fig 1.8: Représentation graphique d'une zone de stockage et de déstockage.

Les variables de décision sont  $n_x$ , le nombre d'emplacements de stockage le long de la direction  $x$ , et  $n_y$ , le nombre d'emplacements de stockage le long de la direction  $y$ . L'extension  $L_x$  de la zone de stockage selon la direction  $x$  est donnée par la relation suivante :

$$L_x = (\alpha_x + \frac{w_x}{2})n_x \dots\dots\dots(4.1)$$

où, conformément à la figure,  $n_x$  est supposé être un nombre pair. De même, l'extension  $L_y$  est :

$$L_y = \alpha_y n_y + 3w_y \dots\dots\dots(4.2)$$

Par conséquent, dans l'hypothèse où une opération de manutention consiste à stocker ou à déstocker une seule unité de charge, et où tous les emplacements de stockage ont la même probabilité d'être accédés, la distance moyenne parcourue par un préparateur est  $L_x + L_y/2$

Comme suite logique, le problème du dimensionnement de la zone de stockage peut être formulé comme suit:

La fonction objectif représente le temps moyen de stocker et déstocker une unité de stockage , la contraintes (4.3.2) signifie que les dimensions de distance sont positives , la contrainte (4.3.1) signifie que les dimension de l'entrepôt doivent être suffisante pour nombre des unités de stockage , la contrainte (4.3.3) garantit que la distribution des unités de stockage selon l'axe x est pair .

$$Minimize(\alpha_x + \frac{w_x}{2})\frac{n_x}{v} + \frac{\alpha_y n_y + 3w_y}{2v}$$

Sous contraintes

$$n_x n_y n_z \geq m \dots\dots\dots(4.3.1)$$

$$n_x, n_y \geq 0, integer \dots\dots\dots(4.3.2)$$

$$n_x \text{ pair} , \dots\dots\dots(4.3.3)$$

Comme la fonction objectif est convexe, le minimiseur  $n_y$  peut être trouvé par la relation suivante :

$$\frac{d}{dn_y}((\alpha_x + \frac{w_x}{2})\frac{m}{n_y n_z v} + \frac{\alpha_y n_y + 3w_y}{2v})|_{n_y=n'_y} = 0 \dots\dots\dots(4.4)$$

Ce qui implique :

$$n'_y = \sqrt{\frac{m\alpha_y}{\alpha_y n_z}} \dots\dots\dots(4.5)$$

Enfin, en remplaçant  $n_y$  dans l'équation par la valeur  $n'_y$  donnée par l'équation , on détermine  $n_x$  :

$$n'_x = \sqrt{\frac{m\alpha_y}{2n_z(\alpha_x + \frac{w_x}{2})}} \dots\dots\dots(4.6)$$

Les valeurs optimales  $n_x^*$  et  $n_y^*$  des variables de décision  $n_x$  et  $n_y$  sont obtenues en arrondissant convenablement les valeurs de  $n_x$  et  $n_y$ , de manière à garantir la satisfaction de l'inégalité et que  $n_x^*$  soit pair.

## 5-Les méthodes de prévision (Série temporelle)

La prévision est une tentative de déterminer à l'avance le résultat le plus probable d'une variable incertaine. La planification et le contrôle des systèmes logistiques nécessitent des prévisions l'adaptation de l'offre à la demande. (Ghiani et al; 2013).

□ Méthodes quantitatives pour la prévision :

Les méthodes quantitatives peuvent être utilisées chaque fois que l'on dispose de suffisamment de données. Soit  $y_t$ ,  $t = 1, \dots, T$ , la séquence des  $T$  observations passées de la variable à prévoir, classées selon le moment de leur réalisation (série chronologique ou données historiques). Pour des raisons de simplicité, on suppose que toutes les périodes sont également espacées dans le temps. Le choix de la technique la plus appropriée dépend de la nature de la variable à prévoir, ainsi que de la quantité et de la qualité des données disponibles. données disponibles. (Shumway et al; 2017)

Le processus de prévision est généralement divisé en trois étapes principales:

- Le prétraitement des données
- Choix de la méthode de prévision
- Évaluation de la précision de la prévision

Pour des raisons de simplicité on a choisi le modèle additive pour notre série chronologique:

$$y(t) = g(t) + s(t) + h(t) + \varepsilon \dots\dots\dots(5.1)$$

$g(t)$  : La tendance modélise les changements non périodiques.

$s(t)$  : La saisonnalité représente les changements périodiques.

$h(t)$  : Le composant Jours fériés apporte des informations sur les jours fériés et les événements.

Chaque composante est estimée selon la méthode de prévision utilisée , pour notre étude on va utiliser deux méthodes de prévision :

□ Méthode 1: Le Lissage Exponentiel Double :

La décomposition de la série va nous aider pour que nous obtenons deux composantes: l'intercept (le niveau)  $l$  et la pente (les tendances)  $b$  . Maintenant, nous allons appliquer le même lissage exponentiel à la tendance en supposant que la direction future des changements de la série temporelle dépend des changements pondérés précédents. Par conséquent, nous obtenons l'ensemble des fonctions suivantes :

$$l_x = \alpha y_x + (1 - \alpha)(l_{x-1} + b_{x-1}) \dots\dots\dots(5.2)$$

$$b_x = \beta(l_x - l_{x-1})(1 - \beta)b_{x-1} \dots\dots\dots(5.3)$$

$$y_{x+1}^* = l_x + b_x \dots\dots\dots(5.4)$$

Le premier décrit le point d'interception, qui, comme précédemment, dépend de la valeur actuelle de la série. Le second terme est maintenant divisé en valeurs précédentes du niveau et de la tendance. La deuxième fonction décrit la tendance, qui dépend des changements de niveau à l'étape actuelle et de la valeur précédente de la tendance. Dans ce cas, le coefficient  $\beta$  est un poids pour le lissage exponentiel. (Ghiani et al; 2013).

□ Méthode 2: Holt-Winters :

L'idée est d'ajouter une troisième composante: la saisonnalité. Cela signifie que nous ne devons pas utiliser cette méthode si notre série temporelle n'est pas censée présenter une saisonnalité. Les composantes saisonnières du modèle expliqueront les variations répétées autour de l'intercept et de la tendance, et elles seront spécifiées par la longueur de la saison, en d'autres termes par la période après laquelle les variations se répètent. Pour chaque observation dans la saison, il y a une composante séparée, par exemple, si la longueur de la saison est de 7 jours (une saisonnalité hebdomadaire), nous aurons 7 composantes saisonnières, une pour chaque jour de la semaine.

Avec ceci, écrivons un nouveau système d'équations :

$$l_x = (y_x - s_{x-L}) + (1 - \alpha)(l_{x-1} + b_{x-1}) \dots\dots\dots(5.5)$$

$$b_x = \beta(l_x - l_{x-1})(1 - \beta)b_{x-1} \dots\dots\dots(5.6)$$

$$s_x = \gamma(y_x - l_x) + (1 - \gamma)s_{x-L} \dots\dots\dots(5.7)$$

$$y_{x+m} = l_x + mb_x + s_{x-L+1+(m-1)modL} \dots\dots\dots(5.8)$$

En outre, la méthode Brutlag a été incluse dans le modèle pour produire des intervalles de confiance <sup>13</sup> :

$$y_{max} = l_{x-1} + b_{x-1} + s_{x-T} + m \cdot d_{t-T} \dots\dots\dots(5.9)$$

$$y_{min} = l_{x-1} + b_{x-1} + s_{x-T} - m \cdot d_{t-T} \dots\dots\dots(5.10)$$

$$d_t = \gamma y_t - y_t^* + (1 - \gamma)d_{t-T} \dots\dots\dots(5.11)$$

où :  $T$  est la durée de la saison,  $d$  est l'écart prédit.

A la fin de chaque méthode on fait une évaluation de la précision de notre modèle de prévision , pour le secteur agroalimentaire la méthode la plus cohérente est l'erreur MSLE (Mean Squared Logarithmic Error) :

$$MSLE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (\log(1 + y_i) - \log(1 + y_i^*))^2 \dots\dots\dots(5.12)$$

<sup>13</sup>

<https://www.kaggle.com/code/kashnitsky/topic-9-part-1-time-series-analysis-in-python/notebook> (05/06/2022)

## Conclusion

Pour conclure il est impératif d'effectuer une classification hiérarchique des méthodes utilisées ultérieurement:

- Analyse descriptive:
  - Analyse SWOT:
    - Diagnostic interne et externe de l'entreprise.
  - Analyse RFM:Segmentation des clients.
- Analyse prédictive
  - Time Series Forecasting: Modélisation de la production
- Analyse Prescriptive
  - Programmation Mathématique
    - Supplier Selection
    - Warehouse localisation
  - Spatial Choice Decision Making
    - Supplier Selected Visualization
    - Warehouse Design

# CHAPITRE 2 : Etat des lieux

«Auront-ils une part du royaume, eux qui ne seraient pas capables de donner aux hommes même le creux d'un noyau de datte ?»

Le Saint Coran

## INTRODUCTION

Nous avons organisé cette partie en deux éléments. Dans un premier temps nous allons chercher à comprendre le fonctionnement de la filière phoenicicole internationale et nationale, pour après situer l'entreprise HADDOUD Salim company dans cette écosystème en opérant à l'analyse des chiffres et au diagnostic général.

Tab2.1 : Tableau récapitulatif de la structure du chapitre 2

Étapes	Éléments
Etape 1: Présentation de la filière phoenicicole	Distribution géographique du palmier dattier
	Production mondiale
	Situation en Algérie
Etape 2: Présentation et diagnostic de l'entreprise d'accueil	Historique
	Structure et organisation de l'entreprise
	Produit proposés et zone d'approvisionnement
	Analyse du chiffre d'affaire
	Analyse des exportations
	Analyse Swot Préliminaire
Etape 3: Organisation et Audit de la Supply Chain HADDOUD Salim Company	Organisation Générale de la SC
	Audit Référentiel ASLOG

## Présentation de la filière phoenicicole

En vertu de son importance rituelle dans les sociétés humaines, de ses bienfaits pour la santé, et des produits dérivés provenant de ses fruits mais aussi d'autres fragments du grand arbre, le palmier dattier *Phoenix dactylifera* L. est l'un des arbres fruitiers les plus appréciés. Les premières preuves de sa culture remontent à 4000 ans avant notre ère, en Mésopotamie (actuel Irak), où les troncs de palmier dattier étaient utilisés pour la construction des temples.

### 1-Distribution géographique du palmier dattier

Son<sup>14</sup> aire de culture s'étend entre les latitudes 39° nord et 20° sud dans les environnements semi-arides et arides. (Munier, 1973). Cependant, les plus importants bassins de production se trouvent au Moyen-Orient et en Afrique du Nord (MENA), avec une estimation de 150 millions de palmiers (FAO, 2015).



Fig 2.1: Répartition Géographique du palmier dattier<sup>15</sup>

---

<sup>14</sup> Palmier dattier

<sup>15</sup> Source Blank Map

## 2-Production mondiale

Nous avons répertorié les pays producteurs de dattes selon leur origine géographique:

- Afrique du nord et Moyen Orient:** l'Arabie Saoudite, l'Iran, les Emirats arabes unies, l'Irak, l'Oman, le Yémen, le Koweït, la Turquie<sup>16</sup>, le Qatar, le Bahreïn, la Jordanie, la Palestine, la Syrie, l'Égypte, l'Algérie, la Tunisie, la Libye, le Maroc et la Mauritanie.
- Afrique subsaharienne:** le Tchad, le Niger, la Somalie, le Bénin, le Kenya, le Cameroun, la Namibie, le Swaziland et Djibouti.
- Asie du sud-est:** le Pakistan et la Chine.
- Amérique du nord:** les États-Unis et le Mexique.
- Amérique du sud:** le Pérou, et la Colombie.
- Europe:** l'Albanie et l'Espagne.

le Tableau suivant classe les pays selon le volume de production pour l'année 2018:

Tab2.2: Classement des principaux pays producteurs.

Pays	Production en tonnes
Egypte	1 562 171
Arabie saoudite	1 302 859
Iran	1 204 158
Algérie	1 094 700
Irak	614 584
Pakistan	471 670
Soudan	440 871
Oman	368 808
Émirats arabes unis	345 119
Tunisie	241 333
Autres Pays	1 038 239
<b>Totale</b>	<b>8 684 512</b>

<sup>16</sup> La Turquie est assimilée à la région MENA

Il convient toutefois de préciser que les 10 pays figurant dans le tableau assurent 88 % de la production totale, tandis que les 25 autres pays ont contribué à moins de 12 %. On peut aussi remarquer que les cinq premiers pays du classement, à savoir: l’Egypte, l’Iran, l’Algérie, l’Arabie Saoudite et l’Irak représentent à eux seuls 66,5% de la production mondiale.

### 3-Situation en Algérie

#### 3-1-Analyse de la Production

Le bassin de production n’a pas cessé de croître depuis le début du 19ème siècle passant de 4.5 millions à 6.7 millions au cours de la période coloniale. Après l’indépendance de l’Algérie et au cours des années 1980, la filière phoenicicole a été réorganisée avec la création de nouvelles zones agricoles à Adrar, El Oued, Biskra, Ouargla et Ghardaïa. Le nombre de palmiers dattiers atteint 9 millions en 1990 et 18 millions actuellement sur une surface de 169380 ha (MADR; 2017). Elle commence à la frontière marocaine, à l’ouest, et se termine à l’est à la frontière tuniso-libyenne. Du nord au sud de l’Algérie, elle s’étend des zones sud de l’Atlas saharien à Reggane à l’ouest, à Tamanrasset au centre et à Djanet à l’est.

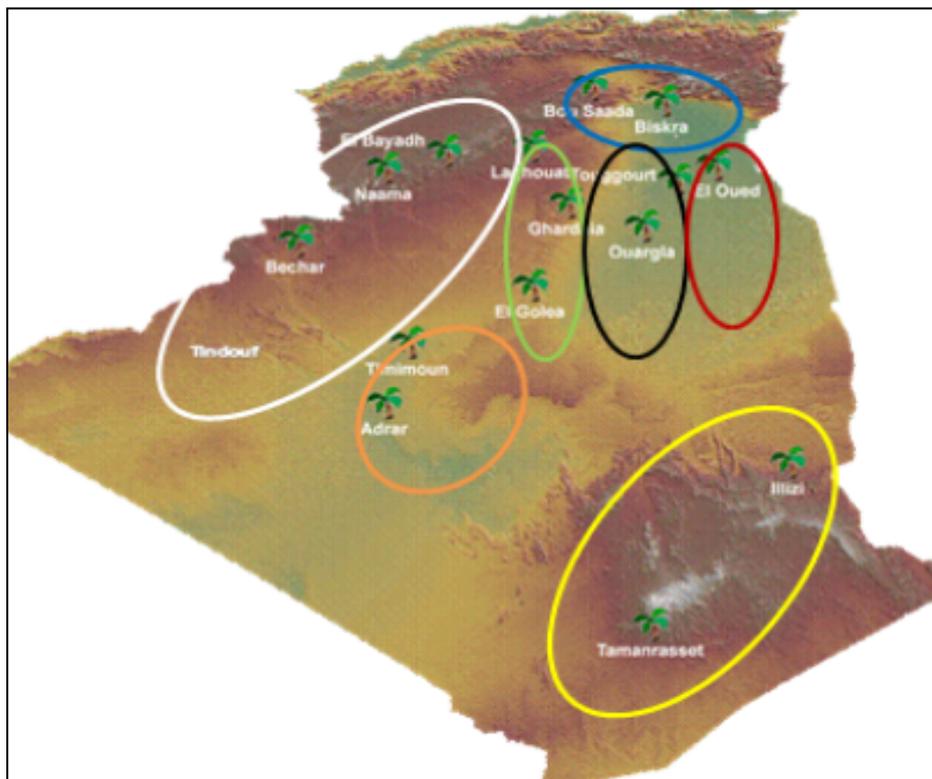


Fig2.2: Bassin de production (OADA; 2018)

Ci Après la répartition du nombre de palmier dattier par région:

Tab2.3: Répartition des palmiers par wilaya (MADR; 2017)

Régions	Nombre de palmiers
Biskra	4 358 569
Eloued	3 788 500
Ouargla	2 575 000
Adrar	3 799 000
Ghardaia	1 246 500
Bechar	1 639 800
Tamanrasset	688 900
Khenchla	124 400
Tebessa	61 800
Laghouat	37 300
Illizi	129 100
Batna	28 700
El-Bayadh	63 900
Naama	50 600
Tindouf	45 200
Djelfa	10 100
<b>Total</b>	<b>18 647 369</b>

La production nationale est passée de 644 740 tonnes en 2010 à 1 151 910 tonnes en 2020 soit une augmentation de près de 79%.

La figure représente l'évolution de la production algérienne de dattes sur la décennie 2010-2020:

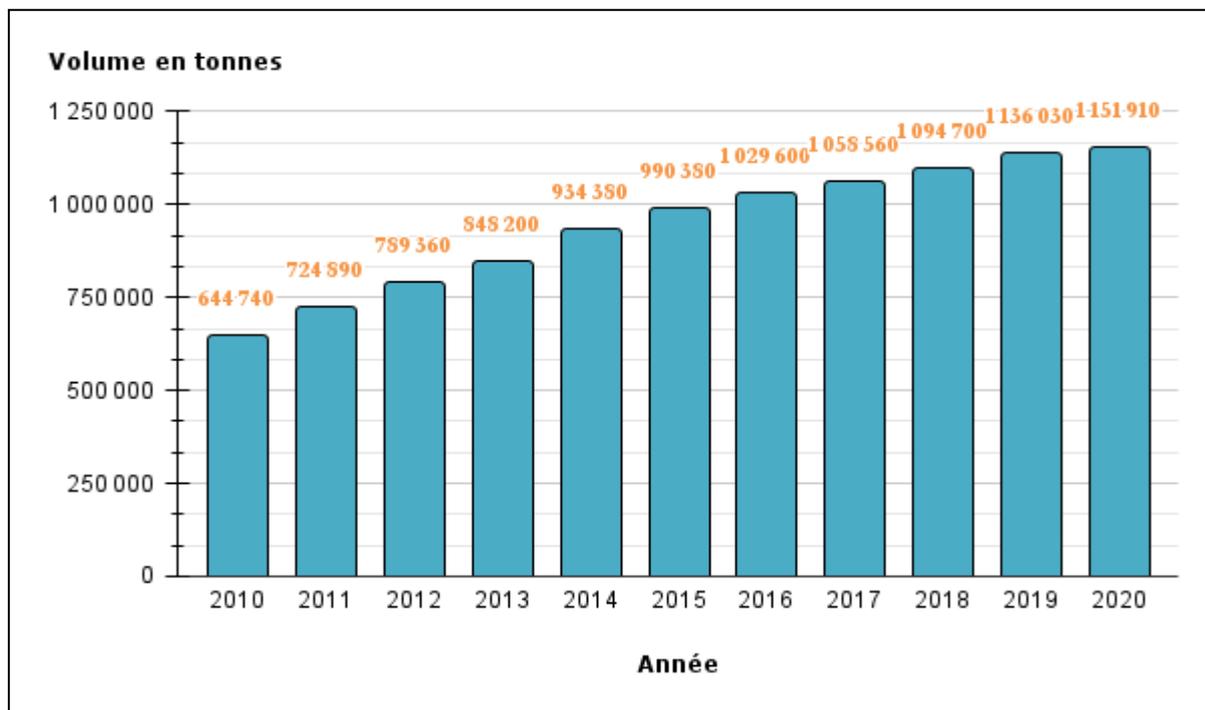


Fig2.3: Evolution de la production 2010-2020<sup>17</sup>

Sur une production de 1 151 910 tonnes en 2020, le taux de consommation nationale (CN) était de 44% et le marché international 6%, quant au taux de pertes à la récolte et le circuit de commercialisation informels (PR+I), étaient estimés à 50% .

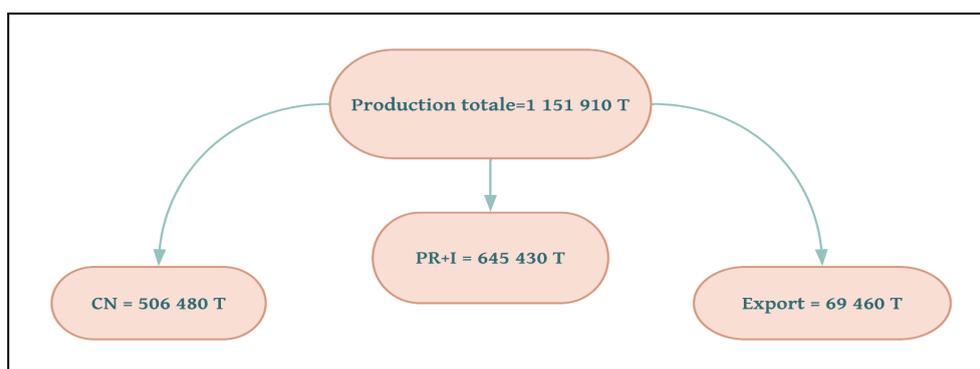


Fig 2.4: Destination de la production nationale<sup>18</sup>

<sup>17</sup> FAOSTAT 2021

<sup>18</sup> Adaptation personnel à partir des chiffres FAOSTAT 2021 et OADA 2018

### 3-2 Cartographie des chaînes de valeurs

Les deux figures ci-dessous représentent les chaînes de valeurs des dattes et de ses produits dérivés<sup>19</sup>:

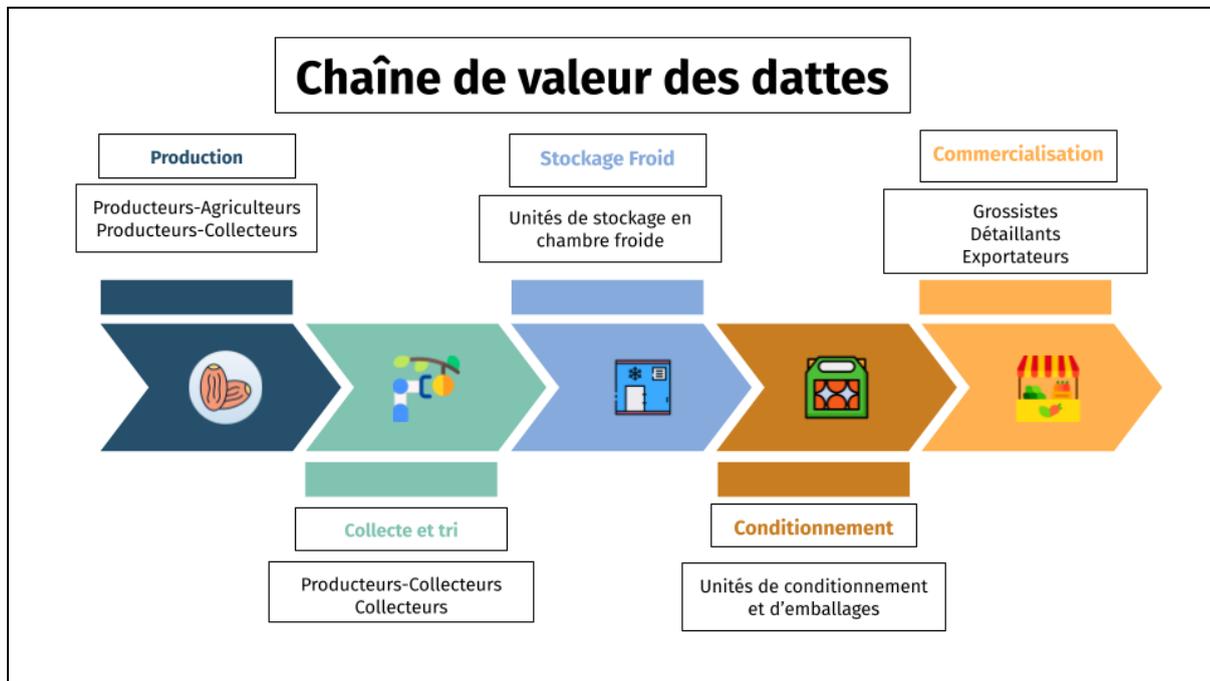


Fig 2.5: Chaîne de valeurs des dattes.

