

---

## Mémoire de fin d'études

Pour l'obtention du diplôme d'Ingénieur d'État en Génie industriel

Option : Génie industriel

---

# Conception et Réalisation d'un tableau de bord pour l'approvisionnement & la gestion des stocks Direction des Approvisionnements et des Transports SONATRACH

---

*Réalisé par :*

M. HIBA Younès

M. MOUSSAOUI Younes

*Soutenu le 25 Juin 2023, Devant le jury composé de :*

Dr. GHOMARI Leila	MCA	Promoteur
M. SADAT Redouane	Responsable	Promoteur
Mme. BELAYADI Djahida	MCB	Présidente
Mme. BOUGCHICHE Fazia	MAA	Examinateur

**Conception et Réalisation d'un tableau de bord  
pour l'approvisionnement & la gestion des stocks  
Direction des Approvisionnements et des  
Transports - SONATRACH**

Younes MOUSSAOUI

Younès HIBA

2023

# Remerciements

Nous tenons à exprimer notre sincère reconnaissance envers tous ceux qui ont contribué à l'élaboration de ce travail. Nous sommes reconnaissants envers notre encadrante, Madame GHOMARI Leila, pour son précieux soutien et son dévouement. Ses conseils et son temps accordés ont été inestimables pour la réalisation de ce mémoire.

Nous exprimons également notre gratitude envers les membres du jury qui ont accepté d'évaluer notre travail, ainsi qu'envers tout le personnel de SONATRACH pour leur accueil chaleureux et leur collaboration pendant notre stage. Leur contribution a été essentielle pour mener à bien ce projet.

Enfin, nous souhaitons adresser nos sincères remerciements à nos proches et amis qui ont constamment soutenu et encouragé notre parcours. Leur présence et leur soutien ont été d'une valeur inestimable pour nous, et nous leur en sommes profondément reconnaissants.

# Didicaces

Je dédie ce mémoire à mes parents, pour leur amour, leur soutien indéfectible et leur confiance en moi. Leur encouragement constant a été la force motrice derrière mes efforts et mes réalisations.

Je dédie également ce travail à mes 6 frères chacun par son nom , pour leur soutien inconditionnel, leur inspiration et leur amitié précieuse. Leur présence a été un pilier essentiel tout au long de mon parcours académique.

Je salue chaleureusement mes amis principalement mon cher binôme Younes, Abdelhak , Badis , Wail , Walid et tous mes collègue de promo qui étaient à cotés de moi pendant tout le cycle , on a vécu pleine d'hauts et des bas et on a pu tout surpasser elhemdoullah je vous souhaite pleine de succès dans vos carrières

Enfin, je tient à exprimer mes sincères gratitudes pour toute personne m'a aidé pour atteindre ce stade , que ce soit un enseignant un ami, je suis très reconnaissant pour tout sans vous cette réussite n'aura jamais eu lieu

# Didicaces

Je souhaite exprimer ma gratitude envers ma mère, mon père, ma petite sœur, mon grand frère, mes amis et camarades de classe pour leur soutien et leur impact positif dans ma vie. Votre amour, votre soutien et votre amitié ont été des sources d'inspiration et de motivation pour moi. Je vous en suis reconnaissant et je vous souhaite à tous bonheur et succès .

# Table des matières

<b>Table des figures</b>	<b>VII</b>
<b>Liste des tableaux</b>	<b>1</b>
<b>Introduction générale</b>	<b>3</b>
<b>1 Les fondamentaux de la supply chain et la chaîne d’approvisionnement</b>	<b>5</b>
1.1 Introduction . . . . .	5
1.2 Logistique & Supply Chain Management . . . . .	6
1.2.1 Logistique . . . . .	6
1.2.2 chaîne logistique & supply chain . . . . .	6
1.2.3 Définition de la SCM . . . . .	7
1.2.4 Les acteurs et les types de la supply chain . . . . .	8
1.2.5 Le processus de la chaîne logistique . . . . .	9
1.3 Gestion des approvisionnements et des stocks . . . . .	10
1.3.1 Définition de l’approvisionnement & achat dans l’entreprise . . . . .	10
1.3.2 Modèles d’approvisionnement ( les types ) . . . . .	11
1.3.3 Les types de stocks . . . . .	12
1.3.4 L’utilité des stocks . . . . .	13
1.3.5 Les coûts liés à l’approvisionnement et au stocks . . . . .	14
1.4 Conclusion . . . . .	16
<b>2 Pilotage des SI et la Business intelligence</b>	<b>17</b>
2.1 Introduction . . . . .	17
2.2 Pilotage des systèmes d’information . . . . .	18
2.2.1 Définition des systèmes d’information (SI) . . . . .	18
2.2.2 Le pilotage de SI . . . . .	18
2.3 L’outils décisionnel (Business intelligence) . . . . .	18
2.3.1 Définition de la Business intelligence (BI) . . . . .	19
2.3.2 L’architecture de la BI . . . . .	19
2.3.3 La modélisation dimensionnelle . . . . .	21

2.4	Les tableaux de bord . . . . .	21
2.4.1	Définition des tableaux de bord . . . . .	21
2.4.2	Types de tableaux de bord . . . . .	22
2.5	Management de la performance et les outils décisionnels . . . . .	23
2.5.1	Mesure de la performance . . . . .	23
2.5.2	Les indicateurs de performance . . . . .	24
2.5.3	Les types de KPIs (indicateurs clés de performance) . . . . .	24
2.5.4	Les critères pour choisir les KPIs . . . . .	25
2.5.5	Estimation des délais d'achat avec le Machine Learning . . . . .	27
2.6	Conclusion . . . . .	29
<b>3</b>	<b>Présentation du projet et de l'organisme d'accueil</b>	<b>30</b>
3.1	Introduction . . . . .	30
3.2	Marché pétrolier et gazier . . . . .	30
3.3	Définition de la problématique . . . . .	32
3.4	Diagnostic du processus d'approvisionnement et de transport . . . . .	32
3.4.1	La méthode QQQCCP . . . . .	33
3.4.2	Le diagramme d'Ishikawa . . . . .	33
3.4.3	Analyse SWOT . . . . .	35
3.5	Amélioration du système de pilotage . . . . .	36
3.6	Conclusion . . . . .	39
<b>4</b>	<b>Implémentation de la solution</b>	<b>40</b>
4.1	Introduction . . . . .	40
4.2	Compréhension des métiers . . . . .	40
4.2.1	Modélisation du processus d'approvisionnement et de transport . . . . .	41
4.2.2	Analyse de processus . . . . .	43
4.3	La conception de tableau de bord tactique . . . . .	44
4.3.1	Diagramme de cas d'utilisation . . . . .	44
4.3.2	Diagramme de classe . . . . .	45
4.3.3	Implémentation du tableau de bord . . . . .	46
4.4	La Prédiction des délais d'achat . . . . .	49
4.4.1	Compréhension des données . . . . .	49
4.4.2	Préparation des données . . . . .	53
4.4.3	Modélisation . . . . .	55
4.4.4	Déploiement de la solution . . . . .	56
4.5	Conclusion . . . . .	59
	<b>Conclusion générale</b>	<b>60</b>

<b>Bibliographie</b>	<b>62</b>
.1 Annexe A . . . . .	65
.2 Annexe B . . . . .	67
.3 Annexe C . . . . .	70
.4 Annexe D . . . . .	71
.5 Annexe E . . . . .	73
.6 Annexe F . . . . .	75
.7 Annexe G . . . . .	76