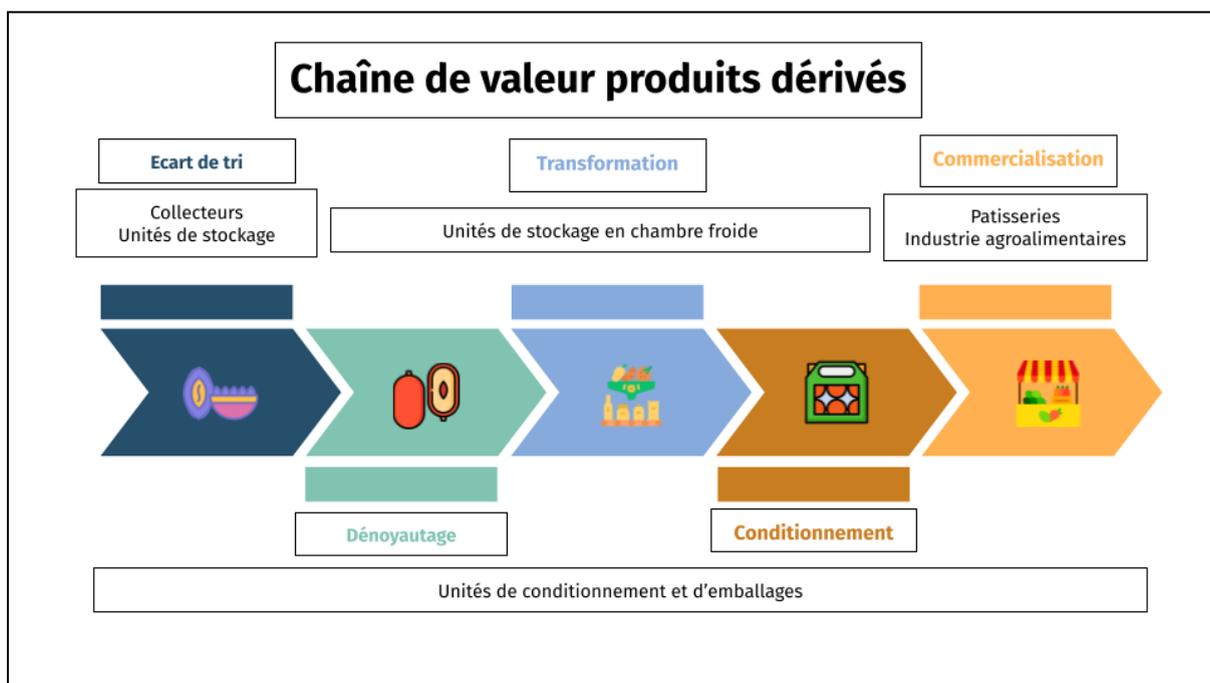


Fig 2.6: Chaîne de valeurs des produits dérivés.

<sup>19</sup> Selon l'enquête terrain

A partir des deux cartographies nous avons schématiser le réseau commercial suivant:

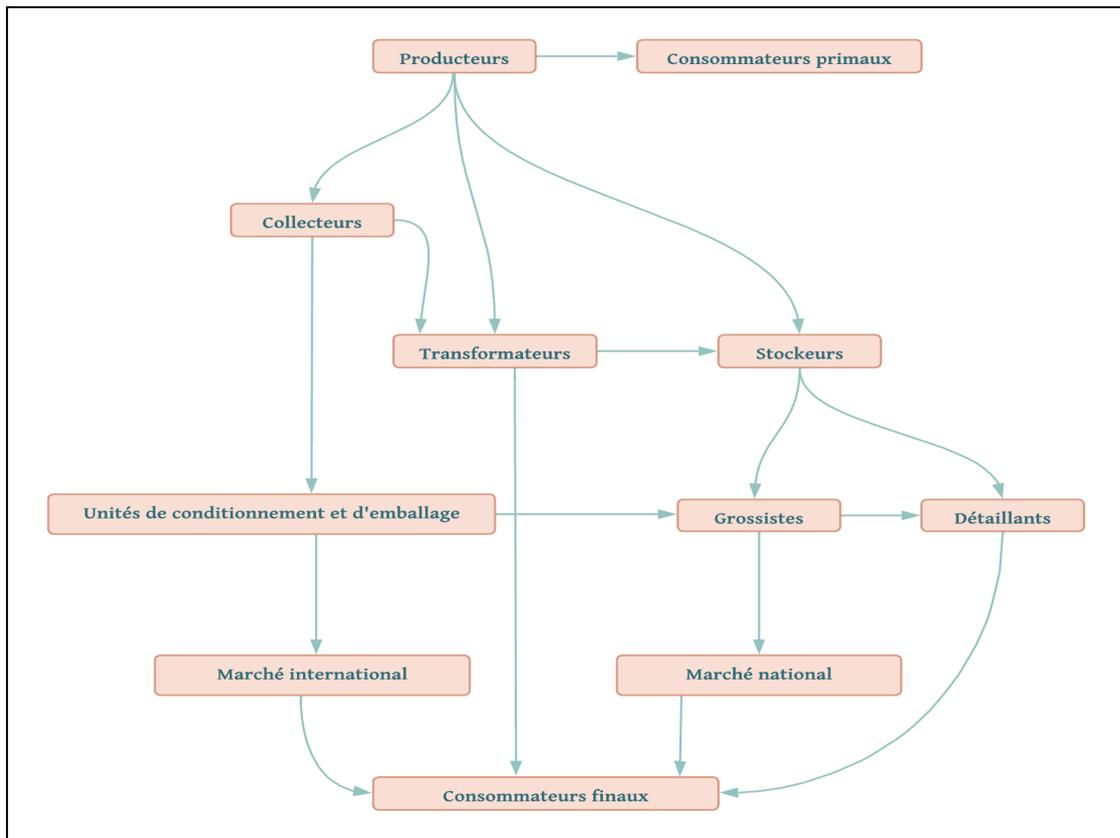
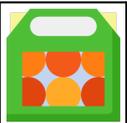


Fig.2.7: Réseau commercial des dattes.

### 3-3 Identification des acteurs

Ci-après les acteurs directs opérant dans le secteur phoenicicole:

Tab 2.4: les acteurs directs du circuit commercial.

Acteurs	Fonctions
<p>Agriculteurs</p> 	<p>Le nombre de phoeniculteurs disposant de carte d'agriculteur est de 98 640. leur mission principale est l'exploitation des palmerais pour:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> l'autoconsommation dans le cas des vergers traditionnels.</li> <li><input type="checkbox"/> la vente sur pied dans le cas des vergers modernes.</li> </ul>
<p>Collecteurs</p> 	<p>Relevant le plus souvent de l'informel, 90 % de la production transitent entre leurs mains. Ce sont des intermédiaires entre les producteurs et les autres maillons du circuit commercial à savoir: les conditionneurs, les grossistes, les détaillants..etc. Ils sont également chargés du stockage sous froid des dattes. Leurs capacités de traitement varient entre 40 et 400 tonnes (2000 tonnes pour un nombre très restreint d'entre eux)</p>
<p>Grossistes</p> 	<p>Ils alimentent principalement les marchés locaux (demi-gros et détails)</p>
<p>Conditionneurs</p> 	<p>Une quarantaine de conditionneurs agréés opèrent sur le territoire national dont 18 sont qualifiés de conditionneurs-exportateurs. Ils conditionnent les dattes sous différentes variétés et dans différents types d'emballage.</p>
<p>Consommateurs</p> 	<p>On distingue deux type de consommateurs:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> les consommateurs primaux (autoconsommation)</li> <li><input type="checkbox"/> les consommateurs finaux (marché national et international)</li> </ul>

Les acteurs définis dans le tableau sont des opérateurs qui interviennent directement dans le réseau. Il s'avère que d'autres acteurs qualifiés interviennent indirectement sur la filière, on va les répartir dans ce qui suit selon leurs fonctions:

- Coordination et organisation:
  - Le ministère de l'agriculture et du développement rural (MADR).
  - Le ministère du commerce et de la promotion des exportations.
  - Le ministère de l'industrie
  - le ministère des Ressources en eau et de la Sécurité hydrique.
  - Le ministère des PME/PMI
  - La Chambre nationale d'agriculture.
  - Les Chambres wilayales d'agriculture.
- Institutions financières:
  - BADR: Banque de l'agriculture et du développement rural.
  - FNDA:Fonds National de Développement Agricole
  - CNMA: Caisse nationale de mutualité agricole.
- Structures de Recherche, de développement et de vulgarisation
  - Le ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique.
  - ITAS: les instituts techniques agricoles.
  - CFVA:Centre de Formation et Vulgarisation Agricole
  - ITDAS: Institut technique du développement des agricultures sahariennes.
  - INRA:Institut national de la recherche agronomique.
  - INPV: Institut national de la protection des végétaux.
- Institutions de soutien et d'organisation des exportations
  - ALGEX
  - FSPE: Fond Spéciale pour la promotion des exportations.
  - Assurances: CAGEX et CAAR.
- Institution de contrôle des exportations et de la qualité:
  - Douanes.
  - INAPI: institut national algerien de propriété industrielle.
- Transport:
  - fret maritime (SNTM/CNAN), (CMA-CGM)
  - fret aérien (AIR ALGÉRIE).

### 3-4 Analyse des exportations:

L'Algérie occupe le 7ème rang des pays exportateurs de dattes (FAO, 2018).

La dattes représente le premier produit agricole exporté par l'Algérie (93%) (ALGEX).

L'exportation algérienne des dattes a connu une hausse considérable ces dernières années avec une croissance à 164% en volume et 150% en valeur entre 2017 et 2021.

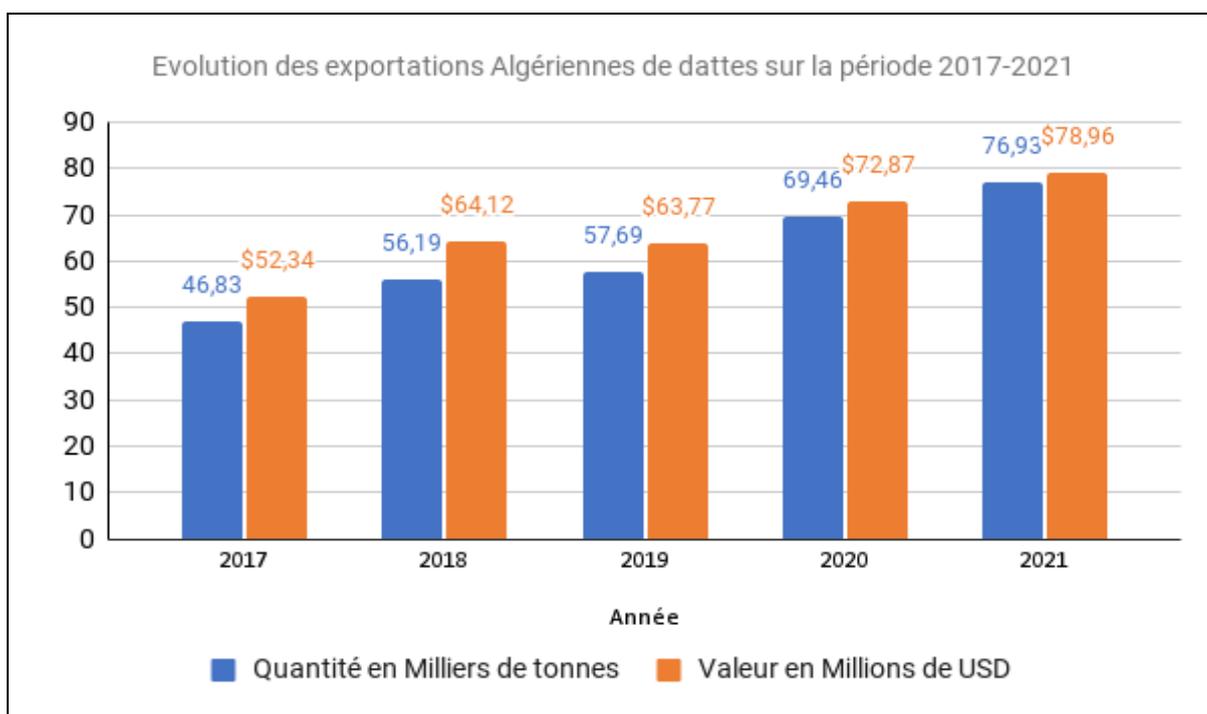


Fig 2.8: Evolution des exportations sur la période 2017-2021

Les dix principales destinations des dattes algériennes en volumes cumulées<sup>20</sup> dans l'ordre décroissant sont: la France (114 millions de \$), le Maroc (41 millions de \$), l'Espagne (30 millions de \$), la Russie (26 millions de \$), l'Allemagne (21 millions de \$), l'USA (16 millions de \$), l'EAU et le Bangladesh (9 millions de \$), le Canada (8 millions de \$) et la Belgique (7 millions de \$).

La figure 2.8 synthétise les informations citées ci-dessus:

<sup>20</sup> Période 2017-2021 (Données ALGEX)

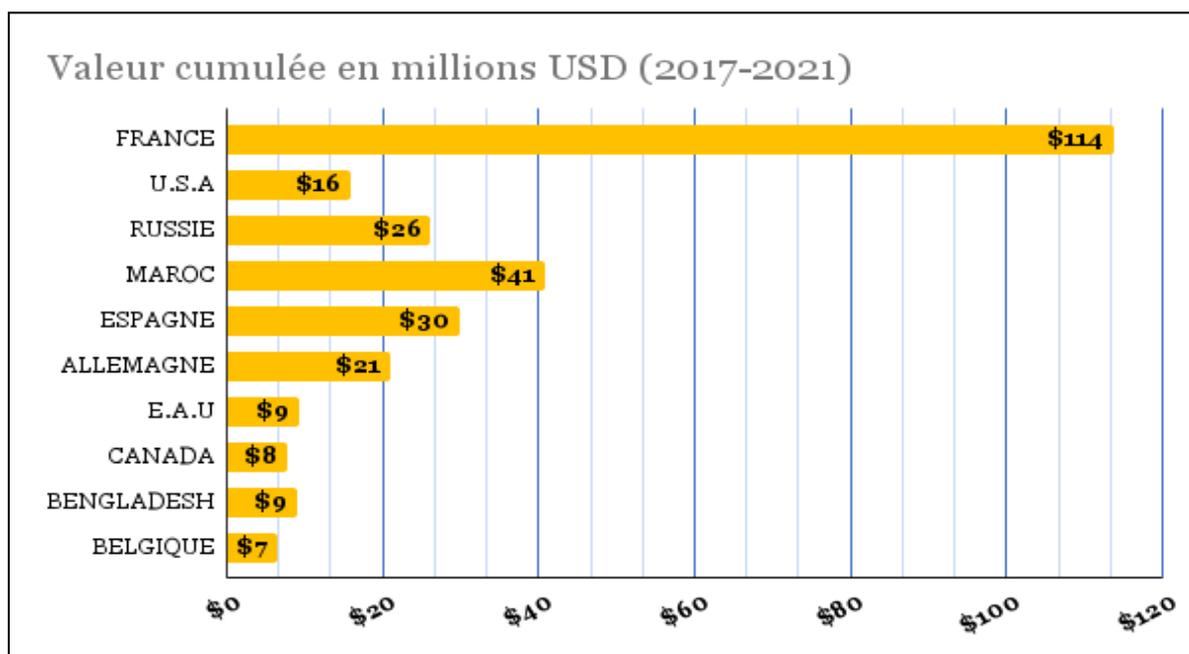


Fig 2.9: exportations en valeur cumulée sur la période 2017-2021

## Présentation et diagnostic de l'entreprise d'accueil:

### 1-Historique:

ETS HADDOUD SALIM est une entreprise spécialisée dans la production, le conditionnement et l'exportation de dattes. Elle fut fondée en 1990 par la personne physique HADDOUD SALIM dans le but d'exporter la datte Deglet Nour de la région de Tolga. HADDOUD SALIM descendant d'une famille de producteurs de la variété de dattes régionale "Deglet Nour" a investi au départ une somme de 160 000 000 DA pour la construction d'une unité de conditionnement des dattes issues des palmeraies familiales. Les résultats s'avèrent optimistes mais pas encore suffisants du fait qu'il réussit à en exporter que 4 Tonnes la première année (1990). Actuellement, l'entreprise occupe la place de leader sur le marché de l'exportation des dattes Algériennes, aussi bien naturelles que conditionnées, l'entreprise a su lié entre tradition et modernité pour s'adapter au marché international, développant ainsi une large gamme de produits répondant aux besoins des clients de plus 20 pays couvrant de la sorte les territoires d'Afrique, d'Europe, d'Amérique du nord et d'Asie, ce qui la place dans le cadre des petites et moyennes entreprises (PME) les plus performantes du secteur agricole algérien, avec un volume exporté de plus de 4000 Tonnes en 2020 soit un accroissement de la production a raison de 1000% en 30 ans.

Tab2.5 : Carte d'identité HADDOUD Salim COMPANY<sup>21</sup>

	
Date de création	1990
Fondateur	HADDOUD Salim
Forme juridique	Personne physique
Direction	PDG: HADDOUD Salim DG: HADDOUD Nadjib
Effectif	150 (2021)
Chiffre d'affaire	535 501 667,96 DZD (2021)

<sup>21</sup> Documentation entreprise

## 2-Structure et organisation de l'entreprise

HADDOUD Salim Company comprends quatre entités opérationnelles: trois centres de collecte et de tri, situés respectivement à Bou Saâda, à Djamaa, et à Meghaier, ainsi qu'une unité de conditionnement et de préparation de commandes située près de Tolga, cette dernière n'est autre que le siège social de l'entreprise.

Le Tableau ci dessous illustre les quatres entités et leurs superficies respectives:

Tab2.6: les entités opérationnelles HADDOUD Salim Company

Entités	Superficie
Centre de collecte et de tri "Bou Saada"	1000 m <sup>2</sup>
Centre de collecte et de tri "Djamaa"	1300 m <sup>2</sup>
Unité de conditionnement et de préparation des commandes.	10300 m <sup>2</sup>
Centre de collecte et de tri "Meghaier"	4000 m <sup>2</sup>

La structure organisationnel de l'entreprise comprends trois niveaux:

- Direction générale:** composée de deux membre:
  - Président directeur général:** étant lui-même propriétaire de l'établissement, son rôle est de superviser les activités et de définir les lignes stratégiques de l'entreprise.
  - Directeur général:** Son rôle est de diriger les activités opérationnelles, de conseiller le PDG et de promouvoir les produits à travers le monde.
- Secrétariat:** Son rôle consiste à organiser les rendez-vous et les entretiens, à recevoir les visiteurs, à organiser les réunions, à préparer l'ordre du jour et à recevoir les correspondances et y répondre après consultation du directeur général.
- Administration:** Sous la direction du DG, elle est chargée de gérer les différents départements internes:
  - Département Finance et Comptabilité:** Chargé d'Élaborer et évaluer le budget annuel, assurer la gestion de la comptabilité et le suivi des différents échéanciers financiers et fiscaux, exécuter les opérations financière, contrôler la trésorerie et enfin chercher des fonds auprès des institutions financières (Banque, Assurance)

- **Département Commerciale et Marketing:** Chargé de segmenter les marchés par typologie de clientèle, définir la politique tarifaire, contrôler les opérations de transactions, préparer les commandes, programmer les expéditions, traiter les réclamations clients, et proposer des solutions.
- **Département d'Approvisionnement:** Chargé de gérer de manière optimale les achats de matières premières, d'emballages et de produits d'hygiène, sélectionner les fournisseurs, rédiger le cahier des charges et négocier le prix.
- **Département de Qualité et de Production:** Mettre en place et suivre les contrôles qualité de l'achat de matière premières à l'expédition des produits finis. Définir un programme adapté aux contraintes de production : consommables, lignes de conditionnement (affectations homme-machine, modes opératoires, rythmes de fonctionnement), modes de stockage, de manutention et de transport. Déterminer, pour chaque gamme de produits, le plan de conditionnement à partir du plan de production et les objectifs (budget, qualité, délai, volume). Élaborer les indicateurs de performance (coût, prix de revient, taux de service client, productivité). Assurer une veille technique (équipement), technologique (process) et réglementaire (normes, législations).
- **Département des ressources humaines:** Gérer les salaires et les compétences. Assurer le recrutement d'une main d'œuvre qualifiée.

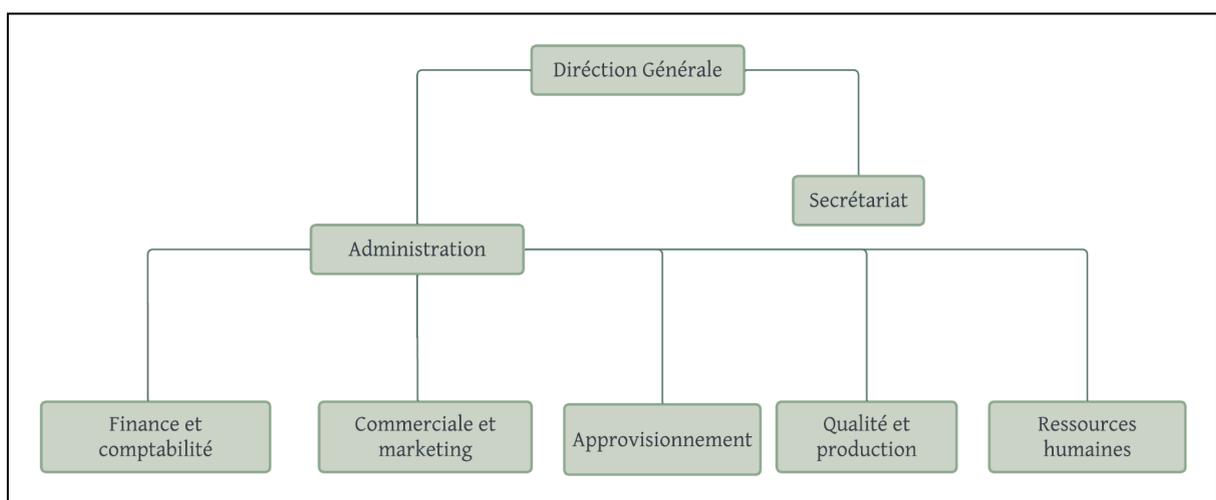


Fig2.10: Organigramme fonctionnel

### 3-Produit proposés et zone d’approvisionnement:

Les dattes sont la matière première dont dépend l’entreprise dans ses activités. Ces dernière proviennent soit:

- Vergers familiaux (Famille HADDOUD).
- Collecteurs Ambulants (Bassins de production).

Le tableau suivant montre les produits proposés, leurs zones d'approvisionnement ainsi que le type d'emballage utilisés:

Tab2.7: Gamme de produit HADDOUD Salim Company<sup>22</sup>

<i>Zone d'approvisionnement</i>	<i>Variétés</i>	<i>Catégorie</i>	<i>Type d'emballages</i>
Tolga	Deglet Nour	Dattes naturelles en branchette	Carton(500g-1Kg-2Kg-5Kg-9 Kg)
		Dattes conditionnées en ravier	Polystyrène(200g-250g-300g-400g-500g)
		Dattes conditionnées dénoyautées	Bois(250g-400 g)
Ghardaia	Tafezouine	Tafezouine Naturelle	
		Tafzouine Conditionnées	
	Timjhourt	Timjhourt Naturelle	
		Timjhourt Conditionnées	
	Tinicine	Tinicine Naturelle	
		Tinicine Conditionnées	
El M'Ghair, El Oued, Touggourt	Deglet Nour (2ème choix)	Deglet Nour Naturelle	
		Deglet Nour Conditionnées	

<sup>22</sup><https://www.ets-haddoud.com/> (15/05/2022)

## 4-Analyse du chiffre d'affaire

Maintenant que nous avons parcouru les différents aspects de la société, nous pouvons nous attarder quelque peu à l'évolution de son chiffre d'affaires dans le temps.

HADDOUD Salim Company a connu une croissance très importante au cours de ces 10 dernières années. Un bref aperçu, nous permet de constater une augmentation continue des chiffres. Entre 2011 et aujourd'hui, le chiffre d'affaires actuel est environ 3 fois plus élevé que celui de 2011 comme le synthétise le tableau ci-dessous.

Tab 2.8: Chiffre d'affaires par année (2011-2021)

Année	Chiffre d'affaires
2011	DZD 175 112 590
2012	DZD 194 607 874
2013	DZD 232 809 942
2014	DZD 297 255 694
2015	DZD 409 619 221
2016	DZD 412 589 105
2017	DZD 413 924 012
2018	DZD 415 258 918
2019	DZD 443 924 554
2020	DZD 569 633 315
2021	DZD 535 501 668

Une analyse plus approfondie des données est présentée sur la figure.

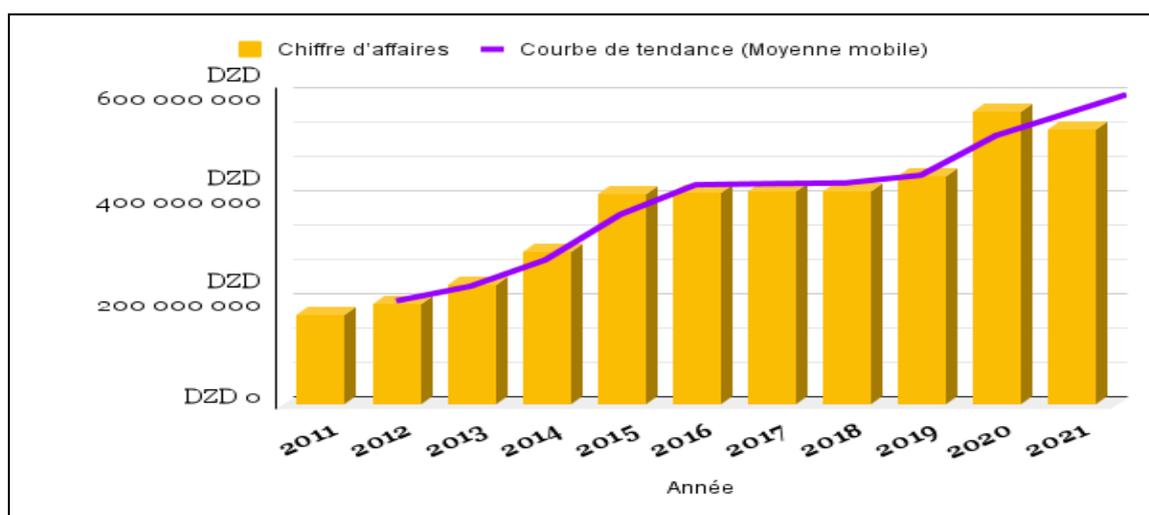


Fig 2.11: Courbe des tendances (chiffre d'affaires)

Le taux de croissance globale est de 13%. Cependant nous distinguons trois période évolutive du chiffre d'affaire:

- Période 1: de 2011 jusqu'à 2015: une tendance à la hausse avec un taux de croissance moyen de 24 %.
- Période 2: de 2015 jusqu'en 2018: une tendance constante avec un taux de croissance moyen presque nul.
- Période 3: de 2018 jusqu'en 2021: une reprise de croissance estimée à 10%.

Le tableau de la même période est présenté ci-dessous:

Tab 2.9: Taux de croissance du chiffre d'affaires.

Exercice	Taux de croissance
2011/2012	11,13%
2012/2013	19,63%
2013/2014	27,68%
2014/2015	37,80%
2015/2016	0,73%
2016/2017	0,32%
2017/2018	0,32%
2018/2019	6,90%
2019/2020	28,32%
2020/2021	-5,99%
Croissance globale	12,68%

Il est important de mentionner que le dernier exercice a savoir 2020/2021 a connu une régression de 6% dû à la pandémie.

## 5-Analyse des exportations

Dans ce qui suit nous allons aborder deux points essentiels:

- Les pays destinataires des produits
- Les parts de marché de l'entreprise pour les pays destinataires.

### 5-1 Étendue du territoire

HADDOUD Salim Company exporte des dattes pour plus d'une vingtaine de pays, le tableau suivant dresse ces destinations.

Tab 2.10: Destination finale des produits

Région	Pays
Amérique du Nord	USA Canada Mexique
Amérique du sud	Colombie
Europe	France Bulgarie Russie Ukraine Allemagne Austria Suisse Belgique Suède Roumanie Espagne Pays-Bas Autriche Estonie
Afrique	Maroc Tanzanie Egypte Mauritanie Sénégal Iles Maurice
Moyen Orient	E.A.U Syrie Liban

	Bahreïn Jordanie Kuwait
Asie	Chine Inde Iles Maldives Malaisie Corée du sud Bangladesh Indonésie

## 5-2 Part de marché sur la période 2017-2021:

Sur les 18 sociétés agréées à l'exportation des dattes algériennes, HADDOUD Salim Company est leader du marché<sup>23</sup>

Le tableau ci-dessous présente les parts du marché de la période (2017-2021):

Tab 2.11: Part de marché

Année	Volume HADDOUD	Volume Algérie	Part de marché
2017	3764 tonnes	46825	8,04%
2018	3942 tonnes	56194	7,01%
2019	3608 tonnes	57686	6,25%
2020	5044 tonnes	69462	7,26%
2021	4277 tonnes	76932	5,56%

## 6-Analyse Swot Préliminaire:

Disposant des éléments importants concernant l'entreprise et son secteur d'activité, nous pouvons maintenant synthétiser ces informations sous la forme d'une matrice SWOT.

<sup>23</sup> Tableau des 18 exportateurs (annexes)

## 6-1 Analyse interne:

Ce tableau permet de mettre en perspective toutes les données internes liées à l'entreprise.

Tab 2.12: Analyse interne de l'entreprise.

Forces	Faiblesses
Entreprise familiale <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> Héritage du savoir faire</li> <li><input type="checkbox"/> Contrôle totale du budget</li> <li><input type="checkbox"/> Pas d'actionnaire à rémunérer</li> </ul> Diversité du panel produit. Notoriété de l'image de marque. Leader du marché de l'exportation en Algérie. Maîtrise des processus de production. Adaptation des produits aux marchés demandeurs. Certifications adaptés aux marchés.	Forte dépendance envers certaines destinations (USA, Ukraine, Russie, Bangladesh). Forte concurrence régionale <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> La tunisie est leader du marché de la Deglet Nour.</li> <li><input type="checkbox"/> Le marché européen privilégie la variété "majdoul" saoudienne.</li> </ul> Installation en place non modifiable a priori.

## 6-2 Analyse externe:

Ce tableau permet de mettre en perspective toutes les données externes (à savoir le marché et l'environnement)

Tab 2.13: Analyse externe de l'entreprise.

Opportunités	Menaces
Possibilité d'intégration de nouveaux marchés (Amérique du sud) Développement de produits dérivés à forte valeur ajoutée. Intérêt grandissant des consommateurs envers les dattes (Europe) Disponibilité abondante d'une main d'oeuvre qualifiée Projet de partenariat de développement.	Situation géopolitique instable. Prévision basée sur l'historique récent (Indicateurs biaisés) Forte spéculations des fournisseurs. Présence de barrière à l'exportation contraignante. Méconnaissance des risques.

## Organisation et Audit de la SC HADDOUD Salim Company:

Durant cette étape nous allons mettre en évidence l'organisation de la SC afin d'effectuer un audit logistique adapté au secteur d'activité selon le référentiel ASLOG. Le but ultime est de déterminer les périmètres d'interventions pour procéder à l'optimisation (Chapitre 3).

### 1-Organisation Générale de la SC:

Nous avons identifié trois Macro-Processus au sein de la SC HADDOUD Salim Company:

- Processus d'approvisionnement.
- Processus de production.
- Processus de commercialisation.

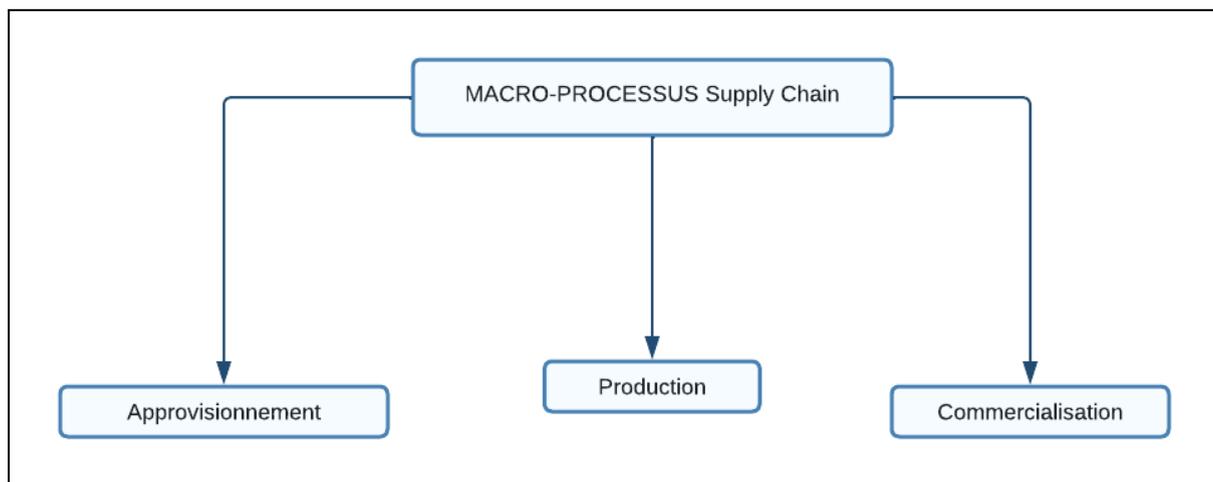


Fig 2.12: Macro processus SC HADDOUD COMPANYY

## 1-1 Description du processus d'approvisionnement:

Le schéma ci après décrit le processus d'approvisionnement:

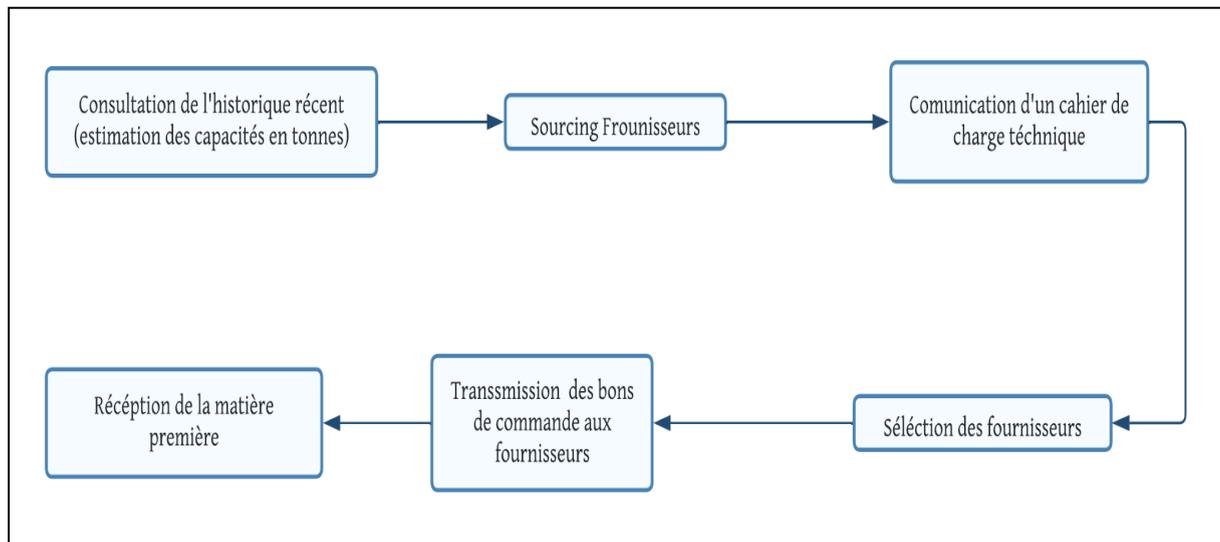


Fig 2.13: Processus d'approvisionnement

## 1-2 Description du processus de production:

Le schéma ci après décrit le processus de production

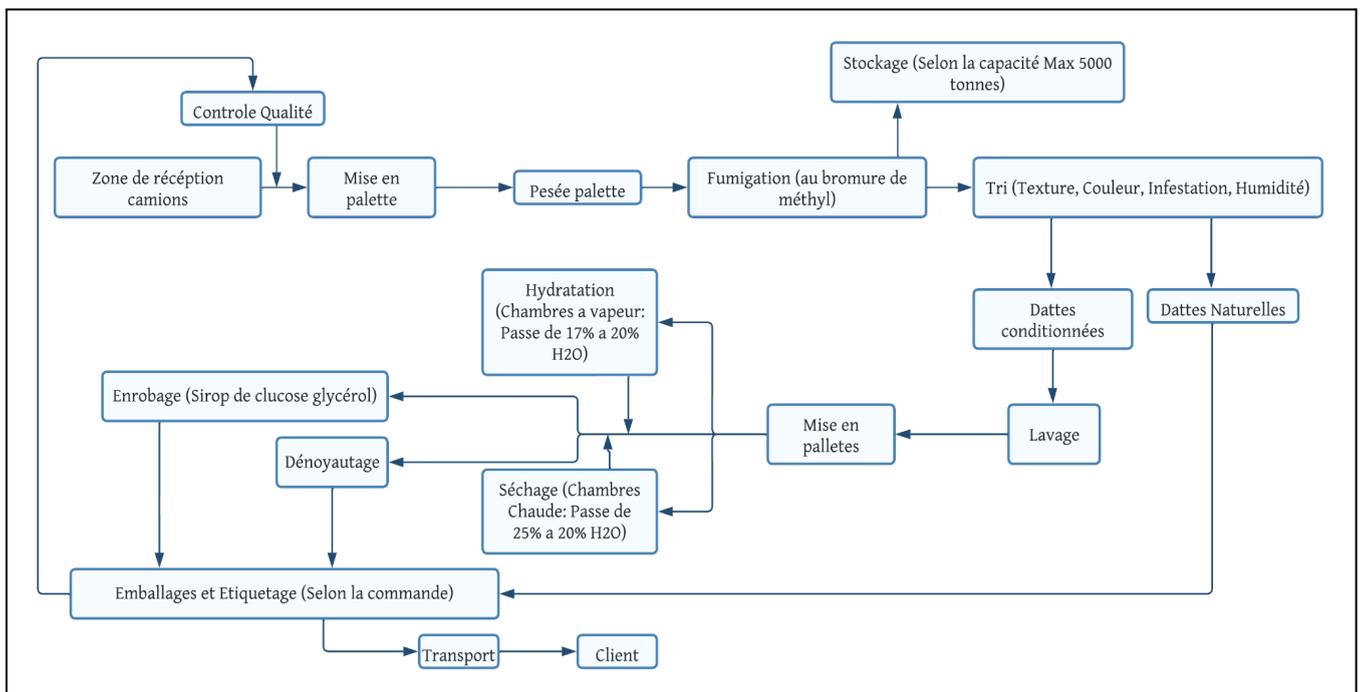


Fig 2.14 : Processus de production

### 1-3 Description du processus de commercialisation:

Le schéma ci après décrit le processus de commercialisation:

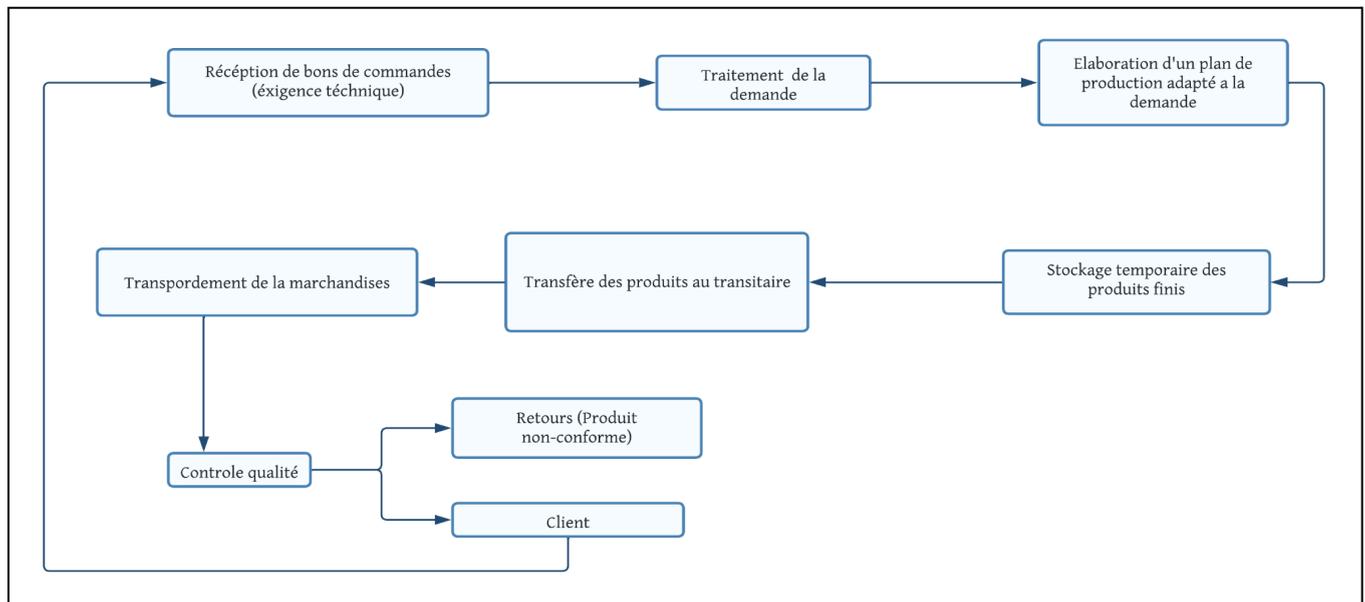


Fig 2.15: processus de commercialisation

## 2-Audit Référentiel ASLOG:

L'audit de l'ASLOG se caractérise principalement par:

- Son contenu se présente sous la forme de questions ouvertes, élaborées par les professionnels de l'ASLOG. Il est à noter que les questions<sup>24</sup> reprises ne sont pas toujours applicables à la situation réelle de l'entreprise.
- Sa finalité est de déterminer les périmètres d'interventions pour l'amélioration de la performance d'une SC (Optimisation).

Après adaptation du référentiel nous avons retenue que 44 questions (Voir annexe) subdivisés sur 10 chapitres:

- Chapitre 1: Management stratégie et planification (15 questions).
- Chapitre 2: Conception et projet (6 questions).
- Chapitre 3: Supply chain et Approvisionnement (5 questions).
- Chapitre 4: Supply chain et Production (6 questions).
- Chapitre 5: Supply chain et Transport (7 questions).
- Chapitre 6: Supply chain et Stockage (7 questions).
- Chapitre 7: Supply chain et Distribution (8 questions).
- Chapitre 8 : Supply chaîne inverse (3 questions).
- Chapitre 9 : Indicateurs de pilotage (5 questions).
- Chapitre 10: Progrès permanent (5 questions).

Le tableau suivant synthétise les résultats de l'audit:

---

<sup>24</sup> Le référentiel de base comporte 136 questions (version 2008)

Tab 2.14: Résultat référentiel ASLOG Adapté (HADDOUD Salim Company)

Chapitres	Note obtenue	Note Max	Taux %
Management, Stratégie et Planification	19	45	42%
Conception et Projet	11	18	61%
Supply chain et Approvisionnements	7	15	47%
Supply chain et production	10	18	56%
Supply chain et transport	15	21	71%
Supply chain et stockage	15	21	71%
Supply chain et Distribution	11	24	46%
Supply Chain inverse	6	9	67%
Indicateurs de pilotage	6	15	40%
Progrès permanent	6	15	40%
Total de la performance	106	201	53%

## CONCLUSION

Suivant les résultats de l'audit, nous avons constaté les points suivant:

- Le résultat de la performance globale par l'audit ASLOG est de 53 %, un résultat plutôt moyen, indiquant des risques en matière de:
  - Management, stratégie et planification avec un taux de 42%.
  - Approvisionnement avec un taux de 47 % .
  - Indicateur de pilotage et progrès permanent avec taux de 40 %.
- l'audit de l'ASLOG présente un résultat moyen au niveau de la production (56%) et atteint l'excellence en matière de transport et de stockage.

Dans ce qui suit, nous allons chercher à confirmer ces résultats en utilisant des approches quantitatives.

# CHAPITRE 3: Optimisation de la SC.

*«Le tout est plus grand que la somme des parties.»  
Confucius*

## INTRODUCTION

Dans ce chapitre on va adopter une nouvelle approche pour l'optimisation des supply chains agroalimentaire en utilisant des méthodes purement quantitatives , l'objectif est d'atteindre un niveau de certitude avancé pour mettre en place un modèle générique au secteur.

Tab 3.1: Tableau récapitulatif de la structure du chapitre 3.

Étapes	Éléments
Etape 1: Application de la méthode RFM	Segmentation des clients
Etape 2: Application de la méthode Supplier Spatial Choice Making	Visualisation des fournisseurs
Etape 3: Application de la méthode Warehouse Localisation	Localisation de l'entrepôt de stockage
Etape 4: Application Warehouse Design Management	Design optimale de l'entrepôt de stockage
Etape 5: Application des modèles de prévisions	Modélisation de la production
Etape 6: Modèle générique	Récapitulatif des solutions

## 1- Application de la méthode RFM:

Définition de la période temporelle de la segmentation: 4 ans.

Fiche de notation:

Tab 3.2: Attribution des score R, F, M

R	Score	F	Score	M	Score
0-12	5	100-80	5	6000-2000	5
12-21	4	80-60	4	2000-1000	4
21-30	3	60-40	3	1000-700	3
30-39	2	40-20	2	700-300	2
39-48	1	20-0	1	300-0	1

R: Récence (Mensualité de la dernière expédition)

F: Fréquence (Nombre d'expédition durant la période temporelle)

M: Montant (Utilisation des volumes en tonnes)

Mise en place de la segmentation par label

Tab 3.3: Affectation des pays par label

Label	Intervalle	Clients (Pays)
Diamond	[4-5]	USA, Bangladesh, EAU, Inde, Russie, Ukraine, Malaisie.
Gold	[3-4[	Sri Lanka.
Silver	[2.5-3[	Maroc, Indonésie, France, Iles Maurices, Allemagne, Italie, Estonie.
Bronze	]2-2.5[	Corée du sud, Australie, Mauritanie, Iles Maldives.
Standard	[1-2]	Qatar, Chine, Canada, Géorgie, Grèce, Sénégal, Pologne, Suède, Mexique.

Caractéristiques des labels:

Tab 3.4: Caractéristique des labels

Label	Caractéristiques
Diamond	Les meilleurs clients, qui ont acheté le plus récemment, achètent le plus souvent et sont grands dépensiers.
Gold	Les seconds clients les plus précieux, qui ont le potentiel de devenir des clients du label "diamond".
Silver	Clients à forte valeur ajoutée, segment à conserver impérativement, qui nécessite une attention permanente.
Bronze	Les clients de niveau intermédiaire, qui sont plus susceptibles d'être attirés par les promotions et les campagnes personnalisées.
Standard	possibilité de conversion vers un segment supérieur risque élevé de perte

Remarque: Nous ferons appel à la segmentation clients (méthode RFM) lors de l'application des modèles de prévision (série temporelle).

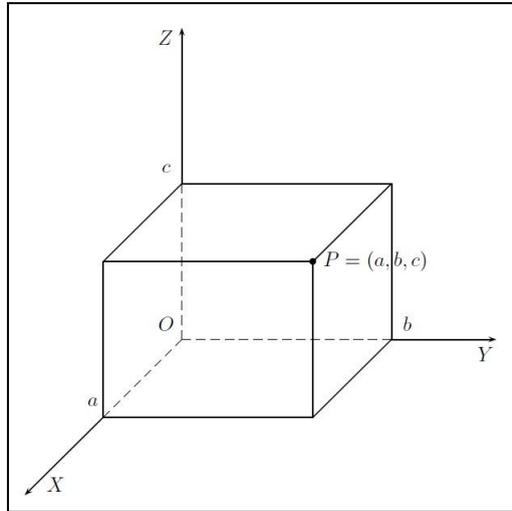
## 2-Application de la méthode Supplier Spatial Choice Making:

Le Supplier Spatial Choice Making est une méthode de visualisation et de prise de décision basée sur la distance euclidienne dans un repère orthonormé de  $n$  dimension qui est le nombre des critères de sélection ( $KPI$ ), chaque fournisseur sera représenter par un point avec  $n$  coordonnées  $(x_1, x_2, \dots, x_n)$ , selon la distance entre le fournisseur idéal et le  $k_{ieme}$  fournisseur on classe par ordre croissant les meilleurs fournisseurs.

Le Choix des KPI (Résultat du diagnostic) :

- C1: Qualité
- C2: Transport
- C3: Respect des consignes

□ La visualisation se fera dans le plan  $R^3$  :



□ La distance est évaluée par la formule suivante :

$$d(M_{ik}; M_i^*) = \sqrt{(x^* - x_k)^2 + (y^* - y_k)^2 + (z^* - z_k)^2} \dots\dots\dots(6.1)$$

Identification du Fournisseur Idéal

La Figure (4.1) représente l'attribution des KPI cités au dessus (C1; C2; C3) ainsi que leurs capacités en terme de volume MAX:

	Nom du fourinisseur	VolumeMax	KPIA	KPIB	KPIC
0	1	183122	6	7.5	9
1	2	213201,64	6	6.5	7
2	3	707494,89	8	7.0	6
3	4	287395	6	6.5	7
4	5	25240	8	9.0	8
5	6	49447	8	9.0	8
6	7	144421,5	8	8.5	9
7	8	55010,2	9	8.0	7
8	9	26462	8	9.0	8
9	10	61329	7	8.0	9
10	11	127351	7	7.5	8
11	12	267226,65	7	8.0	9
12	13	117946	8	9.0	8
13	14	116024	9	8.0	7
14	15	12340	8	9.0	8

Fig 3.1: KPI par Fournisseur

- Le fournisseur idéal a pour KPI:
- C1: Qualité= 8
  - C2: Transport= 8.5
  - C3: Respect des consignes= 8

□ La Visualisation:

Notre visualisation est sur le plan  $R^3$ : chaque axe représente un KPI , L'axe X représente le critère C1: Qualité , L'axe Y représente le critère C2: Transport , L'axe Z représente le critère C3: Respect des consignes .