# Table des figures

1.1	supply chain	7
1.2	La relation entre les deux services achat et approvisionnement	10
1.3	Résumé des différents coûts d'approvisionnement et des stocks	16
2.1	Architecture de Inmon	20
2.2	Architecture de Kimball	20
2.3	Les niveaux de pilotage	23
2.4	Les trois piliers de la performance	24
2.5	Les critères de choix des KPIs	26
3.1	Prevision de Taux de croissance de marché pétrolier et gazier 2022-2027	31
3.2	Coûts en matière d'approvisionnement en 2022	32
3.3	Diagramme d'ishikawa	34
3.4	Matrice SWOT	35
4.1	BPMN de processus d'approvisionnement	42
4.2	diagramme de cas d'utilisation	45
4.3	diagramme de classe	46
4.4	DASHBOARD Gestion des approvisionnements et des stocks	47
4.5	Pourcentage des valeurs manquantes	50
4.6	Distribution des commandes annuler et mode lieu de livraison	51
4.7	Distribution des type de livraison et des imprévus	51
4.8	Répartition des réductions des coûts de transport et coûts d'emballage	52
4.9	Distribution des délais d'achat	52
4.10	le fonctionnement global du système	57
4.11	Capture de la prédiction de délai	58
4.12	Capture de l'estimation des couts de stockage	58
13	Erreur d'entraînement et de validation (évaluation) dans une situation d'overfitting	70
14	fiche technique de SONATRACH	76
15	Les opérations internationales	77
16	organisation de l'entreprise	78
17	organisation de la DP	79

18	Organigramme de la direction des approvisionnements & Transport “ DAT ” . . .	80
19	La description de processus d’approvisionnement . . . . .	81

# Liste des tableaux

3.1	Méthode de QQQCCP . . . . .	33
3.2	Les différents KPIs choisis . . . . .	38
4.1	L'effet $\eta^2$ sur les variables catégoriques . . . . .	53
4.2	Les features sélectionnées . . . . .	54
4.3	les algorithmes avec leur metrics . . . . .	56

# Liste des Abréviations

<b>SCM</b>	Supply Chain Management
<b>SI</b>	Système d'information
<b>BI</b>	Business intelligence
<b>KPI</b>	Key Indicator Performance
<b>BPMN</b>	Business Process Model and Notation
<b>SCC</b>	Supply Chain Council
<b>PSI</b>	Pilotage système d'information
<b>DC</b>	Direction Centrale
<b>DP</b>	Direction Production
<b>DCP</b>	Direction Corporate
<b>HSE</b>	Hygiène Sécurité Environnement
<b>DAT</b>	Direction d'approvisionnement et transport
<b>BMM</b>	Bon de Mouvement Matériel
<b>BRF</b>	Bon de Réception Fournisseur
<b>TOP</b>	Transport Order Planning
<b>UML</b>	Unified Modeling Language
<b>PCA</b>	Principal Component Analysis
<b>KNN</b>	K-nearest Neighbors
<b>MLP</b>	MultiLayer perceptron
<b>DTR</b>	Decision Tree Regression
<b>CR</b>	Catboost Regression
<b>LGBM</b>	Leight Gradient Boosting Machine
<b>DNN</b>	Deep Neural Network
<b>SVR</b>	Support Vector Regression
<b>RFR</b>	Random Forest Regression

# Introduction générale

L'évolution économique mondiale a imposé aux entreprises la nécessité de revoir leur stratégie de gestion et d'adopter des méthodes et procédures efficaces pour garantir une performance optimale. Aujourd'hui, la rentabilité et la compétitivité des entreprises reposent en grande partie sur une politique d'achat efficace et une gestion approfondie de l'approvisionnement.

Une gestion efficiente de l'approvisionnement permet aux entreprises de se démarquer sur le marché en répondant rapidement et de manière fiable aux besoins des clients. Cela requiert une approche stratégique englobant l'établissement de relations solides avec les fournisseurs, la négociation de contrats avantageux et l'implémentation de processus optimisés.

Il est cependant essentiel de souligner que l'approvisionnement est indissociable de son processus, qui s'étend de l'expression du besoin jusqu'à la réception de la marchandise. Par conséquent, les entreprises doivent étudier attentivement ce processus et analyser ses différentes étapes afin d'identifier les points faibles et les améliorer en continu, afin de prévenir d'éventuelles défaillances.

L'entreprise SONATRACH fait actuellement face à des défis liés à son système de mesure de performance dans le domaine de l'approvisionnement et du transport. Ce système présente des lacunes et une organisation insuffisante, avec une gestion manuelle ne disposant pas d'indicateurs pertinents ni d'un système d'information puissant pour les processus. Cette situation engendre des coûts élevés en termes d'approvisionnement. De plus, il n'existe aucun outil permettant à l'entreprise de planifier efficacement ses achats, notamment en ce qui concerne l'estimation des délais d'achat, qui représente une part importante des coûts de sa chaîne d'approvisionnement (159.33M DA en Août 2022 - 389.36M en septembre 2022).

Dans ce contexte, notre projet vise à résoudre cette problématique en se concentrant sur la conception et l'implémentation d'un tableau de bord pour le processus d'approvisionnement, en prenant en compte différentes dimensions telles que le service, la qualité, la gestion des stocks et les délais. Cette interface se veut modulaire, simple et intuitive, de manière à ne pas nécessiter une formation particulière. Par ailleurs, notre travail vise également à développer un outil d'estimation des délais d'achat en utilisant des techniques d'apprentissage automatique. Enfin, nous proposons un modèle simplifié pour estimer les coûts de stockage.

Ce travail est structuré en quatre chapitres. Le premier chapitre explore les fondamentaux de

la supply chain et de la chaîne d'approvisionnement. Le deuxième chapitre aborde l'utilisation de la business intelligence et du pilotage des systèmes d'information comme outils de prise de décision, en mettant l'accent sur les tableaux de bord et les indicateurs de performance. Le troisième chapitre présente le projet et l'organisme d'accueil, la Direction des Approvisionnements et des Transports, en exposant la problématique à laquelle notre mémoire apporte des solutions. Une analyse approfondie du processus d'approvisionnement et de transport est réalisée en utilisant des outils tels que le QQQCCP, le diagramme d'Ishikawa et l'analyse SWOT. Enfin, le chapitre 4 se concentre sur l'implémentation de la solution proposée, en décrivant la compréhension des métiers liés à l'approvisionnement et au transport, l'étude conceptuelle du tableau de bord à travers les diagrammes UML, et l'implémentation de notre système. Il aborde également les aspects liés à la compréhension et à la préparation des données, ainsi que la modélisation permettant d'estimer les délais d'achat.

# Chapitre 1

## Les fondamentaux de la supply chain et la chaîne d'approvisionnement

### 1.1 Introduction

La logistique n'est plus un simple service opérationnel, elle est présente à tous niveaux décisionnels de l'entreprise (opérationnel, tactique et stratégique). Depuis deux décennies, la logistique est abordée de manière plus globale et le terme Supply Chain Management regroupe désormais l'ensemble des processus et des activités depuis les sources d'approvisionnement jusqu'au consommateur final. Dans ce présent chapitre nous explorerons en détail les principes fondamentaux de la logistique, de la gestion des approvisionnements et des stocks. Nous commencerons par définir le système logistique et ensuite nous aborderons la chaîne logistique et la supply chain, en soulignant leurs différences et leurs rôles respectifs. Par la suite, nous examinerons en détail le SCM (Supply Chain Management) et identifierons les différents acteurs ainsi que les types de la chaîne logistique, tout en mettant en évidence le processus essentiel de gestion des flux de produits et d'informations. Pour se mettre dans le bain ( le coeur de sujet ) on approfondi sur la gestion des approvisionnement et des stocks et on définissons la fonction d'achat et d'approvisionnement dans l'entreprise puis on cite les modèles de ce dernier ainsi que les types et les utilités des stocks et on termine par les coûts liés à l'approvisionnement et au stocks et enfin une conclusion qui résume l'ensemble des notions cités dans tout le chapitre Pour approfondir notre compréhension du sujet, nous nous concentrerons sur la gestion des approvisionnements et des stocks. Nous commencerons par définir la fonction d'achat et d'approvisionnement au sein de l'entreprise. Nous explorerons ensuite les différents modèles d'approvisionnement, en étudiant les différents types qui existent. De plus, nous examinerons les types de stocks et discuterons de leurs utilisations spécifiques . Enfin, nous aborderons les coûts associés à l'approvisionnement et aux stocks, en identifiant les différents éléments qui impactent ces coûts . Ce chapitre servira

de base solide pour comprendre les concepts essentiels de la logistique, de la gestion des approvisionnements et des stocks, ainsi que du management de la chaîne d'approvisionnement dans le contexte actuel des entreprises.