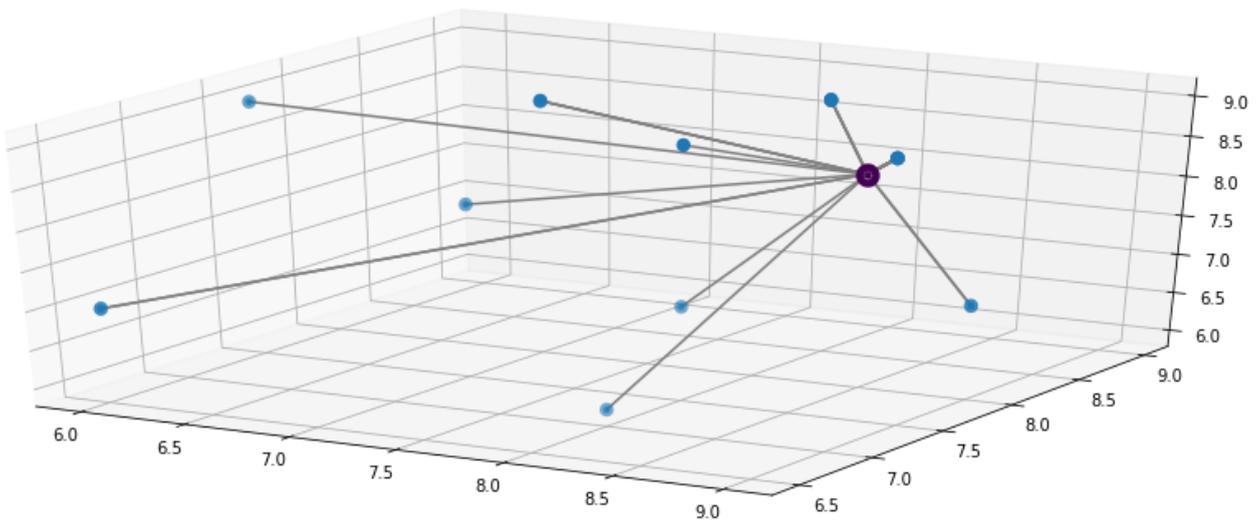


Fig 3.2: Visualisation sur  $R^3$

□ Evaluation des distances Euclidienne:

```
[0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 1.118033988749895,  
1.118033988749895, 1.118033988749895, 1.118033988749895, 1.118033988749895,  
1.118033988749895, 1.118033988749895, 1.7320508075688772, 1.7320508075688772,  
1.7320508075688772, 1.7320508075688772, 1.7320508075688772, 1.8027756377319946,  
1.8027756377319946, 1.8027756377319946, 2.23606797749979, 2.23606797749979,  
2.29128784747792, 2.29128784747792, 2.29128784747792, 3.3541019662496847]
```

Fig 3.3: Distances euclidiennes.

□ La classification Euclidienne:

```
[6, 16, 17, 18, 21, 22, 23, 29, 30, 7, 11, 12, 24, 25, 26, 28, 9, 10, 13, 14,  
15, 19, 20, 27, 1, 2, 3, 4, 8, 5]
```

Fig 3.4: Classification euclidiennes.

□ Tableau final: Classification fournisseur

Nom du fouriniss	VolumeMax	KPIA	KPIB	KPIC
6	49447	8	9	8
16	10192	8	9	8
17	2340.2	8	9	8
18	281524	8	9	8
21	117946	8	9	8
22	9750	8	9	8
23	13760	8	9	8
29	24867	8	8,5	9
30	12560	8	8,5	9
7	144421.5	8	8,5	9
11	127351	7	7,5	8
12	267226.65	7	8	9
24	25909	8	0,85	9
25	176082	7	8.0	9
26	89738.4	8	7.5	9
28	189832	8	8.5	9
9	26462	8	9.0	8
10	61329	7	8.0	9

Fig 3.5: Classement finale des fournisseurs

□ Interprétation des résultats:

Les 10 fournisseurs retenus sont: (6, 16, 17, 18, 21, 22, 23, 29, 30, 7)

### 3- Application de la méthode Warehouse Localisation:

la méthode Classique de Weizfeld utilise été proposé par Weiszfeld ,les résultats sont corrects dans une certaine marge de tolérance , mais le problème qui se pose dans notre problématique est que l'espace géométrique n'est pas considéré comme un  $R^2$  mais comme une surface d'une sphère et les terrains sont localisés par des coordonnées géodésiques , donc on doit changer l'algorithme pour que les données soient exploitables et les résultats sont adéquates à notre problématique .

On commence par la définition des coordonnées géodésiques et l'espace géodésique et leurs relation avec le coordonnées cartésiennes et l'espace euclidien , on va canoniser la transaction des coordonnées géodésiques au coordonnées cartésiennes , après la méthode de Weiszfeld dans sa forme 3D dans l'espace  $R^3$  qui calcule la position optimale et à la fin on transforme en coordonnée Géodésiques par la méthode de Yang. La forme de la terre était démontrer d'être elliptique , plusieurs modèles ont été développés au cours des années , pour cette étude on va suivre le modèle WGS84 .\La géométrie euclidienne n'est plus commode pour le cas , donc la géométrie riemannienne vient de prendre sa place en utilisant les coordonnées sphériques et les coordonnées géodésiques . Les coordonnées sphériques sont de la forme  $(r, \phi, \lambda)$

$$r = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2} \dots\dots\dots(7.1)$$

$$\lambda = \arctan x/y \dots\dots\dots(7.2)$$

Pour le cas de la terre , le rayon de la terre est fixé , noter par convention  $R$  le cas des coordonnées géodésiques est un peu différent , le rayon de la terre est fixe donc elle devient plus variable , on a les deux angles  $\phi$  et  $\lambda$  qui varient qui représentent le Latitude et la Longitude , et on ajoute un variable qui quantifie la hauteur nommer L'altitude  $h$  , donc trois variables  $(\phi, \lambda, h)$ .

La relation entre les coordonnées sphériques et les coordonnées géodésiques est :

$$x = (v + h) \cos(\phi) \cos(\lambda) \dots\dots\dots(7.4)$$

$$y = (v + h) \cos(\phi) \sin(\lambda) \dots\dots\dots(7.5)$$

$$z = (v(1 - e^2) + h) \sin(\phi) \dots\dots\dots(7.6)$$

Telle que :

$$v = \frac{a}{\sqrt{1 - e^2 \sin^2 \phi}} \text{ et } e^2 = f(2 - f)$$

Après cette transformation , l'ensemble des points fournit dans la localisation géodésique habituelle des warehouses va devenir dans la base cartésienne ou l'algorithme de Weiszfeld peut fonctionner mais cette fois dans l'espace  $R^3$

Notre fonction économique est Maintenant définie dans l'espace  $R^3$  : Elle représente les coûts de transport pour chaque unité de poids.

$$f(x, y, z) = \sum_{i \in V}^n c * d_i * distance(M; M_i)$$

telle que :  $distance(M, M_i) = \sqrt{(x - x_i)^2 + (y - y_i)^2 + (z - z_i)^2}$

On suppose que la fonction  $f(x, y, z)$  est convexe sur  $R^2$  , donc son minimum correspond au point stationnaire ou ses coordonnées peut être déterminer par la condition :

$$\frac{\partial f(x, y, z)}{\partial x} = 0 \quad \dots\dots\dots(7.7)$$

$$\frac{\partial f(x, y, z)}{\partial y} = 0 \quad \dots\dots\dots(7.8)$$

$$\frac{\partial f(x, y, z)}{\partial z} = 0 \quad \dots\dots\dots(7.9)$$

Après le développement , on aura les coordonnées suivantes :

$$x^* = \frac{\sum_{i \in V}^n \left[ \frac{d_i x_i}{\sqrt{(x_i - x^*)^2 + (y_i - y^*)^2 + (z_i - z^*)^2}} \right]}{\sum_{i \in V}^n \left[ \frac{d_i}{\sqrt{(x_i - x^*)^2 + (y_i - y^*)^2 + (z_i - z^*)^2}} \right]} \quad \dots\dots\dots(7.10)$$

$$y^* = \frac{\sum_{i \in V}^n \left[ \frac{d_i y_i}{\sqrt{(x_i - x^*)^2 + (y_i - y^*)^2}} \right]}{\sum_{i \in V}^n \left[ \frac{d_i}{\sqrt{(x_i - x^*)^2 + (y_i - y^*)^2 + (z_i - z^*)^2}} \right]} \dots\dots\dots(7.11)$$

$$z^* = \frac{\sum_{i \in V}^n \left[ \frac{d_i z_i}{\sqrt{(x_i - x^*)^2 + (y_i - y^*)^2 + (z_i - z^*)^2}} \right]}{\sum_{i \in V}^n \left[ \frac{d_i}{\sqrt{(x_i - x^*)^2 + (y_i - y^*)^2 + (z_i - z^*)^2}} \right]} \dots\dots\dots(7.12)$$

Pour éviter de transformer ces deux équations en équations avec des solutions exactes , on la résout par un algorithme numérique avec une solution approximative avec une marge d'erreur.

étape 0 :  $h \in N$  on pose

$$x^h = \frac{\sum_{i \in V} d_i x_i}{\sum_{i \in V} d_i} \dots\dots\dots(7.13)$$

et :

$$y^h = \frac{\sum_{i \in V} d_i y_i}{\sum_{i \in V} d_i} \dots\dots\dots(7.14)$$

et :

$$z^h = \frac{\sum_{i \in V} d_i z_i}{\sum_{i \in V} d_i} \dots\dots\dots(7.15)$$

étape 1 :

$$x^{h+1} = \frac{\sum_{i \in V}^n \left[ \frac{d_i x_i}{\sqrt{(x_i - x^h)^2 + (y_i - y^h)^2 + (z_i - z^h)^2}} \right]}{\sum_{i \in V}^n \left[ \frac{d_i}{\sqrt{(x_i - x^h)^2 + (y_i - y^h)^2 + (z_i - z^h)^2}} \right]} \dots\dots\dots(7.16)$$

et :

$$y^{h+1} = \frac{\sum_{i \in V}^n \left[ \frac{d_i y_i}{\sqrt{(x_i - x^h)^2 + (y_i - y^h)^2 + (z_i - z^h)^2}} \right]}{\sum_{i \in V}^n \left[ \frac{d_i}{\sqrt{(x_i - x^h)^2 + (y_i - y^h)^2 + (z_i - z^h)^2}} \right]} \dots\dots\dots(7.17)$$

et :

$$z^{h+1} = \frac{\sum_{i \in V}^n \left[ \frac{d_i z_i}{\sqrt{(x_i - x^h)^2 + (y_i - y^h)^2 + (z_i - z^h)^2}} \right]}{\sum_{i \in V}^n \left[ \frac{d_i}{\sqrt{(x_i - x^h)^2 + (y_i - y^h)^2 + (z_i - z^h)^2}} \right]} \dots\dots\dots(7.18)$$

étape 2 :

si  $f(x^h, y^h, z^h) - f(x^{h+1}, y^{h+1}, z^{h+1}) < \varepsilon$ , on arrête l'algorithme,  $x^h$  et  $y^h$  et  $z^h$  représentent une bonne approximation de la solution exacte  $x^*$ , et  $z^*$ . Sinon on  $y^*$  continue l'itération en revenant à l'étape 1.

Maintenant on passe à l'étape finale, après avoir un résultats approximativement correcte  $(x^*, y^*, z^*)$  on le transforme en coordonnées géodésiques.

Pour sa, Il existe plusieurs méthodes soit itérative ou non itérative, après voir les testes d'erreur et de convergence, la méthode qui se calcule plus rapidement est la méthode de LIN and WANG, elle est une méthode itérative mais dans notre cas où l'intervalle de l'altitude terrestre  $-5,000m \leq h \leq 10,000m$  les résultats sont très rigoureux au point ou on a pas besoin d'itérer pour atteindre notre précision voulu.

La méthode est de très simple, elle se base sur la méthode de Newton, Soit l'équation Cartésienne de l'ellipse de révolution :

$$\frac{x_E^2}{a^2} + \frac{y_E^2}{b^2} + \frac{z_E^2}{c^2} = 1 \dots\dots\dots(7.19)$$

$a$  : est le rayon équatorial nommé aussi demi-grand axe de la terre, dans le système géodésique WGS84 sa valeur est de 6378137 m.

$f$  : est l'aplatissement, il est calculé sa valeur dans le système WG84 est 1/298.257223563.

$b$  : est le semi-mineur axe de la terre, sa valeur est calculée par la  $b = a(1 - f)$  formule Sa valeur dans le système géodésique WGS84 est 6356752.3142m.

On aura le vecteur normal après le différencier partiellement telle que :

$$n = \frac{2x_E}{a^2}i + \frac{2y_E}{a^2}j + \frac{2z_E}{b^2}k \dots\dots\dots(7.20)$$

L'équation vectoriel de h est :

$$h = (x - x_E)i + (y - y_E)j + (z - z_E)k \dots\dots\dots(7.21)$$

On peut écrire *h* sous la forme suivante :

$$h = mn \dots\dots\dots(7.22)$$

On a donc l'égalité suivante , et on cherche la valeur de m pour que l'équation soit vrai :

$$h = \frac{2mx_E}{a^2}i + \frac{2my_E}{a^2}j + \frac{2z_E}{b^2}k \dots\dots\dots(7.23)$$

On aura :

$$\frac{x_E}{a} = \frac{x}{a + \frac{2m}{a}}, \frac{y_E}{a} = \frac{y}{a + \frac{2m}{a}}, \frac{z_E}{a} = \frac{z}{a + \frac{2m}{a}} \dots\dots\dots(7.24)$$

On intègre l'équation précédente dans l'équation de la fonction f(m) ,et après la simplification on aura la fonction .

de m suivante qui est adéquate à la méthode de Newton :

$$f(m) = \frac{p^2}{(a + \frac{2m}{a})^2} + \frac{z^2}{(a + \frac{2m}{a})^2} - 1 = 0 \dots\dots\dots(7.25)$$

On peut avoir la valeur de m par la méthode Itérative de Newton :

$$m_{n+1} = m_n - \frac{f(m_n)}{f'(m_n)} \dots\dots\dots(7.26)$$

telle que:

$$f(m) = \frac{p^2}{\left(a + \frac{2m}{a}\right)^2} + \frac{z^2}{\left(a + \frac{2m}{a}\right)^2} - 1 \dots\dots\dots(7.27)$$

et :

$$f'(m) = -4\left(\frac{p^2}{a\left(a + \frac{2m}{a}\right)^3} + \frac{z^2}{b\left(b + \frac{2m}{b}\right)^3}\right) \dots\dots\dots(7.28)$$

Lin and Wang donnent une approximation initial  $m_0$  (Lin and Wang 1995,p.301)

$$m_0 = \frac{ab(a^2z^2 + b^2p^2)^{\frac{3}{2}} - a^2b^2(a^2z^2 + b^2p^2)}{2(a^4z^2 + b^4p^2)} \dots\dots\dots(7.29)$$

Après l'itération qui est optionnelle , on a une valeur de m approximativement juste .  
Maintenant on peut calculer la valeur de  $p_E$  et  $Z_E$  :

$$p_E = \frac{p}{1 + \frac{2m}{a^2}} \dots\dots\dots(7.30)$$

$$z_E = \frac{z}{1 + \frac{2m}{b^2}} \dots\dots\dots(7.31)$$

Le latitude  $\phi$  et l'altitude  $h$  sont calculer par cette simple formule :

$$\tan(\phi) = \frac{a^2z_E}{b^2p_E} \dots\dots\dots(7.32)$$

$$h = \pm\sqrt{(p - p_E)^2 + (z - z_E)^2} \dots\dots\dots(7.33)$$

Ou :  $h$  est négative si  $(p + |z|)$ est inférieur à  $(p_E + |z_E|)$

Bien-sur la valeur de la longitude est simplement calculer par la formule :

$$\tan(\lambda) = \frac{y}{x} \dots\dots\dots(7.34)$$

L'avantage de la méthode de Lin and Wang est qu'elle ne contient pas des formules trigonométriques dans le calcul de  $\tan(\phi)$  ou  $h$ .

Maintenant on a les coordonnées géodésique de la position approximativement optimale du Warehouse qui minimise notre fonction économique  $(r^*, \phi^*, \lambda^*)$ .

La fonction économique peut se modifier selon les objectifs visés, un coefficient de l'émission  $CO_2$  et de Pollution peut être rajouté, aussi pour les KPI définis.

□ Application sur nos données :

Pour l'application de la méthode sur nos données, on a besoin de traiter et d'implémenter les données dans notre algorithme :

Les données de la localisation des fournisseurs est de la forme suivante :

Fournisseur	street	zip	city	country	Demande	
0	1	El Hadjeb Biskra	NaN	Wilaya Biskra	algérie	NaN
1	2	Chetma Biskra	NaN	Wilaya Biskra	algérie	NaN
2	3	Tolga Biskra	NaN	Wilaya Biskra	algérie	NaN
3	4	Bordj Ben Azzouz Biskra	NaN	Wilaya Biskra	algérie	NaN
4	5	Biskra Biskra ville	NaN	Wilaya Biskra	algérie	NaN
5	6	Timimoun Timimoun	NaN	Wilaya Timimoun	algérie	NaN
6	7	Hassi Khalifa El Oued	NaN	Wilaya El Ouel	algérie	NaN
7	8	Taghzout El Oued	NaN	Wilaya d'El Oued	algérie	NaN
8	9	Nakhla wilaya El Oued	NaN	Wilaya d'El Oued	algérie	NaN
9	10	Taïbet Touggourt	NaN	Wilaya Touggourt	algérie	NaN
10	11	Bencaeur Touggourt	NaN	Wilaya Touggourt	algérie	NaN
11	12	Djamaa El M'Ghair	NaN	Wilaya El M'Ghair	algérie	NaN
12	13	ville El M'Ghair	NaN	Wilaya El M'Ghair	algérie	NaN
13	14	Bou Saâda M'sila	NaN	Wilaya M'sila	algérie	NaN

Fig 3.6: Données de localisation des fournisseurs.

Notre Algorithme va affecter pour chaque fournisseur sa localisation (Latitude , Longitude ):

Fournisseur	street	zip	city	country	Demand	lat	Ing	Altitude	
0	1	El Hadjeb Biskra	NaN	Wilaya Biskra	algérie	183122.00	34.787250	5.594020	147.0
1	2	Chetma Biskra	NaN	Wilaya Biskra	algérie	213201.64	34.849803	5.788918	27.0
2	3	Tolga Biskra	NaN	Wilaya Biskra	algérie	707494.89	34.706335	5.395377	27.0
3	4	Bordj Ben Azzouz Biskra	NaN	Wilaya Biskra	algérie	287395.00	34.704910	5.360930	135.0
4	5	Biskra Biskra ville	NaN	Wilaya Biskra	algérie	25240.00	34.845000	5.733258	27.0
5	6	Timimoun Timimoun	NaN	Wilaya Timimoun	algérie	49447.00	29.271290	0.252470	285.0
6	7	Hassi Khalifa El Oued	NaN	Wilaya El Ouel	algérie	144421.50	33.577610	7.011300	45.0
7	8	Taghzout El Oued	NaN	Wilaya d'El Oued	algérie	55010.20	33.470132	6.657611	98.0
8	9	Nakhla wilaya El Oued	NaN	Wilaya d'El Oued	algérie	26462.00	33.180000	7.213479	98.0
9	10	Taïbet Touggourt	NaN	Wilaya Touggourt	algérie	61329.00	33.109300	6.072030	72.0
10	11	Bencaeur Touggourt	NaN	Wilaya Touggourt	algérie	127351.00	33.109300	6.072030	72.0
11	12	Djamaa El M'Ghair	NaN	Wilaya El M'Ghair	algérie	267226.65	33.589492	5.853926	6.0
12	13	ville El M'Ghair	NaN	Wilaya El M'Ghair	algérie	117946.00	33.956700	5.934430	6.0
13	14	Bou Saâda M'sila	NaN	Wilaya M'sila	algérie	116024.00	35.718430	4.517500	482.0
14	15	El Guerrara Ghardaïa	NaN	Wilaya Ghardaïa	algérie	12340.00	32.788910	4.487640	303.0

Fig 3.7: Affectation des localisations fournisseurs.

□ Application:

Selon la Méthode Standard (Moyenne Pondérée):

$$x^* = \frac{\sum_{i \in V} x_i d_i}{\sum_{i \in V} d_i} \dots\dots\dots(7.35)$$

$$y^* = \frac{\sum_{i \in V} y_i d_i}{\sum_{i \in V} d_i} \dots\dots\dots(7.36)$$

$$z^* = \frac{\sum_{i \in V} z_i d_i}{\sum_{i \in V} d_i} \dots\dots\dots(7.37)$$

```

def sum(arr):
    sum=0
    for i in arr:
        sum = sum + i
    return(sum)

d=sum(Demand)

xd=numpy.dot(X,Demand)

yd=numpy.dot(Y,Demand)

zd=numpy.dot(Z,Demand)

#Etape 0 : Xh(0) et Yh(0)

xh= xd/d
yh= yd/d
zh= zd/d

```

Fig 3.8:Algorithme d'application de la méthode des moyennes pondérées

La Localisation Idéale de l'entrepôt de stockage est ( 33.5420173 , 5.31456655) situé dans le désert de M'rara .

Selon la Méthode de Weizfeld :

```

Optimal Approximation is Found !
Xopt=5265018.0039471965 Yopt=521814.6122730451 Zopt=3527940.624899225

```

```

(latitude = 33.87376539855545, longitude = 5.660086093452739)

```

La Localisation Idéal de l'entrepôt de stockage est ( 33.87376 , 5.6600) situé à côté d'El Meghaier proche de Si Khelil .

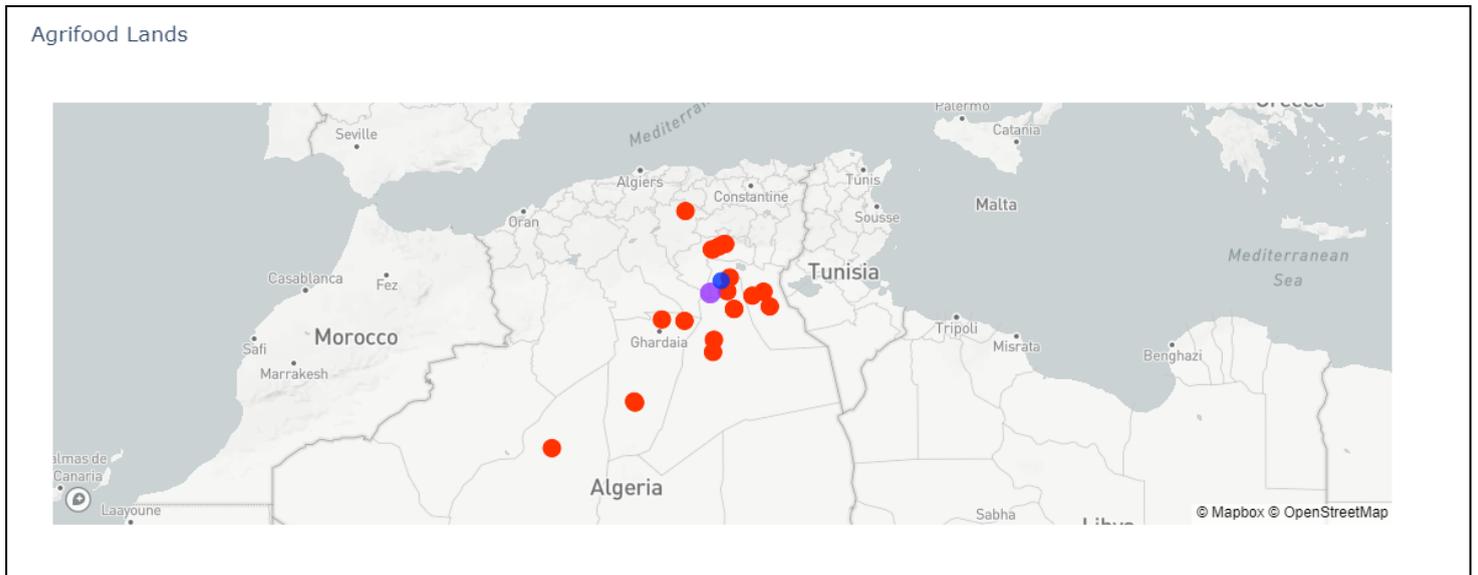


Fig 3.9: Carte géographique des localisations des deux méthodes.

- La localisation en bleu est celle de la méthode des moyennes pondérées: M'rara .
- La localisation en violet est celle de la méthode de Weizfeld , dans les côtés d'El Meghaier .

## 4-Application Warehouse Design Management:

La superficie de la zone de stockage est d'environ  $1800 \text{ m}^2$ , on veut trouver un design de l'entrepôt pour optimiser le temps de stockage et de déstockage. notre fonction objectif est la suivante:

Elle représente le temps total de stockage et déstockage d'une unité  $n$ .

$$\text{Minimize}(\alpha_x + \frac{w_x}{2})\frac{n_x}{v} + \frac{\alpha_y n_y + 3w_y}{2v}$$

Contraintes:

$$\begin{aligned}n_x n_y n_z &\geq m \\n_x, n_y &\geq 0, \text{ integer} \\n_x &\text{ pair,}\end{aligned}$$

L'ensemble des contraintes garantit que les dimensions sont positives, l'espace est suffisant pour le nombre des unités à stocker et que la distribution selon l'axe x est paire pour des raisons de symétrie.

On a les données suivantes :

$a_x = 1.2$  m la longueur de la palette

$a_y = 0.8$  m la largeur de la palette

$n_z = 7$  le nombre des étagères

$w_x = 1.4$  m dimension des allés sur l'axe x

$w_y = 3.0$  m dimension des allés y sur l'axe y

$m = 160$  le nombre des pallets

Maintenant, on calcule les dimensions optimales du nombre des palette dans l'axe X et l'axe Y :

$$n'_x = \sqrt{\frac{m\alpha_y}{2n_z(\alpha_x + \frac{w_x}{2})}}$$

$$n'_y = \sqrt{\frac{m\alpha_x}{\alpha_y n_z}}$$

Algorithme d'application pour calculer les paramètres de la zone de stockage

```
nxo= math.sqrt((m*ay)/(2*nz*(ax+wx/2)))  
nyo= math.sqrt((2*m*(ax+wx/2))/(ay*nz))  
print(f"nxo={nxo} nyo={nyo} ")
```

nxo=2.1936339884283274 nyo=10.419761445034553

$n_{xo}$  est nombre pair il est fixé égal à 2

$n_{yo}$  est fixé égal à 11

Maintenant on Calcule les dimension totales de la zone de stockage:

$$L_x = (\alpha_x + \frac{w_x}{2})n_x$$

$$L_y = \alpha_y n_y + 3w_y$$

```
#Le Calcule de Lx et Ly optimaux
```

```
Lx=(ax+wx/2)*nxo
```

```
Ly=ay*nyo+3*wy
```

```
print(f"Lx = {Lx} Ly = {Ly} ")
```

```
nxOptimal = 2 nyOptimal = 11
```

```
Lx = 3.8 Ly = 17.8
```

$$L_x = 3.8m$$

et

$$L_y = 17.8m$$

La surface de stockage est optimisée à  $68m^2$  .

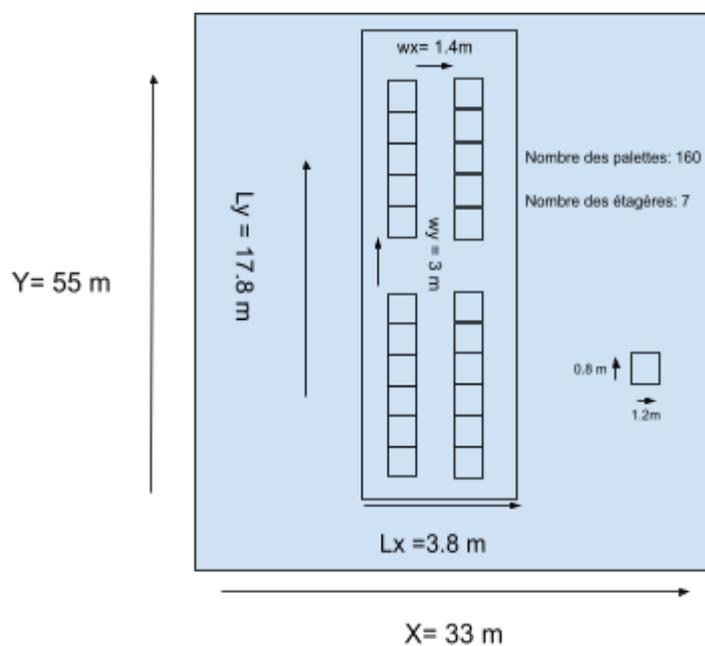


Fig 3.10: Conception de la zone de stockage optimale

## 5- Application des modèles de prévisions:

Dans ce sous-chapitre , on va essayer de trouver une modélisation rigoureuse de nos différentes séries chronologiques .

La première série chronologique représente la variation du volume d'exportation en fonction des années:

Année	Chiffre d'affaires	Volume
2011-01-01	175 112 590,14 €	1736
2012-01-01	194 607 874,10 €	2212
2013-01-01	232 809 941,94 €	3666
2015-01-01	409 619 221,01 €	3500
2016-01-01	412 589 105,32 €	3600
2017-01-01	413 924 011,50 €	3764
2018-01-01	415 258 917,54 €	3942
2019-01-01	443 924 554,08 €	3608
2020-01-01	569 633 315,10 €	5044
2021-01-01	535 501 667,96 €	4277

Fig 3.11: Volume d'exportation en fonction des années

La visualisation de la série est la suivante :

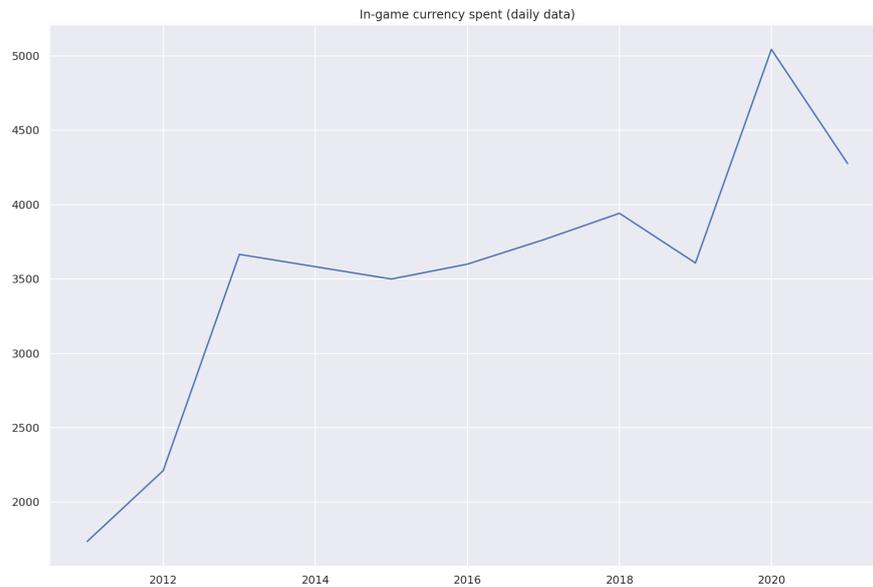


Fig 3.12: série chronologique de la variation du volume d'exportation

On remarque la présence d'une tendance et l'absence de la saisonnalité , la meilleure méthode de prévision est : Le Lissage Exponentiel Double .

Les paramètres du modèle sont fixés,  $\alpha = 0.95$  ,  $\beta = 0.3$

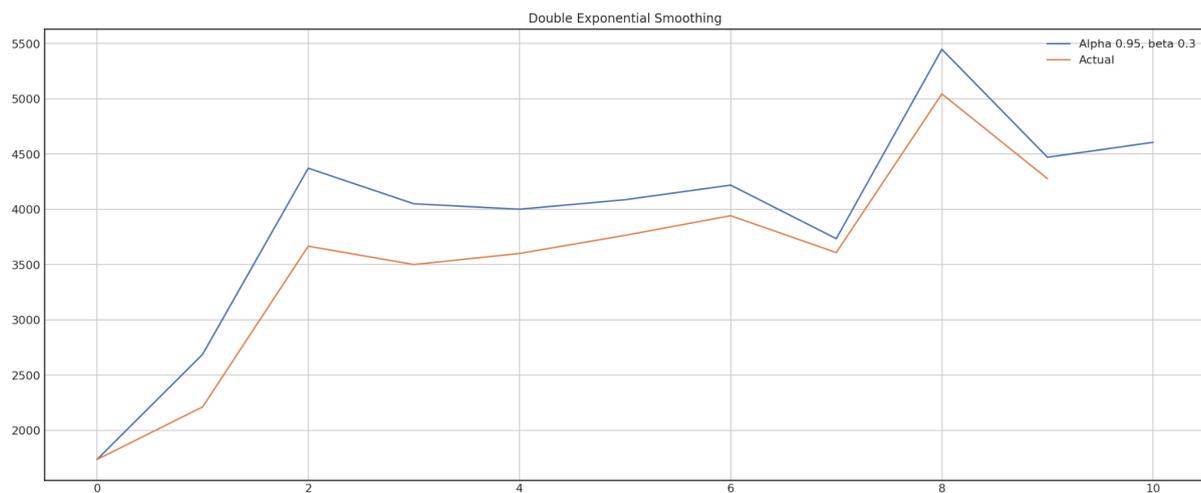


Fig 3.13: Résultat du lissage exponentiel double

Prévision du volume d'exportation pour l'année 2022 (tonne): 4600

Evaluation de la méthode:

L'erreur Mean Square :  $MSLE = 0.012421$

L'erreur Mean Absolue:  $MAE = 361.700000$

environ 9% d'erreurs ce qui est tolérable , le modèle de prédiction est validé .

La deuxième série chronologique représente les volumes d'exportation pour chaque pays, les huit client du label diamond sont retenus (Segmentation des client par l'analyse RFM)

	USA	Bengladesh	E.A.U	Indonesie	Inde	Russie	Ukraine	Malaisie
2018-01-01	770	842	96	140	323	817	42	36
2019-01-01	429	964	69	192	279	1034	142	66
2020-01-01	0	1233	107	3	322	1800	280	109
2021-01-01	290	21	99	0	153	1990	475	884

Fig 3.14: Données du volume d'exportation par pays en tonnes.

On passe maintenant à la visualisation :

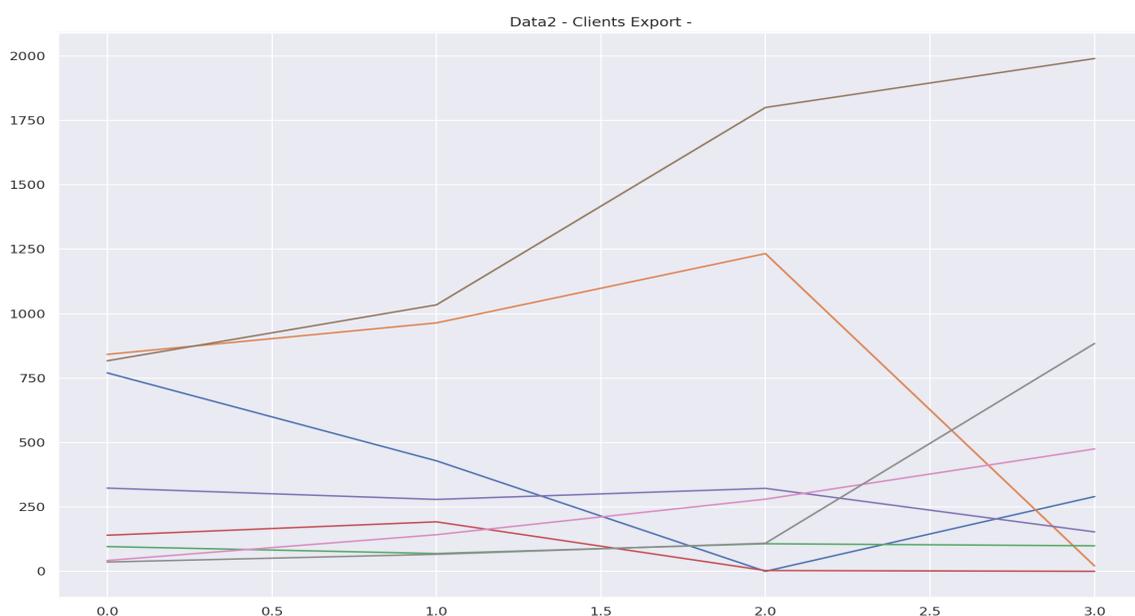


Fig 3.15: Série chronologique du label diamond

Pour des raisons de simplicité , les séries chronologiques ne disposent pas de saisonnalité et presque une absence totale de tendances , la prédiction se fera par intuition ou par régression linéaire ce qui est aussi intuitif .

On passe maintenant au dernier ensemble des séries chronologiques, elles représentent les volumes d'exportation de chaque type de datte par année.

	DB	DC	DN	DCm
2018-01-01	301	1998	253	1390
2019-01-01	179	2034	45	1350
2020-01-01	292	3127	151	1474
2021-01-01	374	3529	23	351

Fig 3.16: Données du volume d’exportation par datte en tonnes

La visualisation des variations des quatres types de datte :

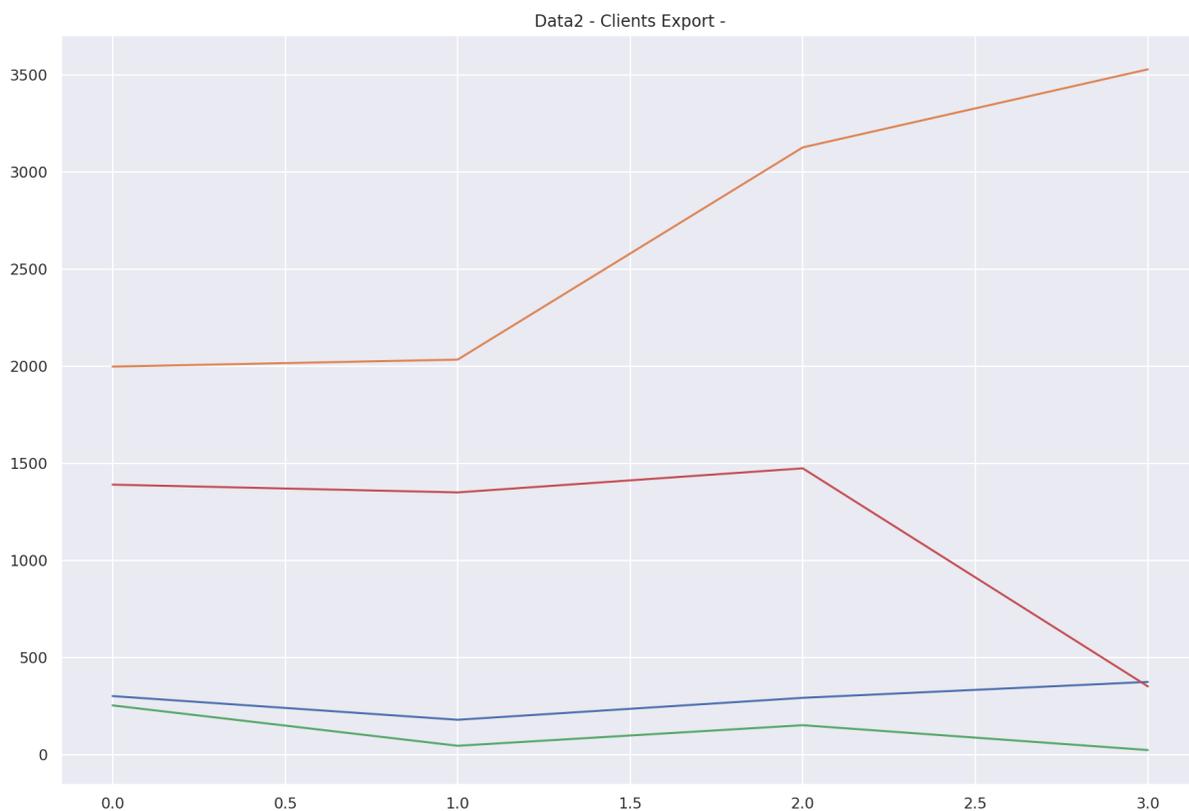


Fig 3.17: Série chronologique de la variation du volume d’exportation par dattes

La totalité des séries chronologiques sont constantes, Seul datte conditionnée dispose d'une tendance :



Fig 3.18: Série chronologique de la datte conditionnée

Dans ce cas, la meilleure méthode de prévision est celle du Lissage Exponentiel Double.

Les paramètres du modèle sont:  $\beta = 0.2 \alpha = 0.95$



Fig 3.19: Résultat du lissage exponentiel double pour chaque type de dattes

Evaluation de la méthode:

L'erreur Mean Square :  $MSLE = 0.002620$

L'erreur Mean Absolute:  $MAE = 135.5$

L'erreur est estimée à 4% (tolérable) , le modèle de prédiction est validé .

## 6- Modèle générique:

Le tableau ci-après résume tous les résultats du chapitres.

Tab 3.5: Récapitulatif des solutions.

Catégorie	Constat
Segmentation clients	Clients label Diamond: USA, Bangladesh, EAU, Inde, Russie, Ukraine, Malaisie.
Supplier Spatial Choice Making	Les 10 fournisseurs retenus sont: (6, 16, 17, 18, 21, 22, 23,29, 30, 7)
Warehouse Localisation Problem	La Localisation Idéal de l'entrepôt de stockage est ( 33.87376 , 5.6600) situé à côté d'El Meghaier proche de Si Khelil .
Warehouse Design Management	La surface de stockage optimale est optimisée à 68m <sup>2</sup> Avec: Longueur: 17.8m Largeur:3.8m
Production Forecasting	Volume prévu pour (2022)= 4600 tonnes. Seul la datte conditionné suit une tendance

## Conclusion Générale

Le succès des méthodes du génie industriel se mesure par le résultat obtenu par les efforts fournis , on a passé presque 6 mois dans l'entreprise Haddoud , on a appris à écouter , analyser , penser ... On a essayé de développer une nouvelle approche, une approche qui utilise la polyvalence des méthodes qualitatives, et la précision des méthodes mathématiques.

L'ensemble des méthodes et processus utilisés sont nouveaux , la connexité de l'approche apporte une haute certitude, chaque problème est traité par deux principe : la cohérence intérieur qui spécifie la précision et la cohérence extérieur qui spécifie la faisabilité de l'approche qui est le principal problème observé dans l'application du génie industriel en Algérie.

Les résultats de l'approche sont prometteurs, théoriquement acquis un grand potentiel d'optimisation , maintenant c'est le rôle de l'entreprise de réaliser le plan d'action proposé.

A la fin , l'expérience retenue dans cette aventure est que la cohérence et la réalisabilité des approches est prioritaire sur leur précision, complexité et prestige ...

## Bibliographies:

- Supply Chain Analytics: Concepts, Techniques and Applications 1st ed. 2022 Edition (Kurt Y. Liu).
- Supply Chain Analytics: Using Data to Optimize Supply Chain Processes 26 novembre 2020 (Peter W. Robertson).
- Global Supply Chain: Using Systems Engineering Strategies to respond to disruptions 2021 (Adedeji B. Badiru).
- Jay Wright Forrester - Une première esquisse du Supply Chain Management 2017 (Aurélien Rouquet).
- Introduction to Logistics Systems Management, 2nd Edition 2013 (Gianpaolo Ghiani, Gilbert Laporte, Roberto Musmanno).
- Logistique et Supply chain management 2008 (Pierre Medan).
- Food Supply Chain Management And Logistics 2015 (Samir Dani)
- Time Series Analysis and Its Applications: With R Examples (Springer Texts in Statistics) 4th ed. 2017 Edition

# Annexes

Dans ce qui suit:

- Données HADDOUD SALIM COMPANY (2018-2021)
  - Chiffre d'affaire Volume d'exportation
  - Principaux clients
  - Produits exportés
  
- Données ALGEX
  - Exportation en volume et en valeur (2017-2021)
  
- ASLOG
  - Résultat détaillées
  - Questionnaire
  
- Algorithmiques

Exportations par produits					
Période 2018-2021					
	Année				
Produit	2018	2019	2020	2021	Total
Dattes branchés	301	179	292	374	1146
Dattes conditionnés	1998	2034	3127	3529	10688
Dattes naturelles VRAC	253	45	151	23	472
Dattes communes	1390	1350	1474	351	4565
<b>Total</b>	<b>3942</b>	<b>3608</b>	<b>5044</b>	<b>4277</b>	<b>16871</b>
<b>Volume: tonnes</b>					

<b>Principaux Clients</b>					
<b>Période 2018-2021</b>					
	<b>Année</b>				
<b>Pays</b>	<b>2018</b>	<b>2019</b>	<b>2020</b>	<b>2021</b>	<b>TOTAL</b>
<b>Maroc</b>	<b>70</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>139</b>	<b>209</b>
<b>USA</b>	<b>770</b>	<b>429</b>	<b>380</b>	<b>290</b>	<b>1869</b>
<b>Bengladesh</b>	<b>942</b>	<b>964</b>	<b>1233</b>	<b>21</b>	<b>3160</b>
<b>E.A.U</b>	<b>96</b>	<b>69</b>	<b>107</b>	<b>99</b>	<b>371</b>
<b>Qatar</b>	<b>14</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>14</b>
<b>Chine</b>	<b>19</b>	<b>14</b>	<b>8</b>	<b>15</b>	<b>56</b>
<b>Indonesie</b>	<b>140</b>	<b>192</b>	<b>3</b>	<b>0</b>	<b>335</b>
<b>Inde</b>	<b>323</b>	<b>279</b>	<b>342</b>	<b>153</b>	<b>1097</b>
<b>France</b>	<b>34</b>	<b>35</b>	<b>38</b>	<b>10</b>	<b>117</b>
<b>Canada</b>	<b>17</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>17</b>
<b>Russie</b>	<b>1017</b>	<b>1034</b>	<b>1982</b>	<b>1990</b>	<b>6023</b>
<b>Ukraine</b>	<b>102</b>	<b>142</b>	<b>360</b>	<b>475</b>	<b>1079</b>
<b>Malaisie</b>	<b>36</b>	<b>66</b>	<b>109</b>	<b>884</b>	<b>1095</b>
<b>Iles Maurices</b>	<b>27</b>	<b>18</b>	<b>17</b>	<b>27</b>	<b>89</b>
<b>Géorgie</b>	<b>127</b>	<b>96</b>	<b>94</b>	<b>0</b>	<b>317</b>
<b>Grèce</b>	<b>20</b>	<b>20</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>40</b>
<b>Allemagne</b>	<b>40</b>	<b>42</b>	<b>78</b>	<b>8</b>	<b>168</b>
<b>Corée du sud</b>	<b>10</b>	<b>17</b>	<b>20</b>	<b>5</b>	<b>52</b>
<b>Sri Lanka</b>	<b>20</b>	<b>23</b>	<b>29</b>	<b>28</b>	<b>100</b>
<b>Sénégal</b>	<b>0</b>	<b>42</b>	<b>0</b>	<b>16</b>	<b>58</b>
<b>Pologne</b>	<b>0</b>	<b>9</b>	<b>9</b>	<b>0</b>	<b>18</b>
<b>Italie</b>	<b>87</b>	<b>21</b>	<b>114</b>	<b>58</b>	<b>280</b>
<b>Australie</b>	<b>21</b>	<b>17</b>	<b>23</b>	<b>17</b>	<b>78</b>
<b>Mauritanie</b>	<b>0</b>	<b>62</b>	<b>0</b>	<b>12</b>	<b>74</b>
<b>Iles Maldives</b>	<b>10</b>	<b>0</b>	<b>10</b>	<b>10</b>	<b>30</b>

<b>Suède</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>16</b>	<b>0</b>	<b>16</b>
<b>Méxique</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>18</b>	<b>0</b>	<b>18</b>
<b>Estonie</b>	<b>0</b>	<b>17</b>	<b>54</b>	<b>20</b>	<b>91</b>
<b>TOTAL</b>	<b>3942</b>	<b>3608</b>	<b>5044</b>	<b>4277</b>	<b>16871</b>

**Production ETS HADDOUDE SALIM****Période: 2011-2021**

Année	Chiffre d'affaires	Volume
2011	DZD 175 112 590	1736
2012	DZD 194 607 874	2212
2013	DZD 232 809 942	3666
2014	DZD 297 255 694	4000
2015	DZD 409 619 221	3500
2016	DZD 412 589 105	3600
2017	DZD 413 924 012	3764
2018	DZD 415 258 918	3942
2019	DZD 443 924 554	3608
2020	DZD 569 633 315	5044
2021	DZD 535 501 668	<b>4277</b>
		39349

Q1	Quels sont les audits sur la supply chain pratiqués dans l'entreprise ?	R1	Absence de procédure
		R2	Procédure simple
		R3	Audit interne
		R4	Audit externe
Q2	Comment la supply chain est-elle intégrée lors de l'élaboration de la stratégie ?	R5	Non-formalisée
		R6	Partiellement formalisée
		R7	Mise en place d'indicateur fiable
		R8	Contribue aux profits
Q3	Comment se fait l'adaptation de la supply chain aux besoins clients ?	R9	/
		R10	Traitement au coup par coup
		R11	Orientation clients
		R12	Pilotage de la DG des actions préventives
Q4	Comment est organisée la supply chain ?	R13	Absence de service logistique
		R14	Supply chain fragmentée
		R15	Divers services
		R16	Centralisé dans une direction
Q5	Quel est le niveau de fiabilité des systèmes d'information ?	R17	non-fiable
		R18	peu-fiable
		R19	assez fiable
		R20	très fiable
Q6	Le choix des lieux d'implantations ?	R21	Aléatoirement
		R22	Prise en compte d'un seul critère
		R23	Prise en compte de deux critères
		R24	Prise en compte de trois critères
Q7	Comment sont programmés les investissements supply chain ?	R25	Non-formalisée
		R26	Partiellement formalisée
		R27	Mise en place d'indicateur fiable
		R28	Contribue aux profits
Q8	Investir ou sous-traiter ?	R29	Non-formalisée
		R30	Partiellement formalisée
		R31	Mise en place d'indicateur fiable
		R32	Contribue aux profits