## **1.2 Logistique & Supply Chain Management**

### **1.2.1 Logistique**

Le Conseil économique et social des Nations unies proposa de définir la logistique comme “ le processus de conception et de gestion de la chaîne d'approvisionnement dans le sens le plus large. Cette chaîne peut comprendre la fourniture de matières premières nécessaires à la fabrication, en passant par la gestion des matériaux sur le lieu de fabrication, la livraison aux entrepôts et aux centres de distribution, le tri, la manutention et la distribution finale au lieu de consommation ” [Le Moigne, 2017] le fait de définir la logistique nous amène à définir par la suite le système logistique qui peut s'illustrer comme un flux orienté. Le point de départ correspond aux flux entrants, c'est-à-dire aux approvisionnements en provenance des fournisseurs extérieurs, le point d'arrivée correspond aux flux sortants ou produits finis livrés aux clients. Pour une efficacité optimale au niveau des différentes étapes du flux, chaque service doit se considérer à la fois comme client et fournisseur. [Lasnier, 2004a]

### **1.2.2 chaîne logistique & supply chain**

la supply chain (ou chaîne d'approvisionnement et la chaîne logistique (ou logistique de la chaîne d'approvisionnement) et ) sont des termes étroitement liés, mais ils ont des définitions légèrement différentes

La supply chain est un concept plus large qui englobe non seulement les aspects opérationnels de la chaîne logistique, mais également les aspects stratégiques et de gestion. selon [Association for Supply Chain Management, 2023] la supply chain est un réseau d'organisations (fournisseurs, usines, distributeurs, clients, prestataires logistiques ...) qui participent à la fabrication, la livraison et la vente d'un produit à un client. Ces organisations échangent entre elles des produits, des informations et de l'argent comme on peut trouver des ouvrages qui définissent la supply chain comme un réseau d'entreprises liées entre elles par des échanges de produits, de services et d'information en vue de satisfaire les demandes d'un client

La chaîne logistique se réfère à l'ensemble des activités liées à la gestion des flux de biens,

de services, d'informations et de fonds tout au long du processus d'approvisionnement, de production et de distribution. Elle englobe les différentes étapes, depuis l'acquisition des matières premières jusqu'à la livraison du produit final aux consommateurs.

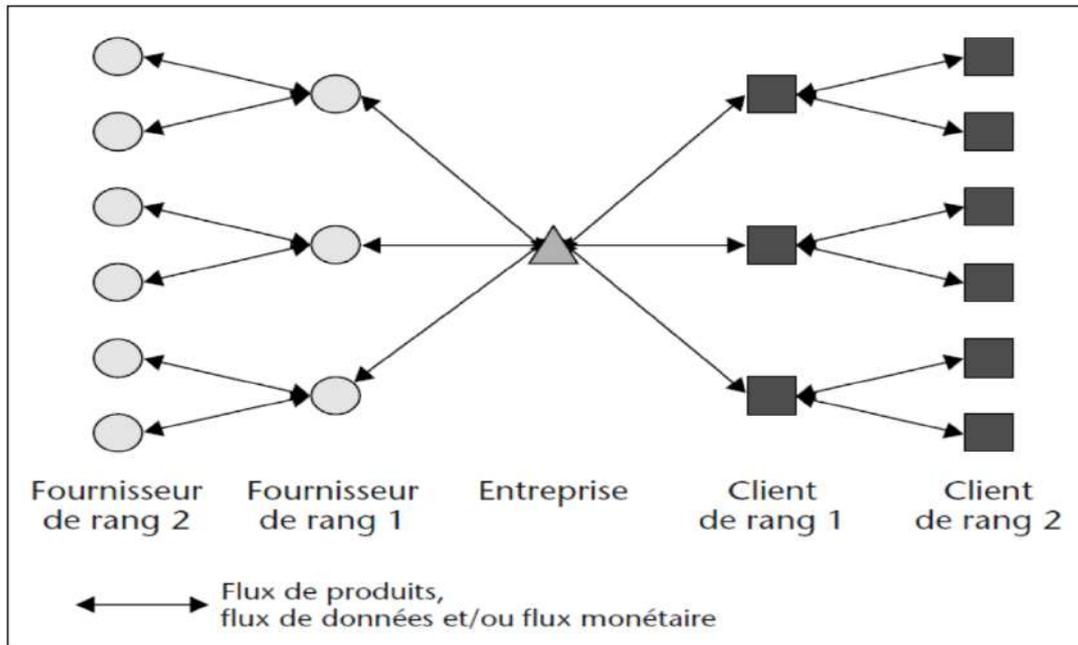


FIGURE 1.1 – supply chain

Source : [Le Moigne, 2017]

### 1.2.3 Définition de la SCM

Dans la littérature il existe plusieurs définition et plusieurs appellations de la notion de SCM, [Cooper and Ellram, 1993] décrivent le SCM comme «une philosophie de l'intégration et la gestion des flux depuis les sources d'approvisionnement des fournisseurs jusqu'au client final ». [Mentzer et al., 2001] décrivent la gestion de la chaîne logistique comme « la coordination systémique, sur les plans stratégiques, tactiques et opérationnels des fonctions à l'intérieur d'une même entreprise et entre partenaires au sein de la chaîne logistique, dans le but d'améliorer la performance à long terme de chaque entreprise membre et de l'ensemble de la chaîne ». La définition du dictionnaire APICS [Association for Supply Chain Management, 2023] est la suivante : « Le processus depuis les matières premières jusqu'à la consommation des produits finis à travers des liens fournisseur-entreprises utilisatrices » ou encore « l'ensemble des fonctions internes et externes d'une entreprise qui permettent à la chaîne de valeur de fournir des produits et des services au client ».

Le management global de la chaîne logistique se traduit en anglais par supply chain management. Le supply chain management ou SCM permet de livrer plus vite des produits mieux adaptés aux consommateurs. Dans la chaîne qui va du fournisseur au consommateur final, les

échanges d'informations sont permanents : l'entreprise communique avec ses fournisseurs, ses transporteurs, ses distributeurs, ses clients. La notion de chaîne logistique globale est apparue avec la volonté de fidéliser le client. Il s'agit pour l'entreprise de se démarquer de la concurrence en optimisant les ressources de manière à réduire les coûts d'approvisionnement, de production et de distribution. Les flux sont désormais tirés par le consommateur final qui souhaite être livré le plus rapidement possible. Les délais de plus en plus courts obligent l'entreprise à faire preuve de flexibilité et de réactivité pour répondre à la demande du marché. L'objectif du SCM est de livrer le bon produit au bon moment et au meilleur coût en coordonnant les activités et les flux depuis les fournisseurs et sous-traitants jusqu'au client final. [Lasnier, 2004a]

Le Council of Supply Chain Management Professionals propose la définition suivante : « le supply chain management comprend la planification et la gestion de toutes les activités impliquées dans le sourcing et l'approvisionnement, la transformation et toutes les activités logistiques. Il inclut également la coordination et la collaboration avec des partenaires qui peuvent être des fournisseurs, des intermédiaires, des prestataires et des clients. Le SCM est une fonction d'intégration dont le rôle principal est d'intégrer les différents métiers et les différents processus dans et entre les entreprises au sein d'un modèle cohérent et performant. Il inclut toutes les activités de gestion de la logistique citées ci-dessus ainsi que les opérations de production, et il pilote la coordination des processus et des activités au sein et entre le marketing, les ventes, le développement produit, la finance et les technologies de l'information .