Q9	Comment sont travaillés les couts de la supply chain ?	R33	Non-formalisée
		R34	Partiellement formalisée
		R35	Mise en place d'indicateur fiable
		R36	Contribue aux profits
Q10	Comment la supply chain est-elle intégré lors de l'élaboration de la stratégie ?	R37	Non-formalisée
		R38	Partiellement formalisée
		R39	Mise en place d'indicateur fiable
		R40	Contribue aux profits
Q11	Comment sont élaborés et suivi les prévisions de ventes ?	R41	Absence de prévisions
		R42	Historique récent
		R43	Méthodes Simplifiés
		R44	Méthodes Multicritères
Q12	La planification de la supply chain est-elle intégrée dans la stratégie ?	R45	Non-formalisée
		R46	Partiellement formalisée
		R47	Mise en place d'indicateur fiable
		R48	Contribue aux profits
Q13	Comment est géré le personnel de maniere générale ?	R49	Absence de personnel qualifié
		R50	Présence mineur de personnel qualifié
		R51	Présence majeur de personnel qualifié
		R52	Mise en place d'une stratégie de gestion de carrière efficace
Q14	le personnel de manutention, de réception, de préparation, d'expédition ?	R53	Absence de personnel qualifié
		R54	Nombre suffisant de personnel qualifié
		R55	Le besoin est étudié au coup par coup
		R56	Les flux sont adaptés aux periode de charge
Q15	Quelle politique de condition de travail ?	R57	Absence de politique
		R58	Intégration partielle des normes de la filière
		R59	Intégration majeurs des normes de la filière
		R60	Intégration totale des normes de la filière
Q16	Y'a t'il un projet de développement de la supply chain en cours ?	R61	Non-formalisée
		R62	Partiellement formalisée
		R63	Mise en place d'indicateur fiable

		R64	Contribue aux profits
Q17	la fiabilité des procédures mise en place pour le projet de développement ?	R65	non-fiable
		R66	peu-fiable
		R67	assez fiable
		R68	très fiable
Q18	Coordination fournisseurs/clients lors de la conception de nouveaux produits ?	R69	Absence
		R70	Faible
		R71	Moyenne
		R72	Forte
Q19	Adaptation des moyens de production au nouveaux produits ?	R73	Absence
		R74	Faible
		R75	Moyenne
		R76	Forte
Q20	Adaptation des emballages au nouveaux produits ?	R77	Absence
		R78	Faible
		R79	Moyenne
		R80	Forte
Q21	Le niveau de standadisation des processus ?	R81	Absence
		R82	Faible
		R83	Moyen
		R84	Fort
Q22	L'efficacité des critères d'évaluation des fournisseurs ?	R85	non-fiable
		R86	peu-fiable
		R87	assez fiable
		R88	très fiable
Q23	Fiabilité des flux physiques fournisseurs	R89	non-fiable
		R90	peu-fiable
		R91	assez fiable
		R92	très fiable
Q24	Fiabilité de la base de données fournisseurs	R93	non-fiable
		R94	peu-fiable

Q24	Fiabilité de la base de données fournisseurs	R95	assez fiable
		R96	très fiable
Q25	Comment les approvisionnements sont-ils gérés ?	R97	Non-formalisée
		R98	Partiellement formalisée
		R99	Mise en place d'indicateur fiable
		R100	Contribue aux profits
Q26	Planification des besoins ?	R101	non-fiable
		R102	peu-fiable
		R103	assez fiable
		R104	très fiable
Q27	Fiabilité des installations	R105	non-fiable
		R106	peu-fiable
		R107	assez fiable
		R108	très fiable
Q28	Efficacité du model de production	R109	non-efficace
		R110	peu-efficace
		R111	assez-efficace
		R112	très efficace
Q29	La maîtrise des flux	R113	Absence
		R114	Faible
		R115	Moyenne
		R116	Forte
Q30	Flexibilité Processus	R117	non-flexible
		R118	peu-flexible
		R119	assez-flexible
		R120	Très-flexible
Q31	Flexibilité du personnel	R121	non-flexible
		R122	peu-flexible
		R123	assez-flexible
		R124	Très-flexible
		R125	non-fiable

Q32	Fiabilité du taux de service d'expédition	R126	peu-fiable
		R127	assez fiable
		R128	très fiable
Q33	fiabilité de l'infomation en amont	R129	non-fiable
		R130	peu-fiable
		R131	assez fiable
		R132	très fiable
Q34	Disponibilité en amont	R133	Absence
		R134	Faible
		R135	Moyenne
		R136	Forte
Q35	fiabilité de l'infomation en aval	R137	non-fiable
		R138	peu-fiable
		R139	assez fiable
		R140	très fiable
Q36	Disponibilité en aval	R141	Absence
		R142	Faible
		R143	Moyenne
		R144	Forte
Q37	Flexibilité de la planification du transport	R145	non-fléxible
		R146	peu-fléxible
		R147	assez-fléxible
		R148	Trés-fléxible
Q38	Disponibilité du transport de personnel	R149	Absence
		R150	Faible
		R151	Moyenne
		R152	Forte
Q39	Maitrise des risques de transport	R153	Absence
		R154	Faible
		R155	Moyenne
		R156	Forte

Q40	fiabilité des installations	R157	non-fiable
		R158	peu-fiable
		R159	assez fiable
		R160	très fiable
Q41	maitrise des moyens de manutention et de stockage	R161	Absence
		R162	Faible
		R163	Moyenne
		R164	Forte
Q42	efficacité des mouvements de stocks	R165	non-efficace
		R166	peu-efficace
		R167	assez-efficace
		R168	très efficace
Q43	les niveaux de stock	R169	Absence
		R170	Faible
		R171	Moyen
		R172	Fort
Q44	fiabilité des inventaires	R173	non-fiable
		R174	peu-fiable
		R175	assez fiable
		R176	très fiable
Q45	Respect des consignes de stockage de MP	R177	Non-respect des normes de la filière
		R178	Intégration partielle des normes de la filière
		R179	Intégration majeurs des normes de la filière
		R180	Intégration totale des normes de la filière
Q46	Respect des consignes de stockage de PF	R181	Non-respect des normes de la filière
		R182	Intégration partielle des normes de la filière
		R183	Intégration majeurs des normes de la filière
		R184	Intégration totale des normes de la filière
Q47	fiabilité des prévisions	R185	Absence de prévisions
		R186	Historique récent
		R187	Méthodes Simplifiés
		R188	Méthodes Multicritères

Q48	délai de traitement	R189	Trés long
		R190	Long
		R191	Court
		R192	Trés Court
Q49	délai de préparation	R193	Trés long
		R194	Long
		R195	Court
		R196	Trés Court
Q50	adaptation des produits	R197	Absence
		R198	Faible
		R199	Moyenne
		R200	Forte
Q51	niveau d'externalisation des risques commerciaux	R201	Absence
		R202	Faible
		R203	Moyen
		R204	Fort (Assurance)
Q52	Evolution de la performance commerciale	R205	Récession
		R206	Augmentation faible
		R207	Augmentation constante
		R208	Augmentation forte
Q53	Respect des contrats commerciaux	R209	Non-formalisée
		R210	Partiellement formalisée
		R211	Mise en place d'indicateur fiable
		R212	Contribue aux profits
Q54	Fiabilité de la base de données clients	R213	non-fiable
		R214	peu-fiable
		R215	assez fiable
		R216	trés fiable
Q55	fiabilité de la procédure	R217	non-fiable
		R218	peu-fiable
		R219	assez fiable

		R220	trés fiable
Q56	fiabilité de l'écosystème	R221	non-fiable
		R222	peu-fiable
		R223	assez fiable
		R224	trés fiable
Q57	fréquence de réccurence de l'évenement	R225	Trés forte
		R226	Forte
		R227	Faible
		R228	Trés faible
Q58	fiabilité des flux amont	R229	non-fiable
		R230	peu-fiable
		R231	assez fiable
		R232	trés fiable
Q59	fiabilité des flux interne	R233	non-fiable
		R234	peu-fiable
		R235	assez fiable
		R236	trés fiable
Q60	fiabilité des flux aval	R237	non-fiable
		R238	peu-fiable
		R239	assez fiable
		R240	trés fiable
Q61	fiabilité des tableaux de bord	R241	non-fiable
		R242	peu-fiable
		R243	assez fiable
		R244	trés fiable
Q62	mesure des cout de la supply chain	R245	Non-formalisée
		R246	Partiellement formalisée
		R247	Mise en place d'indicateur fiable
		R248	Contribue aux profits
Q63	Adaptation de la certification de qualité des produits par rapport au marché	R249	Non-respect des normes de la filière
		R250	Intégration partielle des normes de la filière

Q63	Adaptation de la certification de qualité des produits par rapport au marché	R251	Intégration majeure des normes de la filière
		R252	Intégration totale des normes de la filière
Q64	Démarche management de la qualité	R253	Non-respect de norme
		R254	Intégration partielle de la norme
		R255	Intégration majeure de la norme
		R256	Intégration totale de la norme
Q65	Prise en compte des contraintes de l'écosystème	R257	/
		R258	Partielle
		R259	Moyenne
		R260	Totale
Q66	planification du progrès	R261	/
		R262	Intégration partielle
		R263	Intégration majeure
		R264	Intégration totale
Q67	ouverture aux évolutions technologiques	R265	/
		R266	Intégration partielle
		R267	Intégration majeure
		R268	Intégration totale

Référentiel ASLOG (ETS HADDOUD SALIM)

Chapitres	Sous-Chapitres	Questions	Note Obtenue	Note Module	Taux %		
Management, Stratégie et Planification	/	15	19	45	42		
	Stratégie Supply chain	Q1	1	3	33	33	
		Q2	1	3	33		
		Q3	1	3	33		
		Q4	2	3	67		
		Q5	1	3	33		
		Q6	0	3	0		
	Suivi de la performance de la Supply chain	Q7	0	3	0	22	
		Q8	1	3	33		
		Q9	1	3	33		
	Stratégie de gestion des risques	Q10	1	3	33	33	
	Stratégie des prévisions de ventes	Q11	1	3	33	33	
	Stratégie de Planification	Q12	1	3	33	33	
	Gestion du personnel de la Supply chain	Q13	3	3	100	89	
		Q14	2	3	67		
Q15		3	3	100			
Conception et Projet	/	6	11	18	61		
	Projet de développement	Q16	2	3	67	67	
	Conception des produits	Procédures de développement	Q17	2	3	67	67
		Q18	1	3	33	58	
		Q19	1	3	33		
		Q20	3	3	100		
		Q21	2	3	67		
Supply chain et Approvisionnements	/	6	7	15	47		
Sélections des fournisseurs	Q22	1	3	33	44		
	Q23	2	3	67			
	Q24	1	3	33			
	Gestion des approvisionnements	Q25	2	3		67	67
Planification des approvisionnements	Q26	1	3	33	33		
Supply chain et production	/	6	10	18	56		
	Gestion des installations	Q27	2	3	67	67	
	Planification de la production	Q28	1	3	33	33	
	Maîtrise des flux de production	Q29	1	3	33	33	
		Fléxibilité opérationnel	Q30	2	3	67	50
	Q31	1	3	33			
	Taux de Service	Q32	3	3	100	100	
Supply chain et transport	/	7	15	21	71		
	Transport en amont	Q33	1	3	33	50	
		Q34	2	3	67		
	Transport en aval	Q35	2	3	67	83	
		Q36	3	3	100		
	Planification du transport	Q37	2	3	67	67	
	Transport du personnel	Q38	3	3	100	100	
	Risque Transport	Q39	2	3	67	67	

Supply chain et stockage	/	7	15	21	71	
	Installations	Q40	1	3	33	33
	Gestion de l'activité	Q41	2	3	67	67
	Maitrise des flux	Q42	2	3	67	80
		Q43	2	3	67	
		Q44	2	3	67	
		Q45	3	3	100	
Q46		3	3	100		
Supply chain et distribution	/	8	11	24	46	
	Gestion des prévisions de ventes	Q47	0	3	0	0
	Gestion des commandes	Q48	1	3	33	67
		Q49	3	3	100	
		Q50	2	3	67	
	Gestion des risque commerciaux	Q51	1	3	33	33
	Evolution de la performance commerciale	Q52	1	3	33	33
	Gestion de la relation client	Q53	2	3	67	50
Q54		1	3	33		
Supply Chain inverse	/	3	6	9	67	
	Gestion de l'activité	Q55	2	3	67	50
		Q56	1	3	33	
		Q57	3	3	100	
Gestion des risques de retours	Q57	3	3	100	100	
Indicateur de pilotage	/	5	6	15	40	
	Gestion des indicateurs de performances des flux	Q58	0	3	0	44
		Q59	2	3	67	
		Q60	2	3	67	
	Gestion de la performance de la supply chain	Q61	1	3	33	33
		Q62	1	3	33	
Progrès permanent	/	5	6	15	40	
	la conduite du progrès	Q63	3	3	100	40
		Q64	1	3	33	
		Q65	2	3	67	
		Q66	0	3	0	
		Q67	0	3	0	
<b>Total de la performance</b>			<b>106</b>	<b>201</b>	<b>53</b>	

# Forecasting\_Time\_Series

June 24, 2022

```
[51]: # Dans ce Algorithme on va entammer une modélisation des Patterns de la
      ↪ production annuel et mensuel de l'entreprise , une prévision peut etre
      ↪ abouti .
      # On va s'appuier sur les recherche récentes du patterns reconisation et les
      ↪ Time series (Prévision)

      #Les étapes sont les suivantes :

      #1- Data Proccession
      #2- Visualisation
      #3- Modelling et Prévision
      #4- Evaluation de la méthode
```

```
[6]: from google.colab import files
      uploaded = files.upload()
```

<IPython.core.display.HTML object>

Saving Export\_Data1.csv to Export\_Data1.csv

```
[50]: import matplotlib.pyplot as plt # plots
      import numpy as np # vectors and matrices
      import pandas as pd # tables and data manipulations
      import seaborn as sns # more plots
      import sklearn
      sns.set()

      import warnings
      from itertools import product # some useful functions

      import scipy.stats as scs
      import statsmodels.api as sm
      import statsmodels.formula.api as smf # statistics and econometrics
      import statsmodels.tsa.api as smt
      from dateutil.relativedelta import \
          relativedelta # working with dates with style
      from scipy.optimize import minimize # for function minimization
      from tqdm.notebook import tqdm
```

```
warnings.filterwarnings("ignore") # `do not disturb` mode

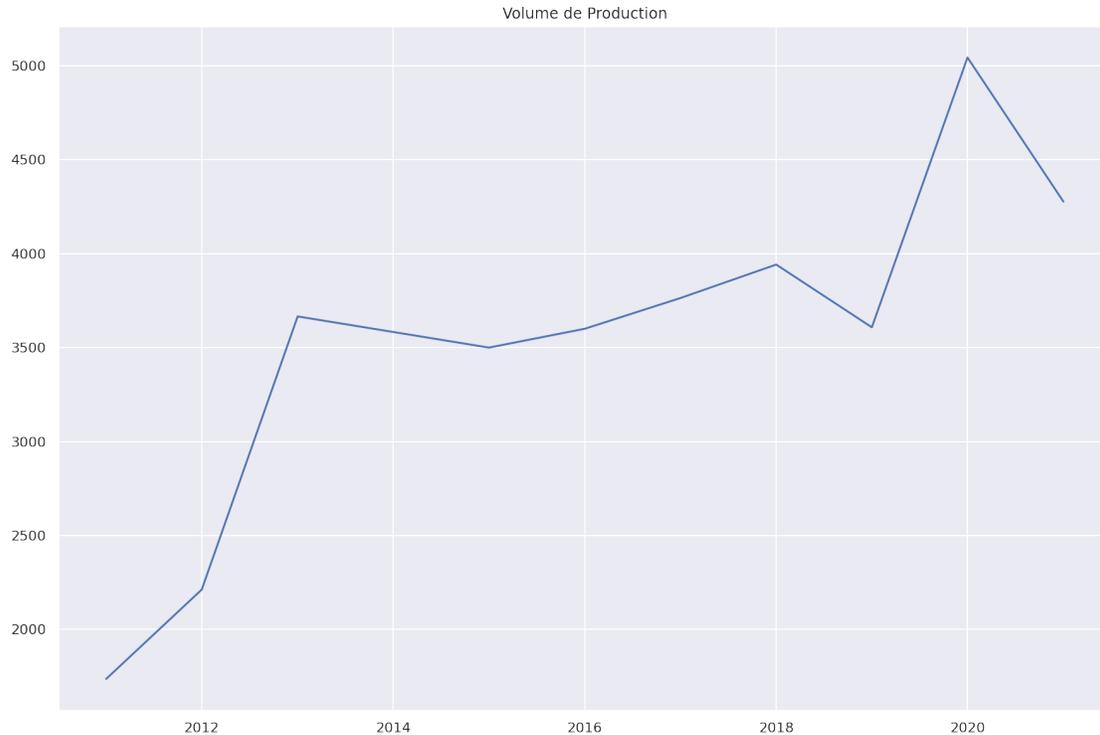
%matplotlib inline
%config InlineBackend.figure_format = 'retina'
```

```
[28]: #Data1
ads = pd.read_csv("Export_Data1.csv", index_col=["Année"],
↳parse_dates=["Année"])
ads
```

```
[28]:
```

	Chiffre d'affaires	Volume
Année		
2011-01-01	175 112 590,14 €	1736
2012-01-01	194 607 874,10 €	2212
2013-01-01	232 809 941,94 €	3666
2015-01-01	409 619 221,01 €	3500
2016-01-01	412 589 105,32 €	3600
2017-01-01	413 924 011,50 €	3764
2018-01-01	415 258 917,54 €	3942
2019-01-01	443 924 554,08 €	3608
2020-01-01	569 633 315,10 €	5044
2021-01-01	535 501 667,96 €	4277

```
[9]: plt.figure(figsize=(15, 10))
plt.plot(ads.Volume)
plt.title("Volume de Production")
plt.grid(True)
plt.show()
```



```
[32]: # Importing everything from above

from sklearn.metrics import r2_score, median_absolute_error, mean_absolute_error
from sklearn.metrics import median_absolute_error, mean_squared_error,
↳mean_squared_log_error

def mean_absolute_percentage_error(y_true, y_pred):
    return np.mean(np.abs((y_true - y_pred) / y_true)) * 100

def double_exponential_smoothing(series, alpha, beta):
    """
    series - dataset with timeseries
    alpha - float [0.0, 1.0], smoothing parameter for level
    beta - float [0.0, 1.0], smoothing parameter for trend
    """
    # first value is same as series
    result = [series[0]]
    for n in range(1, len(series) + 1):
        if n == 1:
            level, trend = series[0], series[1] - series[0]
        if n >= len(series): # forecasting
            value = result[-1]
```

```

else:
    value = series[n]
    last_level, level = level, alpha * value + (1 - alpha) * (level + trend)
    trend = beta * (level - last_level) + (1 - beta) * trend
    result.append(level + trend)
return result

def plotDoubleExponentialSmoothing(series, alphas, betas):
    """
    Plots double exponential smoothing with different alphas and betas

    series - dataset with timestamps
    alphas - list of floats, smoothing parameters for level
    betas - list of floats, smoothing parameters for trend
    """

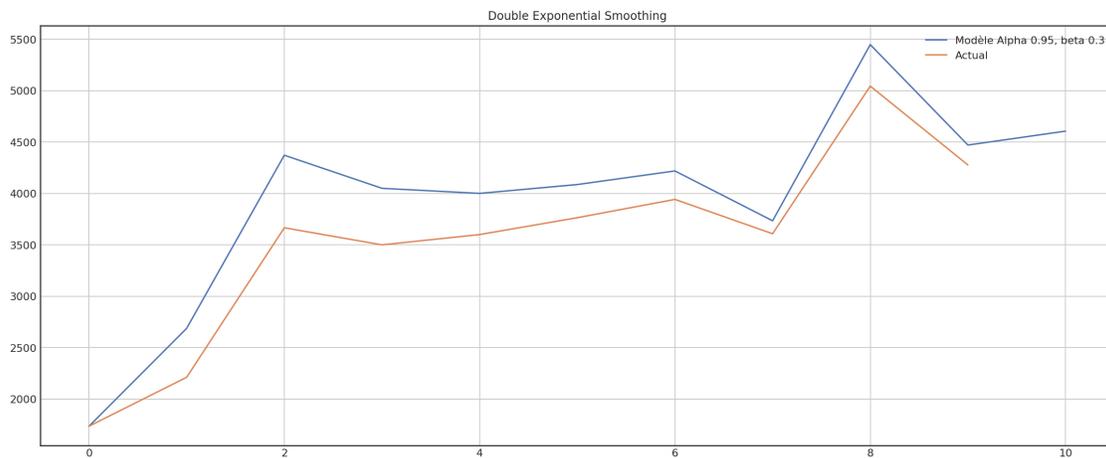
    with plt.style.context("seaborn-white"):
        plt.figure(figsize=(20, 8))
        for alpha in alphas:
            for beta in betas:
                plt.plot(
                    double_exponential_smoothing(series, alpha, beta),
                    label="Modèle Alpha {}, beta {}".format(alpha, beta),
                )
        plt.plot(series.values, label="Actual")
        plt.legend(loc="best")
        plt.axis("tight")
        plt.title("Double Exponential Smoothing")
        plt.grid(True)

```

```

[29]: #Prévision par le Lissage Exponential
plotDoubleExponentialSmoothing(ads.Volume, alphas=[0.95], betas=[0.3] )

```



```
[44]: #Prévision discrete pour l'année 2022

print("Prévision du volume d'exportation pour l'année 2022 (tonne):")
print(4600)
```

Prévision du volume d'exportation pour l'année 2022 (tonne):  
4600

```
[30]: ads
```

```
[30]:
```

	Chiffre d'affaires	Volume
Année		
2011-01-01	175 112 590,14 €	1736
2012-01-01	194 607 874,10 €	2212
2013-01-01	232 809 941,94 €	3666
2015-01-01	409 619 221,01 €	3500
2016-01-01	412 589 105,32 €	3600
2017-01-01	413 924 011,50 €	3764
2018-01-01	415 258 917,54 €	3942
2019-01-01	443 924 554,08 €	3608
2020-01-01	569 633 315,10 €	5044
2021-01-01	535 501 667,96 €	4277

```
[42]: #Evaluation de L'erreur ( Mean Absolute Percentage Error )
from sklearn.metrics import mean_absolute_error
expected = [1736, 2212, 3666, 3500, 3600, 3764 , 3942 , 3608 , 5044 , 4277]
predictions = [1736, 2650 , 4400 , 4050 , 4000 , 4150 , 4250, 3780 , 5450 ,
↳4500 ]
mae = sklearn.metrics.mean_absolute_error(expected , predictions)
msle = sklearn.metrics.mean_squared_log_error (expected , predictions)

print('MSLE: %f' % msle)
print('MAE: %f' % mae)
```

MSLE: 0.012421  
MAE: 361.700000

```
[12]: #Data2

from google.colab import files
uploaded = files.upload()
```

<IPython.core.display.HTML object>

Saving Export\_Data2-1.csv to Export\_Data2-1.csv

```
[13]: ads = pd.read_csv("Export_Data2-1.csv", index_col=["Year"],
↳parse_dates=["Year"])
ads
```

```
[13]:          USA  Bengladesh  E.A.U  Indonesie  Inde  Russie  Ukraine  \
Year
2018-01-01  770           842     96         140   323     817         42
2019-01-01  429           964     69         192   279    1034        142
2020-01-01    0          1233    107           3   322    1800        280
2021-01-01  290           21     99           0   153    1990        475
```