#### **1.2.4 Les acteurs et les types de la supply chain**

Les acteurs de la supply chain sont les organisations qui participent à l'acheminement des flux du point de départ à la destination finale et parmi eux on peut mentionner : [Roux and Liu, ]

1. Fournisseurs : Les organisations qui fournissent les matières premières, les composants ou les produits nécessaires à la production.
2. Producteurs : Les organisations qui transforment les matières premières ou les composants en produits finis.
3. Prestataires : Les organisations qui fournissent des services logistiques tels que le transport, l'entreposage, la manutention, etc.
4. Détaillants : Les organisations qui vendent les produits directement aux consommateurs finaux.
5. Clients finaux : Les consommateurs qui achètent et utilisent les produits finaux.

Les types de la supply chain sont définis par les rôles spécifiques que les organisations prennent dans la structure de la chaîne logistique et on peut distinguer trois types essentiels

[Le Moigne, 2017] :

1. Chaîne logistique directe : Il s'agit de la forme minimale de la chaîne logistique, qui se compose de l'entreprise productrice, de son fournisseur direct en amont et de son client final en aval.
2. Chaîne logistique étendue : Ce type de réseau comprend deux échelons supplémentaires par rapport à la structure minimale de la supply chain. Il inclut le fournisseur du fournisseur en amont et le client du client en aval.
3. Chaîne logistique globale : Ce type de réseau prend en compte toutes les organisations impliquées dans la chaîne logistique, ce qui le rend complexe à étudier en raison du nombre de maillons présents et de la variété des relations existantes.

### **1.2.5 Le processus de la chaîne logistique**

Le terme "processus" dans la littérature fait référence à un ensemble d'activités liées ou interactives qui transforment des entrées en sorties. Dans le contexte d'une chaîne d'approvisionnement, plusieurs processus se combinent et s'entremêlent pour fournir un produit ou un service au consommateur final. Ces processus peuvent varier en fonction du secteur d'activité de l'entreprise et permettent de relier un maillon à un autre ou à plusieurs maillons du réseau. Plusieurs travaux ont identifié cinq processus clés de la chaîne logistique : la planification, la production, l'approvisionnement, la distribution et la gestion des retours. Dans la suite, nous examinerons chaque processus en détail en utilisant le modèle développé par le Supply Chain Council (SCC). [Sudhakar and Sudhakar, 2023]

1. La planification : est un processus ayant pour but l'organisation des autres processus de la chaîne logistique. Il porte généralement sur trois activités fondamentales : la prévision de la demande, la gestion du stock et la planification de la production.
2. La production : représente l'ensemble des activités nécessaires pour réaliser le produit, le fabriquer et le stocker. Elle se base essentiellement sur la conception du produit et la gestion de la production et des services.
3. L'approvisionnement : est défini à travers les activités nécessaires pour récupérer de la matière première afin de fabriquer le produit.
4. La distribution : englobe toutes les activités prenant en charge les commandes clients et leur livraison. Il inclut la gestion de la commande (entrée de commande et traitement), la gestion du transport et la livraison aux clients.
5. La gestion des retours : est un processus qui prend en compte toutes les activités nécessaires pour gérer le retour du produit par le client ou par un autre maillon du réseau.

## 1.3 Gestion des approvisionnements et des stocks

### 1.3.1 Définition de l'approvisionnement & achat dans l'entreprise

**Approvisionnement :** L'approvisionnement est un terme plus large qui englobe l'ensemble des activités liées à la gestion et à l'optimisation des flux de produits ou de services tout au long de la chaîne d'approvisionnement. Cela inclut l'achat, mais aussi d'autres aspects tels que la planification des besoins, la gestion des stocks, la logistique, la gestion des fournisseurs, la gestion des risques, la gestion des contrats, etc. L'approvisionnement vise à garantir que les ressources nécessaires sont disponibles au bon endroit, au bon moment et au bon coût pour soutenir les opérations de l'entreprise.[Fournier and Menard, 2014]

**Achat :** L'achat est le processus par lequel une entreprise acquiert des biens ou des services auprès de fournisseurs externes. Il implique l'identification des besoins, la recherche et l'évaluation des fournisseurs, la négociation des termes et conditions, la passation de commande, ainsi que le suivi et la réception des biens ou des services. L'achat vise à obtenir les produits ou services nécessaires pour répondre aux besoins de l'entreprise, en tenant compte de facteurs tels que la qualité, le prix, la disponibilité, les délais de livraison et les relations avec les fournisseurs.[Fournier and Menard, 2014]

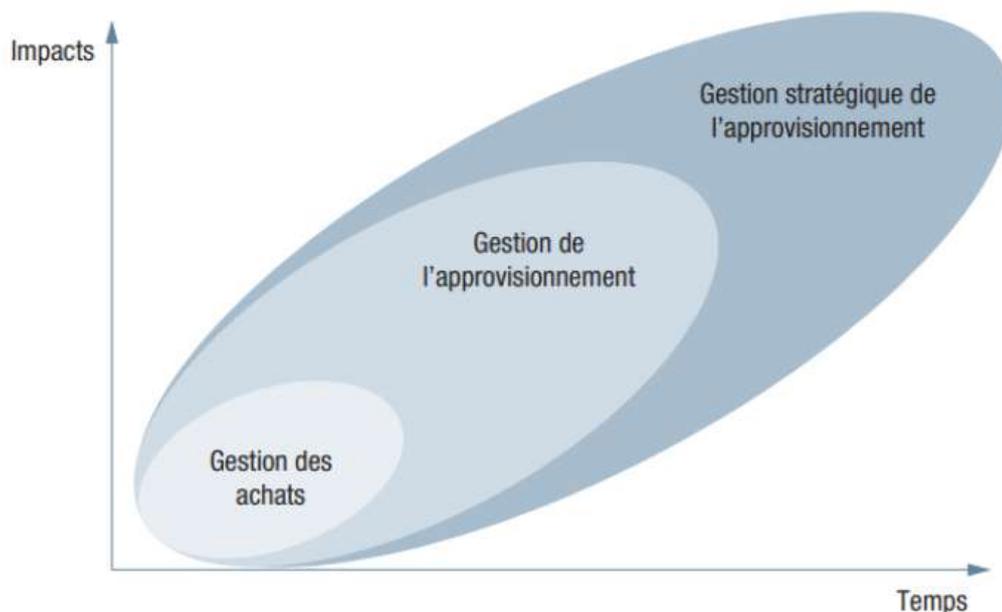


FIGURE 1.2 – La relation entre les deux services achat et approvisionnement

Source : [Fournier and Menard, 2014]

### 1.3.2 Modèles d'approvisionnement ( les types )

Dans le domaine de la gestion des stocks, l'acheteur dispose d'une variété de modèles mathématiques pour déterminer la quantité à commander. Il est important de garder à l'esprit les deux questions essentielles de la gestion des stocks : combien (quelle quantité) commander et quand commander ? Pour cela nous examinerons comment tous les modèles sont conçus en fonction de ces deux questions fondamentales. Certains modèles s'appliquent lorsque la quantité à commander et l'intervalle entre deux approvisionnements sont fixes. Nous constaterons également qu'il existe des modèles pour une quantité de commande fixe et un intervalle variable, ainsi que des modèles pour une quantité de commande variable et un intervalle fixe. Il existe encore un autre facteur très important qui nous amène à faire notre choix de la méthode d'approvisionnement adéquate qui est la Classification ABC ou loi de Pareto (ABC Categorization/Pareto Law) qui signifie une Méthode de classement utilisée dans la gestion des stocks qui implique qu'environ 20 % des articles en stock représentent 80 % de la valeur monétaire de ce même stock .

[Fournier and Menard, 2014]

- La méthode du min-max : Cette méthode consiste à commander une quantité fixe lorsque le stock atteint un niveau minimal prédéterminé (min), et une autre quantité fixe lorsque le stock atteint un niveau maximal prédéterminé (max).
- La méthode du min-max avec un stock de sécurité : C'est une variante de la méthode du min-max. Elle inclut un stock de sécurité supplémentaire pour faire face à l'incertitude de la demande ou aux délais de livraison variables. Lorsque le stock atteint le niveau minimal (min), une commande est passée pour ramener le stock au niveau maximal (max) plus le stock de sécurité.
- La méthode des deux tiroirs : Cette méthode implique l'utilisation de deux emplacements de stockage distincts (tiroirs). Lorsque le premier tiroir est épuisé, une commande est passée pour le remplir, tandis que le deuxième tiroir fournit le stock en attendant la livraison. Cette méthode permet d'éviter les ruptures de stock pendant le réapprovisionnement.
- La politique de revue périodique : Ce modèle consiste à passer des commandes à intervalles réguliers. Bien que l'intervalle entre les commandes demeure fixe, la quantité commandée, elle, peut varier. L'intervalle choisi dépend de la consommation de l'article sur une période donnée
- La politique de la quantité de commande variable et de l'intervalle variable : Ce modèle prend en compte à la fois la quantité de commande et l'intervalle entre les commandes variables, en se basant sur la demande prévue pendant le délai de livraison. La quantité à commander et l'intervalle entre les commandes peuvent varier en fonction des fluctuations de la demande. [Fournier and Menard, 2014]

### 1.3.3 Les types de stocks

Selon le plan comptable général le stock est défini comme un ensemble de marchandises, de matières ou fournitures, des déchets, des produits semi-ouvrés, des produits finis, des produits ou travaux en cours et des emballages commerciaux qui sont la propriété de l'entreprise et il a plusieurs types [Lasnier, 2004b]

- Les matières premières :

Les matières premières sont des matériaux de base utilisés dans la fabrication d'un produit. Elles sont généralement achetées auprès des fournisseurs et sont transformées ou assemblées pour créer un produit fini. Les matières premières peuvent être des matières premières naturelles telles que le bois, le métal, le pétrole, les produits chimiques, etc., ou des matières premières traitées telles que les fils, les tissus, les pièces moulées, etc.

- Les produits en cours :

Les produits en cours, également appelés produits semi-finis, sont des produits qui sont partiellement transformés mais ne sont pas encore considérés comme des produits finis. Ils représentent une étape intermédiaire dans le processus de fabrication. Les produits en cours peuvent inclure des sous-ensembles, des composants ou des assemblages qui sont en cours de fabrication avant d'être intégrés dans le produit final.[Fournier and Menard, 2014]

- Les produits finis :

Les produits finis sont des produits entièrement fabriqués qui sont prêts à être vendus ou utilisés par les clients. Ce sont les produits qui ont passé toutes les étapes de production, d'assemblage et de contrôle qualité. Les produits finis peuvent être des biens de consommation, tels que des vêtements, des appareils électroniques, des meubles, ou des biens d'équipement, tels que des machines, des véhicules, etc.[Fournier and Menard, 2014]

- Les composantes :

Les composantes sont des éléments individuels qui entrent dans la fabrication d'un produit fini. Elles peuvent être des pièces détachées, des modules ou des sous-ensembles qui sont utilisés pour assembler le produit final. Les composantes peuvent être fabriquées en interne ou achetées auprès de fournisseurs.[Fournier and Menard, 2014]

- Les produits d'entretien et de réparation industriels :

Il s'agit de produits utilisés dans le cadre de l'entretien, de la maintenance ou de la réparation des équipements et des installations industrielles. Cela peut inclure des lubrifiants, des produits chimiques de nettoyage, des pièces de rechange, des consommables, etc.[Fournier and Menard, 2014]

- Les produits d'entretien de bureau et les fournitures :

Ces produits sont utilisés dans un environnement de bureau pour soutenir les opérations quotidiennes. Ils comprennent des articles tels que le papier, les stylos, les cartouches

d'encre, les fournitures de bureau, les produits de nettoyage, etc.

- Les surplus :

Les surplus font référence aux stocks excédentaires ou excédentaires qui dépassent les besoins actuels de l'entreprise. Il peut s'agir de matières premières, de produits en cours, de produits finis ou d'autres types de stocks. Les surplus peuvent être temporaires, par exemple en raison d'une production excessive ou d'une baisse de la demande, ou résulter de décisions de gestion telles que la volonté de constituer une réserve stratégique ou de profiter d'opportunités d'achat. [Fournier and Menard, 2014]

### 1.3.4 L'utilité des stocks

Après avoir énuméré les différents types de stocks il est très important de comprendre ce que pousse l'entreprise à garder des stocks, sachant que ces derniers représentent une grosse somme d'argent dans la plupart des cas. En fait, il y a quatre raisons de conserver des stocks : par mesure de sécurité, par souci de prévision, à cause d'un besoin cyclique ou parce qu'ils sont en transit .

#### 4.2.1 Le stock de sécurité

- *Le stock de sécurité :*

Le stock de sécurité est un niveau supplémentaire de stock maintenu au-delà du stock prévu pour faire face à l'incertitude de la demande ou aux retards dans les délais de livraison. Il vise à prévenir les ruptures de stock et à assurer la disponibilité des produits en cas de variations imprévues de la demande ou de problèmes dans la chaîne d'approvisionnement. Le stock de sécurité est généralement déterminé en fonction de la variabilité de la demande, des délais de livraison et du niveau de service souhaité. [Fournier and Menard, 2014]

- *Le stock de prévision :*

Le stock de prévision, également appelé stock prévu, est basé sur les prévisions de la demande future. Il représente la quantité de stock estimée nécessaire pour répondre à la demande attendue pendant une période donnée. Les prévisions de la demande sont généralement basées sur des données historiques, des tendances de marché, des facteurs saisonniers, des promotions, etc. Le stock de prévision est utilisé pour planifier les approvisionnements et éviter les ruptures de stock et les variations des prix. [Fournier and Menard, 2014]

- *Le stock pour les besoins cycliques :*

Le stock pour les besoins cycliques est lié à des variations régulières et prévisibles de la demande. Il est maintenu pour répondre aux fluctuations saisonnières, aux cycles de production ou aux cycles de réapprovisionnement. Par exemple, dans l'industrie de la mode, il peut y avoir des périodes où la demande est plus élevée en prévision des saisons de pointe, et un stock supplémentaire est conservé pour répondre à cette demande accrue pendant ces périodes spécifiques. [Fournier and Menard, 2014]

- *Le stock en transit :*

Le stock en transit se réfère aux marchandises qui sont en cours de déplacement d'un emplacement à un autre dans la chaîne d'approvisionnement. Il peut s'agir de marchandises en transit entre les fournisseurs et l'entrepôt de l'entreprise, entre les différents sites de l'entreprise, ou entre l'entrepôt de l'entreprise et les points de vente. Le stock en transit doit être pris en compte dans la planification des stocks pour s'assurer que les marchandises arrivent à temps et qu'il y a suffisamment de stock disponible pour répondre à la demande pendant cette période. [Fournier and Menard, 2014]

### 1.3.5 Les coûts liés à l'approvisionnement et au stocks

Maintenant que nous avons précisé les types de stocks ainsi que leur utilité, Il est fortement nécessaire de connaître les coûts engendrés pas ces derniers dont on peut dire qu'il existe quatre types de coûts pouvant influencer sur les décisions liées à l'approvisionnement d'une quantité de produits, soit le coût d'acquisition, le coût de stockage, le coût d'expédition et le coût de rupture.