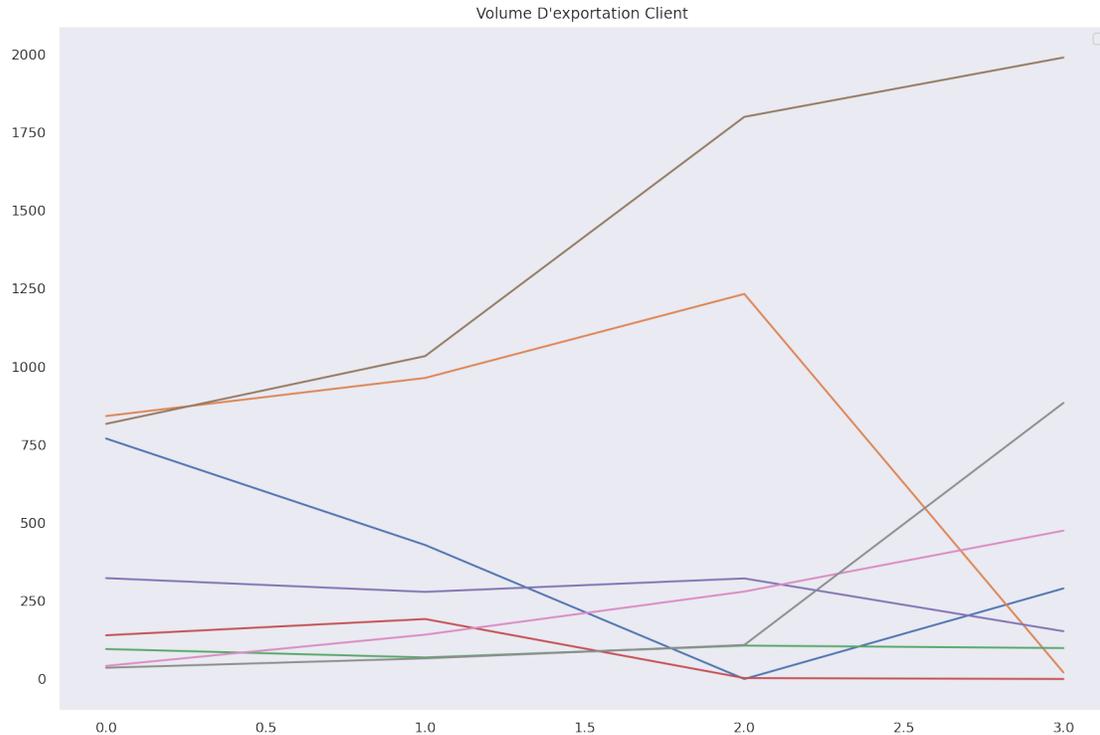
```
          Malaisie
Year
2018-01-01         36
2019-01-01         66
2020-01-01        109
2021-01-01        884
```

```
[17]: Country= [ "Maroc" ,          "USA"          , "Bengladesh" , "E.A.
↳U"          , "Qatar"          , "Chine" ,          "Indonesie" ,          "Inde"↳
↳,          "France"          , "Canada" ,          "Russie" ,          "Ukraine"↳
↳,          "Malaisie" ,          "Iles Maurices" ,          "Géorgie"↳
↳,          "Grèce" ,          "Allemagne" ,          "Corée du sud" ,          "Sri↳
↳Lanka" ,          "Sénégal" ,          "Pologne" ,          "Italie"↳
↳,          "Australie" ,          "Mauritanie" ,          "Iles Maldives"↳
↳,          "Suède"          Mexique"          , "Estonie"]

plt.figure(figsize=(15, 10))
plt.plot(ads.values)
plt.title("Volume D'exportation Client ")
plt.legend(loc="best")
plt.axis("tight")
plt.grid(False)

plt.show()
```

No handles with labels found to put in legend.



```
[ ]: #The Forecasting will be with intuitive méthode because of the simplicity of
      ↳ the time serie ( Only Data Processing and Visualisation)
      #plotDoubleExponentialSmoothing(ads.inde, alphas=[0.95], betas=[0.3] )
```

```
[18]: #Data3
      from google.colab import files
      uploaded = files.upload()
```

<IPython.core.display.HTML object>

Saving Data-Export3-1.csv to Data-Export3-1.csv

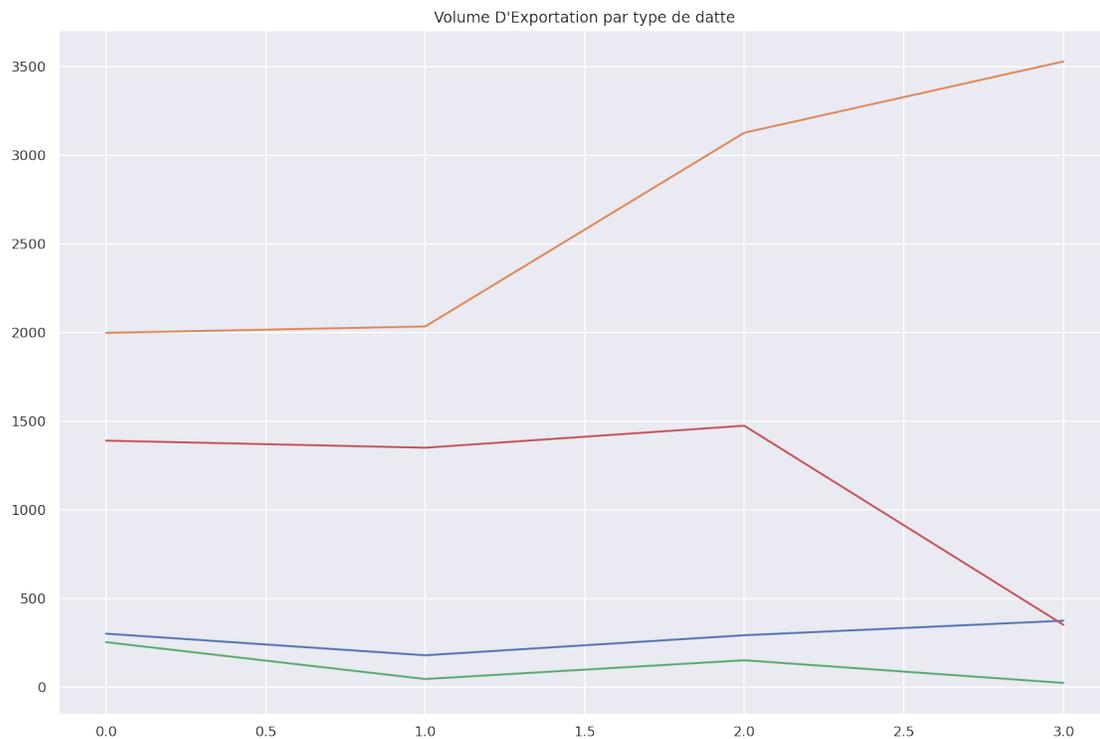
```
[39]: ads = pd.read_csv("Data-Export3-1.csv", index_col=["Year"],
      ↳ parse_dates=["Year"])
      ads

      #DB: représente la Datte B
      #DC: représente la Datte C
      #DN: représente la Datte N
      #DCm: représente la Datte Cm
```

```
[39]:          DB    DC    DN    DCm
      Year
      2018-01-01  301  1998  253  1390
```

2019-01-01	179	2034	45	1350
2020-01-01	292	3127	151	1474
2021-01-01	374	3529	23	351

```
[20]: plt.figure(figsize=(15, 10))
plt.plot(ads.values)
plt.title("Volume D'Exportation par type de datte")
plt.grid(True)
plt.show()
```

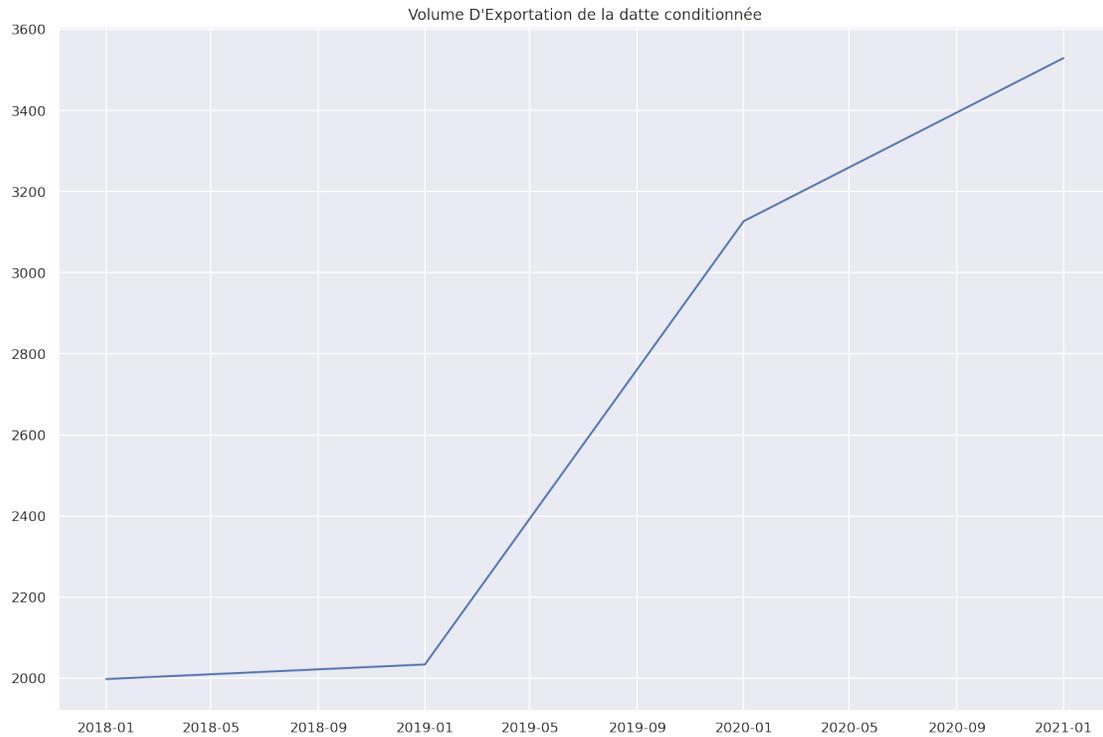


```
[ ]: #Interpretation

#Notre Forecasting va concentrer sur la Time Serie de la datte conditionné , on
↳ remarque la présence d'une tendance , donc nécaissement une possibilité
↳ d'un Forecasting prcis
```

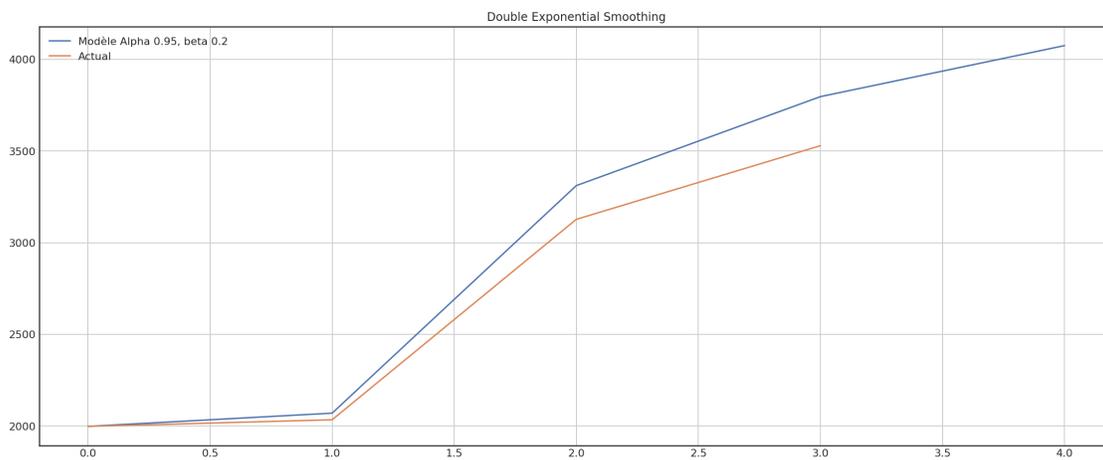
```
[21]: #Datte Conditionnée

plt.figure(figsize=(15, 10))
plt.plot(ads.DC)
plt.title("Volume D'Exportation de la datte conditionnée")
plt.grid(True)
plt.show()
```



[22] : *#Pour le Forecasting on va choisir la méthode des DoubleExponentialSmoothing ( ↪ après L'évaluation de l'erreur par la mméthode des Cross Validation Method)*

```
plotDoubleExponentialSmoothing(ads.DC, alphas=[0.95], betas=[0.2] )
```



[45] : *#Prévision discrete pour l'année 2022*

```
print("Prévision du volume d'exportation de la datte conditionnée pour l'année_
↳2022 (tonne):")
print(4100)
```

Prévision du volume d'exportation de la datte conditionnée pour l'année 2022  
(tonne):  
4100

```
[40]: ads
```

```
[40]:
```

	DB	DC	DN	DCm
Year				
2018-01-01	301	1998	253	1390
2019-01-01	179	2034	45	1350
2020-01-01	292	3127	151	1474
2021-01-01	374	3529	23	351

```
[46]: #Evaluation de L'erreur ( Mean Absolute Percentage Error )
from sklearn.metrics import mean_absolute_error
expected = [1998 , 2034 , 3127 , 3529]
predictions = [2000 , 2100 , 3350 , 3780]
mae = sklearn.metrics.mean_absolute_error(expected , predictions)
msle = sklearn.metrics.mean_squared_log_error (expected , predictions)

print('MSLE: %f' % msle)
print('MAE: %f' % mae)
```

MSLE: 0.002620  
MAE: 135.500000

```
[49]: #Cross Validation Method : L'objectif de la méthode est de trouver le meilleur_
↳modèle de prévision pour la série chronologique

#(Référence : https://www.kaggle.com/code/kashnitsky/
↳topic-9-part-1-time-series-analysis-in-python YURY KASHNITSKY )

from sklearn.model_selection import TimeSeriesSplit

def timeseriesCVscore(params, series, loss_function=mean_squared_error, slen=3):
    """
        Returns error on CV

        params - vector of parameters for optimization
        series - dataset with timeseries
```

```

    slen - season length for Holt-Winters model
    """
    # errors array
    errors = []

    values = series.values
    alpha, beta, gamma = params

    # set the number of folds for cross-validation
    tscv = TimeSeriesSplit(n_splits=3)

    # iterating over folds, train model on each, forecast and calculate error
    for train, test in tscv.split(values):

        model = HoltWinters(
            series=values[train],
            slen=slen,
            alpha=alpha,
            beta=beta,
            gamma=gamma,
            n_preds=len(test),
        )
        model.triple_exponential_smoothing()

        predictions = model.result[-len(test) :]
        actual = values[test]
        error = loss_function(predictions, actual)
        errors.append(error)

    return np.mean(np.array(errors))

```

# Warehouse\_Localisation\_Problem\_Version\_Finale

June 23, 2022

```
[2]: from google.colab import files
      uploaded = files.upload()
```

<IPython.core.display.HTML object>

Saving Frr.csv to Frr.csv

D'abord on import les données et on les transforme en Data-Frame , après on cherche la localisation géodésique de chaque terrain et on applique la méthode de Weizlfeld .

```
[21]: from google.colab import files
       uploaded = files.upload()
```

<IPython.core.display.HTML object>

Saving Frii.csv to Frii.csv

```
[23]: df
```

```
[23]:
```

	Fournisseur	street	zip	city	country	\
0	1	El Hadjeb Biskra	NaN	Wilaya Biskra	algérie	
1	2	Chetma Biskra	NaN	Wilaya Biskra	algérie	
2	3	Tolga Biskra	NaN	Wilaya Biskra	algérie	
3	4	Bordj Ben Azzouz Biskra	NaN	Wilaya Biskra	algérie	
4	5	Biskra Biskra ville	NaN	Wilaya Biskra	algérie	
5	6	Timimoun Timimoun	NaN	Wilaya Timimoun	algérie	
6	7	Hassi Khalifa El Oued	NaN	Wilaya El Ouel	algérie	
7	8	Taghzout El Oued	NaN	Wilaya d'El Oued	algérie	
8	9	Nakhla wilaya El Oued	NaN	Wilaya d'El Oued	algérie	
9	10	Taïbet Touggourt	NaN	Wilaya Touggourt	algérie	
10	11	Bencaeur Touggourt	NaN	Wilaya Touggourt	algérie	
11	12	Djamaa El M'Ghair	NaN	Wilaya El M'Ghair	algérie	
12	13	ville El M'Ghair	NaN	Wilaya El M'Ghair	algérie	
13	14	Bou Saâda M'sila	NaN	Wilaya M'sila	algérie	
14	15	El Guerrara Ghardaïa	NaN	Wilaya Ghardaïa	algérie	
15	16	ville Berriane Ghardaïa	NaN	Wilaya Ghardaïa	algérie	
16	17	ville Ain Baida Ouargla	NaN	Wilaya d'Ouargla	algérie	
17	18	N'Goussa Ouargla	NaN	Wilaya d'Ouargla	algérie	
18	19	ville El Meniaa	NaN	Wilaya El Meniaa	algérie	

19

20 ville Hassi Gara El Meniaa NaN Wilaya El Meniaa algérie

	Demand	lat	lng	Altitude
0	183122.00	34.787250	5.594020	147.0
1	213201.64	34.849803	5.788918	27.0
2	707494.89	34.706335	5.395377	27.0
3	287395.00	34.704910	5.360930	135.0
4	25240.00	34.845000	5.733258	27.0
5	49447.00	29.271290	0.252470	285.0
6	144421.50	33.577610	7.011300	45.0
7	55010.20	33.470132	6.657611	98.0
8	26462.00	33.180000	7.213479	98.0
9	61329.00	33.109300	6.072030	72.0
10	127351.00	33.109300	6.072030	72.0
11	267226.65	33.589492	5.853926	6.0
12	117946.00	33.956700	5.934430	6.0
13	116024.00	35.718430	4.517500	482.0
14	12340.00	32.788910	4.487640	303.0
15	10192.00	32.826570	3.765810	529.0
16	2340.20	31.939520	5.399950	137.0
17	281524.00	32.275782	5.428497	57.0
18	124076.00	30.579920	2.880410	399.0
19	96920.00	30.545340	2.908740	378.0

```
[30]: import pandas as pd
import csv
import numpy
import math
import requests

## Lands geographical coordinates (Latitude , Longitude)
import pandas as pd
import requests
import json

df = pd.read_csv('Frr.csv')
pd.set_option('display.max_rows', None)

for i, row in df.iterrows():
    apiAddress = str(df.at[i, 'street'])+', '+str(df.at[i, 'zip'])+', '+str(df.
    at[i, 'city'])+', '+str(df.at[i, 'country'])

    parameters = {
        "key": "HYVVFDCMJpuDP6cr2H3utVVeeA1a4lwd",
        "location": apiAddress
```

```

}

response = requests.get("http://www.mapquestapi.com/geocoding/v1/address",
↳params=parameters)
print(response)
data = response.text
dataJ = json.loads(data)['results']
Latitudes = (dataJ[0]['locations'][0]['latLng']['lat'])
Longitudes = (dataJ[0]['locations'][0]['latLng']['lng'])

df.at[i, 'lat'] = Latitudes
df.at[i, 'lng'] = Longitudes

df.to_csv('Frr_geo.csv')

## Lands geographical coordinates (Latitude , Longitude)

def get_elevation(lat, long):
    query = ('https://api.open-elevation.com/api/v1/lookup?f'?
↳locations={lat},{long}')
    r = requests.get(query).json()
    elevation = pd.io.json.json_normalize(r, 'results')['elevation'].values[0]
    return elevation

latitudez = df['lat'].to_numpy()
longitudez = df['lng'].to_numpy()

A=[]
for i, row in df.iterrows():
    a= get_elevation(latitudez[i],longitudez[i])
    A=numpy.append(A, a)

df['Altitude'] = A

#Reading File

df = pd.read_csv (r'Frii.csv')

Latitude = df['lat'].to_numpy()
Longitude = df['lng'].to_numpy()

```

```

df['Altitude'] = A

Altitude = df['Altitude'].to_numpy()

Demand = df['Demand'].to_numpy()

latitude=[]
longitude=[]

#Coordinates in Radius

for i in range(len(Latitude)) :
    la= (Latitude[i]*math.pi)/180
    lo= (Longitude[i]*math.pi)/180

    latitude=numpy.append(latitude, la)
    longitude=numpy.append(longitude, lo)

X=[]
Y=[]
Z=[]

#Transforming Coordinates from Geodesics to Cartesian

for i in range(len(Latitude)) :
    a = 6378137 ; b = 6356752.3142 ; f = 1/298.25
    ed = f*(2-f)
    k= math.sin(latitude[i])
    t=math.sqrt(1-(ed)*((k)**2))
    v = a/t

    x=(v+Altitude[i])*math.cos(latitude[i])*math.cos(longitude[i])
    y=(v+Altitude[i])*math.cos(latitude[i])*math.sin(longitude[i])
    z=(v*(1-ed)+Altitude[i])*math.sin((latitude[i]))

X=numpy.append(X, x)
Y=numpy.append(Y, y)
Z=numpy.append(Z, z)

```

```
#Begining Weitzfeld Algorithm
```

```
def sum(arr):  
    sum=0  
    for i in arr:  
        sum = sum + i  
    return(sum)
```

```
d=sum(Demand)
```

```
xd=numpy.dot(X,Demand)
```

```
yd=numpy.dot(Y,Demand)
```

```
zd=numpy.dot(Z,Demand)
```

```
#Etape 0 : Xh(0) et Yh(0)
```

```
xh= xd/d
```

```
yh= yd/d
```

```
zh= zd/d
```

```
def f(xh,yh,zh):  
    Alpha=0.000  
    c=0.00002  
  
    for i in range(len(Latitude)):  
        Alpha = Alpha + c*(Demand[i])*math.  
↪sqrt(pow((Y[i]-yh),2)+pow((X[i]-xh),2)+pow((Z[i]-zh),2))  
    return Alpha
```

```
#Etape 1 :
```

```
def Xh1(xh,yh,zh):  
    XD=0  
    D=0  
    for i in range(len(X)):  
        XD = XD + (Demand[i]*X[i]/math.sqrt(pow(X[i]-xh , 2)+pow(Y[i]-yh ,  
↪2)+pow(Z[i]-zh , 2)))  
        D = D + (Demand[i]/math.sqrt(pow(X[i]-xh, 2)+pow(Y[i]-yh, 2)+pow(Z[i]-zh ,  
↪2)))
```

```

    xh1=XD/D

    return xh1

def Yh1(xh,yh,zh):
    YD=0
    D=0
    for i in range(len(Y)):
        YD = YD + (Demand[i]*Y[i]/math.sqrt(pow(X[i]-xh , 2)+pow(Y[i]-yh ,
↵2)+pow(Z[i]-zh , 2)))
        D = D + (Demand[i]/math.sqrt(pow(X[i]-xh, 2)+pow(Y[i]-yh, 2)+pow(Z[i]-zh ,
↵2)))

    yh1=YD/D

    return yh1

def Zh1(xh,yh,zh):
    ZD=0
    D=0
    for i in range(len(Y)):
        ZD = ZD + (Demand[i]*Z[i]/math.sqrt(pow(X[i]-xh , 2)+pow(Y[i]-yh ,
↵2)+pow(Z[i]-zh , 2)))
        D = D + (Demand[i]/math.sqrt(pow(X[i]-xh, 2)+pow(Y[i]-yh, 2)+pow(Z[i]-zh ,
↵2)))

    zh1=ZD/D

    return zh1
xh1=Xh1(xh,yh,zh)
yh1=Yh1(xh,yh,zh)
zh1=Zh1(xh,yh,zh)

#Condition of Iteration :
epsilon = 0.000000000000000001 ; w=1
XH = numpy.array([xh, xh1])
YH = numpy.array([yh, yh1])
ZH = numpy.array([zh, zh1])

while (abs(f(XH[w], YH[w], ZH[w])-f(XH[w-1], YH[w-1], ZH[w-1]))) >= epsilon:

```

```

xhx=Xh1(XH[w],YH[w],ZH[w])
yhy=Yh1(XH[w],YH[w],ZH[w])
zhz=Zh1(ZH[w],ZH[w],ZH[w])

XH=numpy.append(XH, xhx)
YH=numpy.append(YH, yhy)
ZH=numpy.append(ZH, zhz)

w=w+1
else :
    x=xhx ; y=yhy ; z=zhz
    print('Optimal Approximation is Found ! ')

    # Optimal Solution
    print(f"Xopt={x} Yopt={y} Zopt={z} f(Xopt,Yopt,Zopt)={f(x,y,z)}")

#Lin Yang Method (From Cartesien To Geodesics )

n = 1

p = math.sqrt((x**2)+(y**2))
m0 = (a*b*((a**2)*(z**2)+(b**2)*(p**2))**(3/
↪2))-((a**2)*(b**2)*((a**2)*(z**2)+(b**2)*(p**2)))/
↪(2*((a**4)*(z**2)+(b**4)*(p**2)))

print(m0)

iteration=3

def LinWang(m,n ):
    M=[m0]
    j=0
    def f(m):
        f = ((p**2)/(a+(2*m)/a))+((z**2)/((b+(2*m)/b)**2))-1
        return f

    def df(m):
        df = (-4)*((p**2)/(a*((a+(2*m)/a)**3)))+(z**2)/(b*((b+(2*m)/b)**3))
        return df

```

```

for itercept in range(0,n):
    m = m-(f(m)/df(m))
    M= numpy.append(M , m)
print(f" The root was found to be at m={m} after {n} iterations ")

return M