- **Le coût d'acquisition** Les coûts d'acquisition ( $C_a$ ) ou coûts de passation de commande représentent les frais liés au déclenchement de la commande auprès du fournisseur. Ainsi, le temps passé à contacter le fournisseur par téléphone ou fax, les frais administratifs et informatiques, les relances, les négociations d'achats, sont à intégrer dans les coûts d'acquisition. Les coûts de réception ou contrôle d'entrée font également partie des coûts d'acquisition. On peut évaluer le coût d'une commande à l'année en appliquant la formule suivante : [Lasnier, 2004a]

$$C_{a_t} = C_{a_u} \times D$$

$C_{a_u}$  est le coût d'acquisition unitaire,

$C_{a_t}$  est le coût total d'acquisition,

$D$  est la quantité commandée.

- **Le coût de stockage** Les coûts de stockage ou détention ( $C_d$ ) comprennent les coûts relatifs au lieu du stockage, c'est-à-dire aux locaux spécialement prévus pour stocker (magasin, entrepôt). Dans ces frais de détention on peut distinguer le loyer ou l'amortissement de l'entrepôt, son coût de fonctionnement ( éclairage, chauffage, assurances, etc.), les frais de personnel liés au stock (salaires et charges salariales), les coûts de gestion du stock, les coûts engendrés par l'obsolescence ou le vol. [Lasnier, 2004a]

$$C_{su} = C_a \times t_s$$

$$C_s = C_{su} \times \left(\frac{Q}{2}\right)$$

$C_{su}$  = Coût de stockage unitaire

$t_s$  = le taux de stockage

$C_a$  = Coût d'acquisition unitaire

$Q$  = Stock final + Stock initial

- **Le coût d'expédition** Les coûts d'expédition se composent des coûts de préparation de commandes, d'emballage, de chargement de commandes, de transport et de salaires et charges du service expédition. Ces frais sont fonction de la démarche logistique adoptée : création d'entrepôts, optimisation des tournées de livraison, choix des modes de transport et de stockage, etc. [Lasnier, 2004a]

- **Le coût de rupture**

Les coûts de rupture de stock (CRS) sont générés par l'absence du produit au moment où il est demandé. Un produit non disponible implique un chiffre d'affaires non réalisé et par voie de conséquence, un manque à gagner, c'est-à-dire une perte. Au niveau de la production, les manques peuvent occasionner des arrêts de fabrication, des retards de livraison, des pénalités de retard à payer au client. Les coûts d'une rupture sont difficilement mesurables, ils peuvent être très élevés et générer une insatisfaction du client qui risque d'aller vers la concurrence. Il est évident que les CRS peuvent être dangereux, il est indispensable de prendre toute mesure pour les éviter, comme par exemple la mise en place d'un stock de sécurité SS. [Lasnier, 2004a]

$$Cr = Cr_u \times \sum_{i=1}^n (U_m \times t_r)$$

$Cr_u$  est le coût de rupture unitaire,

$U_m$  est le nombre d'unités manquantes,

$t_r$  est le taux de rupture.

Coûts de détention	Coûts d'acquisition	Coûts de rupture	Coûts d'expédition
Coût du loyer magasin	Frais de recherche et choix d'un fournisseur	CA perdu	Frais de préparation de commande
Frais de chauffage	Négociation avec les fournisseurs	Bénéfice perdu	Coût d'emballage
Assurances	Calcul de la commande	Coûts des arrêts de production	Coût de transport
Salaires et charges	Relances fournisseur	Coûts des délais non respectés	Coût de chargement
Coût d'obsolescence	Frais de fax, téléphone	Coûts des pénalités de retard	
	Coût des contrôles d'entrée		

FIGURE 1.3 – Résumé des différents coûts d'approvisionnement et des stocks

Source : [Lasnier, 2004b]

## 1.4 Conclusion

Dans ce premier chapitre on a abordé les éléments essentiels de la gestion des approvisionnements et des stocks dans le contexte de la logistique et de la supply chain management. Nous avons commencé par examiner la logistique et la supply chain, en définissant les concepts clés et en mettant en évidence les acteurs et les processus impliqués. Ensuite, nous nous sommes concentrés sur la gestion des approvisionnements et des stocks, en définissant ces termes et en explorant les différents modèles d'approvisionnement ainsi que les types de stocks couramment utilisés. Nous avons également discuté de l'importance des stocks et des coûts associés à l'approvisionnement et à la gestion des stocks. En résumé, ce chapitre nous a permis de comprendre les bases de la gestion des approvisionnements et des stocks, ainsi que leur rôle crucial dans la logistique et la supply chain.

Le prochain chapitre se concentrera sur le pilotage des systèmes d'information (SI) et la Business Intelligence (BI). Nous explorerons les définitions et les types de systèmes d'information, ainsi que l'architecture et la modélisation dimensionnelle de la BI. Nous examinerons également les tableaux de bord en tant qu'outils décisionnels essentiels et aborderons la mesure de la performance, les indicateurs de performance et les différents types de KPIs. Ce chapitre complétera notre compréhension globale de la gestion des approvisionnements et des stocks en fournissant des outils et des méthodes pour piloter efficacement les processus et prendre des décisions basées sur des données.

# Chapitre 2

## Pilotage des SI et la Business intelligence

### 2.1 Introduction

Le système d'information joue un rôle fondamental dans la gestion efficace des entreprises d'aujourd'hui. Il permet de collecter, stocker, traiter et diffuser l'information nécessaire aux opérations et à la prise de décision. Dans la première section de ce chapitre, on commence par une définition de système d'information puis nous explorerons le concept de pilotage de ce dernier , Ensuite, Nous explorerons la notion de Business Intelligence (BI) et nous examinerons en détail l'architecture générale de la Business Intelligence. Nous aborderons aussi la modélisation dimensionnelle puis on cite les différentes étapes à suivre pour la faire. Les tableaux de bord seront également abordés dans ce chapitre et on mentionne aussi les différents types de ces derniers qui sont fortement liés avec le pilotage grâce à leur rôle crucial et leur contribution dans le pilotage de système d'information. Enfin, nous traiterons des KPIs (Key Performance Indicators) essentiels dans le pilotage des systèmes d'information. Dont on commence par une définition générale de la performance puis on cite les types existants des kpis notamment les différents critères pour les choisir . Ce chapitre vise à fournir une compréhension approfondie du système d'information, de son pilotage, de la Business Intelligence et des outils associés. Nous explorerons l'architecture générale de la Business Intelligence, la modélisation dimensionnelle, les tableaux de bord et les KPIs, en mettant en évidence leur rôle crucial dans la gestion stratégique des organisations modernes.

## **2.2 Pilotage des systèmes d'information**

### **2.2.1 Définition des systèmes d'information (SI)**

Un système d'information est un ensemble de composants conçus pour collecter, stocker, traiter et diffuser des données et des informations. Ils sont essentiels pour les entreprises pour gérer leurs opérations et être compétitifs. Les principales composantes d'un système d'information sont le matériel, les logiciels, les données, les personnes et les processus. Les systèmes d'information peuvent être manuels ou automatisés et peuvent aller de simples outils à des systèmes complexes. [Encyclopædia Britannica, 2023]

### **2.2.2 Le pilotage de SI**

Le pilotage de système d'information (PSI) est un processus crucial pour superviser et gérer les systèmes d'information au sein d'une entreprise. Il englobe la surveillance de la performance, la sécurité, l'évolutivité et l'alignement stratégique des systèmes. Le PSI évalue les indicateurs clés de performance, assure la sécurité des données, favorise l'adaptabilité des systèmes et les aligne sur les objectifs stratégiques de l'entreprise. En surveillant les KPI, le PSI identifie les problèmes de performance, les menaces de sécurité et les opportunités d'amélioration. Il permet également de planifier la capacité, d'évaluer l'architecture des systèmes et de soutenir la croissance de l'entreprise. En favorisant la collaboration entre les équipes informatiques et les parties prenantes, le PSI assure l'allocation efficace des ressources et la communication de la valeur ajoutée des systèmes d'information. En somme, le PSI optimise les systèmes d'information pour soutenir les objectifs et la réussite globale de l'entreprise. [Legrenzi, ][Delmond et al., ]

## **2.3 L'outils décisionnel (Business intelligence)**

Les développements technologiques dans les systèmes d'information de pilotage se sont traduits par des outils ou des offres dites « décisionnelles » ou de « business intelligence ». Ceux-ci constituent une opportunité majeure pour les entreprises d'améliorer la prise de décision et leur capacité de pilotage par les tableaux de bord. [Fantini and Gavand, 2015]

### 2.3.1 Définition de la Business intelligence (BI)

BI est l'abréviation de Business Intelligence. Il s'agit d'un processus technologique permettant d'analyser des données et de présenter des informations exploitables afin d'aider les cadres, les gestionnaires et les autres utilisateurs finaux de l'entreprise à prendre des décisions commerciales éclairées [Fantini and Gavand, 2015]

Le domaine de la BI comprend :

- La mise en œuvre d'outils et de processus pour centraliser les informations opérationnelles des différents services d'une entreprise
- La détermination et le calcul d'indicateurs clés d'une entreprise ou d'un service afin d'améliorer leurs performances ou de résoudre un problème spécifique
- La présentation d'informations sous une forme synthétique, concise et claire, souvent calculées à partir d'une grande quantité de données
- La bonne gouvernance de systèmes de diffusion de l'information (le bon pilotage)
- La garantie de la fiabilité et de la sécurité de l'accès à l'information

### 2.3.2 L'architecture de la BI

La Business Intelligence (BI), également connue sous le nom d'informatique décisionnelle, est l'ensemble des technologies et des méthodologies utilisées par une organisation pour collecter, intégrer, stocker, analyser et présenter des informations sur les opérations et les tendances commerciales. Elle vise à améliorer et optimiser les décisions et les performances d'une entreprise en utilisant des outils et des applications variés. La BI permet d'analyser les données et les présenter sous forme de rapports, de tableaux de bord et de visualisations, afin de fournir des informations aux décideurs. [TechTarget, tion, LeBigData.fr, tion]

En effet, il existe plusieurs architectures de Business Intelligence (BI) et les modèles Inmon et Kimball sont deux des modèles les plus populaires.

1. Le modèle Inmon, également connu sous le nom de modèle Top-Down, est basé sur une architecture en couches qui vise à créer un référentiel de données unique et centralisé pour l'ensemble de l'entreprise. Ce modèle utilise une approche de normalisation des données pour garantir la qualité et l'intégrité des données. Le modèle Inmon est souvent utilisé dans les entreprises qui ont besoin d'une solution de BI complète et qui ont des exigences complexes en matière de rapports. [Cartelis, tion]

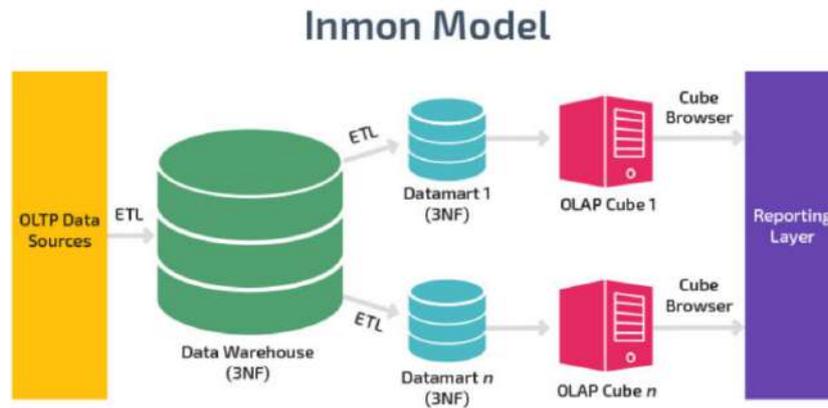


FIGURE 2.1 – Architecture de Inmon

Source : [Cartelis, tion]

- Le modèle Kimball, également connu sous le nom de modèle Bottom-Up, est basé sur une approche de conception dimensionnelle des données. Ce modèle est axé sur la création de cubes de données en utilisant des dimensions et des mesures, ce qui permet une exploration facile des données. Le modèle Kimball est souvent utilisé dans les entreprises qui ont des besoins plus spécifiques en matière de rapports et qui ont des volumes de données plus petits. [Cartelis, tion]

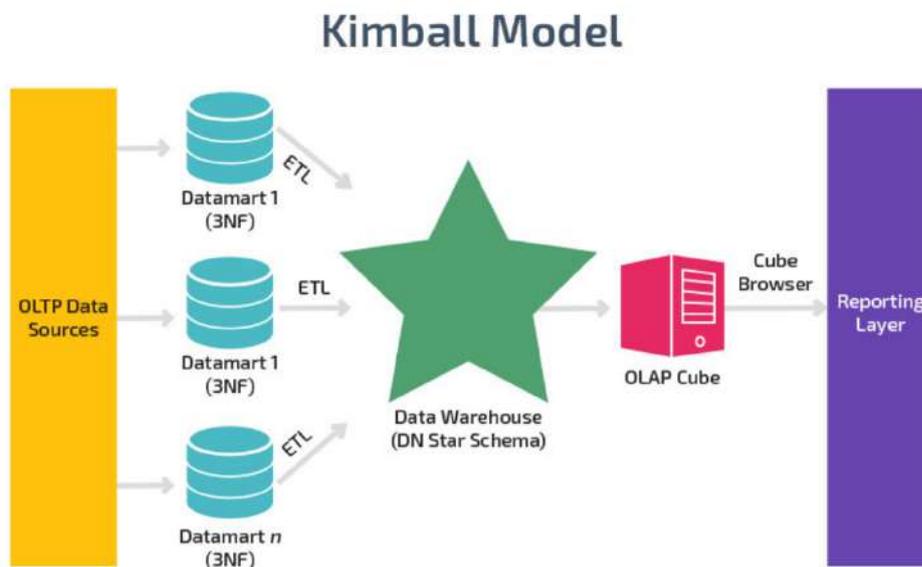


FIGURE 2.2 – Architecture de Kimball

Source : [Cartelis, tion]

En résumé, le modèle Inmon est axé sur la normalisation des données et la centralisation, tandis que le modèle Kimball est axé sur la conception dimensionnelle et la création de cubes de données pour une exploration facile des données. Le choix du modèle dépend des besoins spécifiques de l'entreprise en matière de BI.

### **2.3.3 La modélisation dimensionnelle**

La modélisation dimensionnelle est une technique de modélisation de données utilisée en Business Intelligence (BI) pour organiser les données en fonction de leur signification commerciale. Cette technique est basée sur la création de modèles de données appelés schémas en étoile ou en flocon, qui organisent les données en dimensions et en faits.

Les dimensions sont les caractéristiques des données qui décrivent les éléments de l'entreprise, comme les clients, les produits, les dates, etc. Les faits sont les mesures numériques qui quantifient les performances de l'entreprise, telles que les ventes, les bénéfices, les coûts, etc.