```

```
M=LinWang( m0 , iteration)
```

```
m=M[iteration]
```

```
PE= p/(1+(2*m0)/(a**2))
```

```
ZE = z/(1+(2*m0/(b**2)))
```

```
tanphi = ((a**2)*ZE)/((b**2)*PE)
```

```
atphi = math.atan(tanphi)
```

```
degatphi= (atphi*180)/(math.pi)
```

```
degatanphi = degatphi
```

```
print( f" = {degatphi}")
```

```
tanlanda = y/x
```

```
if x > 0 :
```

```
    atlanda = math.atan(tanlanda)
```

```
elif x < 0:
```

```
    atlanda = math.atan(tanlanda) + math.pi
```

```
else :
```

```
    atlanda = math.pi /2
```



```
= 5.660086093452739
(latitude = 33.87376539855545, longitude = 5.660086093452739)
```

La Localisation Idéal de l'entrepot de stockage est ( 33.87 , 5.66) situer à coté d'El Meghaier proche de Si Khelil .

```
[ ]: df
```

```
[ ]: df.to_csv('filename.csv')
```

```
[ ]: from google.colab import files
      uploaded = files.upload()
```

La visualisation des résultats :

```
[29]: !pip install chart_studio
import chart_studio
import chart_studio.plotly as py
import plotly.tools as tl
import plotly.graph_objs as go
import pandas as pd

#La deuxième méthode de Localisation s'appelle la localisation par les moyennes
↳ pondérer , les résultats sont les suivantes :

#(latitude = 33.54201737113914, longitude = 5.314566556625811)

xhhh= [33.54201737113914]
yhhh= [5.314566556625811]

#(latitude = 33.54201737113914, longitude = 5.314566556625811)

# Change API key for Plotly

chart_studio.tools.set_credentials_file(username='yakoub23',
↳ api_key='nfWMj3wdC5B81GXeM8wY')
# Add Mapbox access token here

mapbox_access_token = 'pk.
↳ eyJ1IjoiamFrMjMiLCJhIjoiY2t5NG5jbGNmMDEwNjJ3bm91cTdajlyNSJ9.
↳ BtvnFs4bD5XC9Ivox-qLwQ'
```

```

# Save latitude and longitude as variables. In this dataset, the X column is
↳ longitude and the Y column is latitude.

site_lat = df.lat
site_lon = df.lng
locations_name = df.street

# Generate the data for the map

deglatitude = [degatphi]
deglongitude = [degatlanda]

xhxx=[33.87376539855545]
yhyy=[5.660086093452739]
data = [
    go.Scattermapbox(
        lat=site_lat,
        lon=site_lon,
        mode='markers',
        marker=dict(
            size=16,
            color='rgb(255, 50, 0)',
            opacity=1
        ),
        text=locations_name,
        hoverinfo='text'
    ),
    go.Scattermapbox(
        lat=xhhh,
        lon=yhhh,

        mode='markers',
        marker=dict(
            size=18,
            color='rgb(150, 50, 255)',
            opacity=0.8
        ),
        #text=locations_name,
        hoverinfo='text'
    ),
    go.Scattermapbox(
        lat=xhxx,
        lon=yhyy,

        mode='markers',
        marker=dict(

```

```

        size=15,
        color='rgb(0, 50, 255)',
        opacity=0.8
    ),
    hoverinfo='none'
)]

# Generate a layout around Los Angeles, zoomed in so we can see the data points

layout = go.Layout(
    title='Agrifood Lands',
    autosize=True,
    hovermode='closest',
    showlegend=False,
    mapbox=dict(
        accesstoken=mapbox_access_token,
        bearing=0,
        center=dict(
            lat=degatphi,
            lon=degatlanda
        ),
        pitch=0,
        zoom=10,
        style='light'
    ),
)

# Generate the figure using the iplot function

fig = dict(data=data, layout=layout)
py.iplot(fig, filename='Agrifood Lands')

```

Looking in indexes: <https://pypi.org/simple>, <https://us-python.pkg.dev/colab-wheels/public/simple/>

Requirement already satisfied: chart\_studio in /usr/local/lib/python3.7/dist-packages (1.1.0)

Requirement already satisfied: plotly in /usr/local/lib/python3.7/dist-packages (from chart\_studio) (5.5.0)

Requirement already satisfied: retrying>=1.3.3 in /usr/local/lib/python3.7/dist-packages (from chart\_studio) (1.3.3)

Requirement already satisfied: requests in /usr/local/lib/python3.7/dist-packages (from chart\_studio) (2.23.0)

Requirement already satisfied: six in /usr/local/lib/python3.7/dist-packages (from chart\_studio) (1.15.0)

Requirement already satisfied: tenacity>=6.2.0 in /usr/local/lib/python3.7/dist-packages (from plotly->chart\_studio) (8.0.1)

Requirement already satisfied: urllib3!=1.25.0,!1.25.1,<1.26,>=1.21.1 in /usr/local/lib/python3.7/dist-packages (from requests->chart\_studio) (1.24.3)  
 Requirement already satisfied: chardet<4,>=3.0.2 in /usr/local/lib/python3.7/dist-packages (from requests->chart\_studio) (3.0.4)  
 Requirement already satisfied: idna<3,>=2.5 in /usr/local/lib/python3.7/dist-packages (from requests->chart\_studio) (2.10)  
 Requirement already satisfied: certifi>=2017.4.17 in /usr/local/lib/python3.7/dist-packages (from requests->chart\_studio) (2022.6.15)

[29]: <IPython.lib.display.IFrame at 0x7f11550175ed0>

[36]: *#L'évaluation des couts après l'optimisation / Evaluating the Costs*

```
def RiemannienneDistance1(x1,y1,x2,y2):
    dr= 6378.137*math.acos(math.sin(x1)*math.sin(x2)+math.cos(x1)*math.
    ↪cos(x2)*math.cos(y2-y1))
    return dr

def EuclidinneDistance(x1,y1,z1,x2,y2,z2):
    de= (((x2-x1)**2+(y2-y1)**2+(z2-z1)**2)**0.5)

    return de

def CostFunctionR(x,y,X,Y):
    A=0
    for i in range(len(X)):
        A=A+ RiemannienneDistance1(X[i],Y[i],x,y)*40*2

    return A

def CostFunctionE(x,y,z,R,V,W):
    R=X
    V=Y
    W=Z
    A=0
    for i in range(len(X)):
        A=A+ EuclidinneDistance(x,y,z,X[i],Y[i],Z[i])

    A=A*40

    return A
```

La méthode de Weizfeld a optimisé 0.23% des couts de transport par rapport a la méthode des moyennes pondérées , environ 65000 da par an.

[37]: `print(f"{int(CostFunctionR(33.87376539855545*2*math.pi/360,5.
 ↪660086093452739*2*math.pi/360,latitude,longitude))} da (km)")`

```

print(f"{int(CostFunctionR(33.54201737113914*2*math.pi/360,5.
↪314566556625811*2*math.pi/360,latitude,longitude))} da (km)")

print(f"{abs(int(CostFunctionR(33.87376539855545*2*math.pi/360,5.
↪660086093452739*2*math.pi/360,latitude,longitude)-int(CostFunctionR(33.
↪54201737113914*2*math.pi/360,5.314566556625811*2*math.pi/
↪360,latitude,longitude))))} da")

print(f"{abs(int(CostFunctionR(33.87376539855545*2*math.pi/360,5.
↪660086093452739*2*math.pi/360,latitude,longitude)-int(CostFunctionR(33.
↪54201737113914*2*math.pi/360,5.314566556625811*2*math.pi/
↪360,latitude,longitude)))/CostFunctionR(33.87376539855545*2*math.pi/360,5.
↪660086093452739*2*math.pi/360,latitude,longitude)*100} %")

```

302792 da (km)  
303477 da (km)  
684 da  
0.22589754340512352 %

```
[ ]: %clear
```

```
[ ]: %rm -rf Fr.csv
```

```
[ ]: %reset
```

```
[ ]: from google.colab import files
files.download('filename.csv')
```

<IPython.core.display.Javascript object>

<IPython.core.display.Javascript object>

# Suppliers\_Selecting\_Problem

June 23, 2022

```
[1]: ! pip install pulp
```

```
Looking in indexes: https://pypi.org/simple, https://us-python.pkg.dev/colab-
wheels/public/simple/
Collecting pulp
  Downloading PuLP-2.6.0-py3-none-any.whl (14.2 MB)
    |                               | 14.2 MB 8.2 MB/s
Installing collected packages: pulp
Successfully installed pulp-2.6.0
```

```
[2]: from pulp import *
```

```
[39]: #Input Data
from google.colab import files
uploaded = files.upload()
```

<IPython.core.display.HTML object>

Saving D4\_ClassificationMoy.csv to D4\_ClassificationMoy.csv

```
[40]: import pandas as pd
df = pd.read_csv('D4_ClassificationMoy.csv')
```

```
[62]: df
```

```
[62]:
```

	Nom du fourinisseur	VolumeMax	KPIA	KPIB	KPIC	Moy \	
0		6.0	49447.00	8.0	9	8.0	8,333333333
1		16.0	10192.00	8.0	9	8.0	8,333333333
2		17.0	2340.20	8.0	9	8.0	8,333333333
3		18.0	281524.00	8.0	9	8.0	8,333333333
4		21.0	117946.00	8.0	9	8.0	8,333333333
5		22.0	9750.00	8.0	9	8.0	8,333333333
6		23.0	13760.00	8.0	9	8.0	8,333333333
7		29.0	24867.00	8.0	8,5	9.0	8,5
8		30.0	12560.00	8.0	8,5	9.0	8,5
9		7.0	144421.50	8.0	8,5	9.0	8,5
10		11.0	127351.00	7.0	7,5	8.0	NaN
11		12.0	267226.65	7.0	8	9.0	NaN

12	24.0	25909.00	8.0	0,85	9.0	NaN
13	25.0	176082.00	7.0	8.0	9.0	NaN
14	26.0	89738.40	8.0	7.5	9.0	NaN
15	28.0	189832.00	8.0	8.5	9.0	NaN
16	9.0	26462.00	8.0	9.0	8.0	NaN
17	10.0	61329.00	7.0	8.0	9.0	NaN
18	13.0	117946.00	8.0	9.0	8.0	NaN
19	14.0	116024.00	9.0	8.0	7.0	NaN
20	15.0	12340.00	8.0	9.0	8.0	NaN
21	19.0	124076.00	8.0	7.5	7.0	NaN
22	20.0	96920.00	8.0	9.0	8.0	NaN
23	27.0	4294.00	8.0	9.0	8.0	NaN
24	1.0	183122.00	6.0	7.5	9.0	NaN
25	2.0	213201.64	6.0	6.5	7.0	NaN
26	3.0	707494.89	8.0	7.0	6.0	NaN
27	4.0	287395.00	6.0	6.5	7.0	NaN
28	8.0	55010.20	9.0	8.0	7.0	NaN
29	5.0	25240.00	8.0	9.0	8.0	NaN
30	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN
31	NaN	680785.00	NaN	NaN	NaN	NaN

MoyP

0	0,9803921565
1	0,9803921565
2	0,9803921565
3	0,9803921565
4	0,9803921565
5	0,9803921565
6	0,9803921565
7	1
8	1
9	1
10	NaN
11	NaN
12	NaN
13	NaN
14	NaN
15	NaN
16	NaN
17	NaN
18	NaN
19	NaN
20	NaN
21	NaN
22	NaN
23	NaN
24	NaN

```
25         NaN
26         NaN
27         NaN
28         NaN
29         NaN
30         NaN
31         NaN
```

```
[48]: # Creates a list of the Suppliers
Suppliers = ['S1', 'S2', 'S3', 'S4', 'S5', 'S6', 'S7', 'S8', 'S9', 'S10']

# A dictionary of the costs of each of the Suppliers is created

Prices = {'S1': 65,
          'S2': 65,
          'S3': 65,
          'S4': 65,
          'S5': 65,
          'S6': 55,
          'S7': 55,
          'S8': 65,
          'S9': 65,
          'S10': 65}

# First Constraint
C1 = {'S1': 1,
      'S2': 0,
      'S3': 0,
      'S4': 0,
      'S5': 0,
      'S6': 0,
      'S7': 0,
      'S8': 0,
      'S9': 0,
      'S10': 0}

# Second Constraint
C2 = {'S1': 0,
      'S2': 1,
      'S3': 0,
      'S4': 0,
      'S5': 0,
      'S6': 0,
      'S7': 0,
      'S8': 0,
      'S9': 0,
      'S10': 0}
```

```
# Third Constraint
C3 = {'S1': 0,
      'S2': 0,
      'S3': 1,
      'S4': 0,
      'S5': 0,
      'S6': 0,
      'S7': 0,
      'S8': 0,
      'S9': 0,
      'S10': 0}
```

```
# Forth Constraint
C4 = {'S1': 0,
      'S2': 0,
      'S3': 0,
      'S4': 1,
      'S5': 0,
      'S6': 0,
      'S7': 0,
      'S8': 0,
      'S9': 0,
      'S10': 0}
```

```
# Fifth Constraint
C5 = {'S1': 0,
      'S2': 0,
      'S3': 0,
      'S4': 0,
      'S5': 1,
      'S6': 0,
      'S7': 0,
      'S8': 0,
      'S9': 0,
      'S10': 0}
```

```
C6 = {'S1': 0,
      'S2': 0,
      'S3': 0,
      'S4': 0,
      'S5': 0,
      'S6': 1,
      'S7': 0,
      'S8': 0,
      'S9': 0,
      'S10': 0}
```

```
C7 = {'S1': 0,
```

```

        'S2': 0,
        'S3': 0,
        'S4': 0,
        'S5': 0,
        'S6': 0,
        'S7': 1,
        'S8': 0,
        'S9': 0,
        'S10': 0}

C8 = {'S1': 0,
      'S2': 0,
      'S3': 0,
      'S4': 0,
      'S5': 0,
      'S6': 0,
      'S7': 0,
      'S8': 1,
      'S9': 0,
      'S10': 0}

C9 = {'S1': 0,
      'S2': 0,
      'S3': 0,
      'S4': 0,
      'S5': 0 ,
      'S6': 0,
      'S7': 0,
      'S8': 0,
      'S9': 1,
      'S10': 0}

C10 = {'S1': 0,
       'S2': 0,
       'S3': 0,
       'S4': 0,
       'S5': 0 ,
       'S6': 0,
       'S7': 0,
       'S8': 0,
       'S9': 0,
       'S10': 1}

# CS Constraint
CS = { 'S1': 0.98,
      'S2': 0.98,
      'S3': 0.98,
      'S4': 0.98,

```

```
'S5': 0.98 ,
'S6': 0.98,
'S7': 0.98,
'S8': 1,
'S9': 1,
'S10': 1}
```

```
[43]: C=df['VolumeMax'].to_numpy()
print(C)
```

```
[ 49447.    10192.    2340.2  281524.    117946.    9750.    13760.
  24867.    12560.  144421.5  127351.    267226.65  25909.    176082.
  89738.4  189832.    26462.    61329.    117946.    116024.    12340.
 124076.    96920.    4294.    183122.    213201.64  707494.89  287395.
 55010.2   25240.         nan  680785.  ]
```

```
[44]: C[0]
```

```
[44]: 49447.0
```

```
[63]: # Create the 'prob' variable to contain the problem data
Supplier_Problem = LpProblem("The_Supplier_Problem", LpMinimize)

# A dictionary called 'ingredient_vars' is created to contain the referenced
↳Variables
Suppliers_vars = LpVariable.dicts("Ingr",Suppliers,0)

# The objective function is added to 'prob' first
Supplier_Problem += lpSum([Prices[i]*Suppliers_vars[i] for i in Suppliers]),
↳"Total Prices of Suppliers"

# The five constraints are added to 'prob'

Supplier_Problem += lpSum([Suppliers_vars[i] for i in Suppliers]) == 500000,
↳"Quantité" #500 tonne de production nécessaire chaque mois
Supplier_Problem += lpSum([C1[i] * Suppliers_vars[i] for i in Suppliers]) <=
↳C[0], "C1"
Supplier_Problem += lpSum([C2[i] * Suppliers_vars[i] for i in Suppliers]) <=
↳C[1], "C2"
Supplier_Problem += lpSum([C3[i] * Suppliers_vars[i] for i in Suppliers]) <=
↳C[2], "C3"
Supplier_Problem += lpSum([C4[i] * Suppliers_vars[i] for i in Suppliers]) <=
↳C[3], "C4"
Supplier_Problem += lpSum([C5[i] * Suppliers_vars[i] for i in Suppliers]) <=
↳C[4], "C5"
```

```

Supplier_Problem += lpSum([C6[i] * Suppliers_vars[i] for i in Suppliers]) <=
↳C[5], "C6"
Supplier_Problem += lpSum([C7[i] * Suppliers_vars[i] for i in Suppliers]) <=
↳C[6], "C7"
Supplier_Problem += lpSum([C8[i] * Suppliers_vars[i] for i in Suppliers]) <=
↳C[7], "C8"
Supplier_Problem += lpSum([C9[i] * Suppliers_vars[i] for i in Suppliers]) <=
↳C[8], "C9"
Supplier_Problem += lpSum([C10[i] * Suppliers_vars[i] for i in Suppliers]) <=
↳C[9], "C10"

Supplier_Problem += lpSum([CS[i]*Suppliers_vars[i] for i in Suppliers]) >=
↳475000, "Qualité" # epsilon est égale a 500000*alpha telle que: Alpha=0.95

Supplier_Problem.writeLP("Supplier_Selecting_Problem.lp")
Supplier_Problem.solve()
print("Status", LpStatus[Supplier_Problem.status])

# Each of the variables is printed with it's resolved optimum value
for v in Supplier_Problem.variables():
    print(v.name, "=", v.varValue)

print("Total Cost of Suppliers (DA) = ", value(Supplier_Problem.objective))

Supplier_Problem += lpSum([Suppliers_vars[i] for i in Suppliers])

```

Status Optimal

Ingr\_S1 = 49447.0

Ingr\_S10 = 0.0

Ingr\_S2 = 10192.0

Ingr\_S3 = 2340.2

Ingr\_S4 = 281524.0

Ingr\_S5 = 117946.0

Ingr\_S6 = 9750.0

Ingr\_S7 = 13760.0

Ingr\_S8 = 15040.8

Ingr\_S9 = 0.0

Total Cost of Suppliers (DA) = 32264900.0

/usr/local/lib/python3.7/dist-packages/pulp/pulp.py:1704: UserWarning:  
Overwriting previously set objective.

warnings.warn("Overwriting previously set objective.")

# Supplier\_Spatial\_Choice\_Making\_

June 23, 2022

Importation des données et la construction du FrameWork

```
[2]: #Input Data
from google.colab import files
uploaded = files.upload()
```

<IPython.core.display.HTML object>

Saving D4.csv to D4.csv

```
[3]: import pandas as pd
df = pd.read_csv('D4.csv')
```

```
[4]: df
```

```
[4]:
```

	Nom du fourinisseur	VolumeMax	KPIA	KPIB	KPIC
0	1	183122	6	7.5	9
1	2	213201,64	6	6.5	7
2	3	707494,89	8	7.0	6
3	4	287395	6	6.5	7
4	5	25240	8	9.0	8
5	6	49447	8	9.0	8
6	7	144421,5	8	8.5	9
7	8	55010,2	9	8.0	7
8	9	26462	8	9.0	8
9	10	61329	7	8.0	9
10	11	127351	7	7.5	8
11	12	267226,65	7	8.0	9
12	13	117946	8	9.0	8
13	14	116024	9	8.0	7
14	15	12340	8	9.0	8
15	16	10192	8	9.0	8
16	17	2340,2	8	9.0	8
17	18	281524	8	9.0	8
18	19	124076	8	7.5	7
19	20	96920	8	9.0	8
20	21	117946	8	9.0	8
21	22	9750	8	9.0	8
22	23	13760	8	9.0	8

23	24	25909	8	8.5	9
24	25	176082	7	8.0	9
25	26	89738,4	8	7.5	9
26	27	4294	8	9.0	8
27	28	189832	8	8.5	9
28	29	24867	8	8.5	9
29	30	12560	8	8.5	9

Importation des outils

```
[5]: from mpl_toolkits import mplot3d
```

```
[6]: %matplotlib inline
import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt
```

```
[7]: C1=df['KPIA'].to_numpy()

C2=df['KPIB'].to_numpy()

C3=df['KPIC'].to_numpy()
```

Visualisation en 1 Dimension , 2 Dimension , 3 Dimension , .... N Dimension . Selon le nombre des critères ou chaque axe de dimension représente un critère :

```
[11]: ax = plt.axes(projection='3d')
# Data for a three-dimensional line

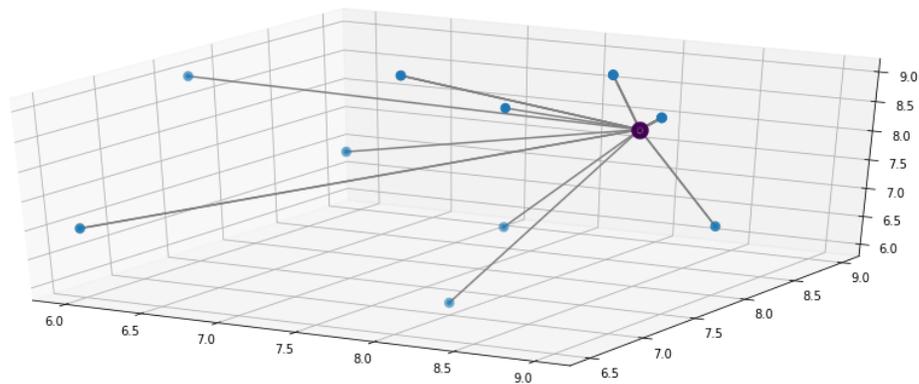
#on attribue pour chaque axe l'ensemble des évaluation dans le critère choisi
↳ des n fournisseur :

CI1 = 8.5 #Meilleur Qualité
CI2 = 8 #Meilleur Transport
CI3 = 8.5 #Meilleur Respect des consignes

plt.rcParams["figure.figsize"] = [13, 6]
plt.rcParams["figure.autolayout"] = True
ax.scatter3D(C1, C2, C3, cmap='viridis', linewidth=4)

ax.scatter3D(CI1, CI2, CI3, c=CI1, linewidth=10)

for i in range(29) :
    ax.plot([CI1,C1[i]],[CI2,C2[i]],[CI3,C3[i]], color='grey')
```



Maintenant on passe a la classification des fournisseurs selon la distance spatiale du plus proche au plus loin :

[ ]: *#Classification des Fournisseur & Clients selon la distance Euclidiénne spatiale :*

```
def EuclidiinneDistance(x1,y1,z1,x2,y2,z2):
    de= (((x2-x1)**2+(y2-y1)**2+(z2-z1)**2)**0.5)

    return de

def DistanceArray(x,y,z):
    A=[]
    for i in range(len(C1)):
        E=EuclidiinneDistance(x[i-1],y[i-1],z[i-1],x[i],y[i],z[i])
        A=np.append(A, E)
        #print(f"Distance{i} = {A[i]}")

    return A
C=DistanceArray(C1,C2,C3)
S=len(C)
CLD = list(range(1,S+1))

def tri_insertion(liste, CLS):
    L = list(liste) # copie de la liste
    N = len(L)
    for n in range(1,N):
        cle = L[n]
        cles = CLS[n]
        j = n-1

        while j>=0 and L[j] > cle:
            L[j+1] = L[j] # decalage
```

```
        CLS[j+1] = CLS[j]
        j = j-1
        L[j+1] = cle
        CLS[j+1] = cles
    return L

LS=[]
SCV = tri_insertion(C,CLD)

print(SCV)
print(CLD)

#Le résultat de la classification sera afficher au dessus du meilleur
↪fournisseur en ordre décroissant
```

```
[0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 1.118033988749895,
1.118033988749895, 1.118033988749895, 1.118033988749895, 1.118033988749895,
1.118033988749895, 1.118033988749895, 1.7320508075688772, 1.7320508075688772,
1.7320508075688772, 1.7320508075688772, 1.7320508075688772, 1.8027756377319946,
1.8027756377319946, 1.8027756377319946, 2.23606797749979, 2.23606797749979,
2.29128784747792, 2.29128784747792, 2.29128784747792, 3.3541019662496847]
[6, 16, 17, 18, 21, 22, 23, 29, 30, 7, 11, 12, 24, 25, 26, 28, 9, 10, 13, 14,
15, 19, 20, 27, 1, 2, 3, 4, 8, 5]
```

```
[ ]: print(CLD)
```

```
[6, 16, 17, 18, 21, 22, 23, 29, 30, 7, 11, 12, 24, 25, 26, 28, 9, 10, 13, 14,
15, 19, 20, 27, 1, 2, 3, 4, 8, 5]
```

```
[ ]: #Output Data

df['Classification']=CLD
df.to_csv('D1_Classification.csv')
```

On export les données dans un fichier CSV , Excel :

```
[ ]: from google.colab import files
files.download('D1_Classification.csv')
```

<IPython.core.display.Javascript object>

<IPython.core.display.Javascript object>