En effet la modélisation dimensionnelle peut être divisée en cinq étapes principales :

- Étape 1 : Choisir le processus à modéliser
- Étape 2 : Choisir le grain des faits et décider de ce que représente une ligne de la table de faits. Niveau de détail : transactions individuelles, récapitulatifs journaliers, mensuels...
- Étape 3 : Identifier les dimensions qui s'appliquent aux lignes de la table des faits (typiquement le temps, le client, le foyer, le produit, le magasin, l'agence, le compte...)
- Étape 4 : Identifier les faits qui apparaîtront dans une table de faits. Pour cela, il est important de déterminer avec précision le niveau de granularité nécessaire pour représenter les données. Les faits choisis doivent être en cohérence avec ce dernier.
- Étape 5 : Identifier les mesures de fait qui renseignent la table de faits. De préférence, des quantités numériques additives. [Fantini and Gavand, 2015]

## **2.4 Les tableaux de bord**

### **2.4.1 Définition des tableaux de bord**

Les tableaux de bord, également appelés dashboards en anglais, sont des outils de gestion de données visuels qui présentent des informations clés de manière synthétique et facile à comprendre. [Tableau, 2023]

Un tableau de bord est généralement composé de plusieurs graphiques, tableaux et autres indicateurs visuels qui permettent aux utilisateurs de visualiser les performances d'une entreprise ou d'un projet. Les données peuvent être rassemblées à partir de plusieurs sources telles que des feuilles de calcul, des bases de données et des applications de suivi de projet.

[Microsoft Power BI, 2023]

Les tableaux de bord sont utilisés dans de nombreuses industries pour suivre et analyser des données importantes telles que les ventes, la production, les performances financières, les indicateurs de qualité et les indicateurs de satisfaction client. Ils sont également utilisés pour aider les managers à prendre des décisions basées sur les données et à surveiller les résultats de leurs actions. [Heavy.ai, 2023]

## 2.4.2 Types de tableaux de bord

Le contenu et l'usage d'un tableau de bord diffèrent en fonction de l'utilisateur final. En entreprise, on peut distinguer trois types ou trois niveaux d'utilisation différents :

[Formations IMT Atlantique, 2023].

1. Le premier est le tableau de bord stratégique ou prospectif : qui est destiné aux dirigeants et fournit une vue synthétique des performances de l'entreprise par rapport à ses objectifs stratégiques.
2. Le deuxième est le tableau de bord tactique ou de gestion : qui est destiné aux responsables d'équipes et de départements. Il permet de suivre la performance de leurs actions quotidiennes ou de comprendre un événement particulier.
3. Le troisième type est le tableau de bord opérationnel destiné aux différents métiers de l'entreprise. Il sert à mesurer la performance d'une action, d'une campagne ou d'un processus spécifique.

Le pilotage de système d'information et les tableaux de bord sont étroitement liés car sont un outil clé utilisé dans le PSI et on peut remarquer la relation entre eux à travers le schéma ci dessous qui représente les fonctions des différents niveaux de pilotage ainsi que les acteurs impliqués dans l'organisation de chaque type de tableaux de bord.



FIGURE 2.3 – Les niveaux de pilotage

Source : [planning force-Pilotage, 2020]

## 2.5 Management de la performance et les outils décisionnels

### 2.5.1 Mesure de la performance

La mesure de la performance est un outil utile pour évaluer et surveiller l'état et la performance d'une activité spécifique. Elle permet également d'évaluer les comportements organisationnels et d'aider l'entreprise à atteindre ses objectifs stratégiques. En général, on considère que la mesure de la performance reflète le comportement des gestionnaires et de leurs employés, ce qui contribue à améliorer les processus d'affaires, à encourager la démocratisation et à utiliser efficacement des ressources limitées. [Estampe, 2015]

La performance est considérée comme étant une notion complexe dont, l'efficacité, l'efficience et l'effectivité constituent trois principaux critères d'évaluation [ source ]

1. L'efficacité, c'est le rapport entre les résultats atteints par un système et les objectifs visés. L'efficacité est le meilleur rapport possible entre le degré de satisfaction des clients et les moyens mis en œuvre pour l'obtenir [Estampe, 2015]
2. L'efficience, c'est le rapport entre l'effort et les moyens totaux déployés dans une activité, d'une part, et l'utilité réelle que les gens en tirent sous forme de valeur d'usage, d'autre part. C'est le degré d'atteinte des objectifs fixés à moindre coût [Estampe, 2015].
3. L'effectivité, c'est le degré d'atteinte des objectifs fixés à moindre coût tout en améliorant

la satisfaction et la motivation des membres de l'organisation. Le concept d'effectivité est fortement lié à la satisfaction vis-à-vis des résultats obtenus [Estampe, 2015]

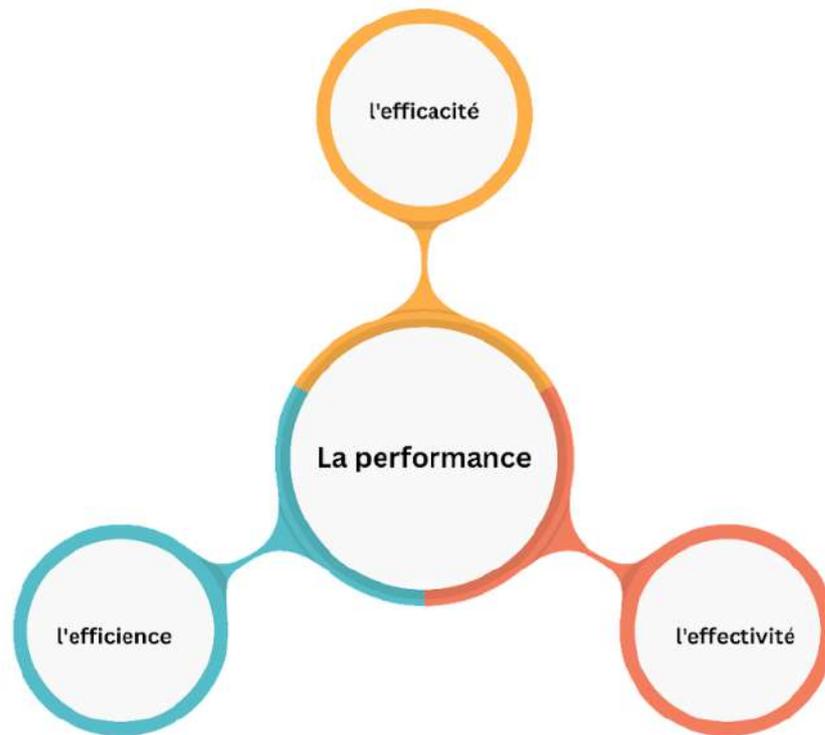


FIGURE 2.4 – Les trois piliers de la performance

## 2.5.2 Les indicateurs de performance

Un indicateur de performance (ou KPI en anglais, pour key performance indicator) est une mesure quantitative qui vous permet de suivre la progression de votre équipe ou organisation au regard de vos objectifs commerciaux clés . Les indicateurs de performance sont utilisables à divers niveaux : à l'échelle d'une entreprise, d'une équipe ou même d'une personne, en fonction des mesures à suivre 1. Ils permettent également de suivre l'évolution de la performance et analyser une situation présente 2. [Roux and Liu, ]

## 2.5.3 Les types de KPIs (indicateurs clés de performance)

Le SI doit donc permettre de fournir des indicateurs pertinents au système de tableaux de bord. Les indicateurs peuvent être multiples (résultats, progression, suivi) et concerner toutes les facettes de l'activité de l'organisation. Selon la littérature On trouve qu'il existe deux classifications des indicateurs tel qu'on peut classifier les mesures de performance au niveau du service à la clientèle en deux grandes catégories : [Fournier and Menard, 2014]

1. les mesures relatives (en pourcentage), par exemple le pourcentage d'articles livrés à temps
2. les mesures absolues comme le nombre d'articles livrés à temps. Dans le cas des mesures relatives, il faut mentionner tout de suite qu'elles ne tiennent pas compte de la valeur des articles.

Pour la deuxième classification, on distingue en général deux types ; les indicateurs de pilotage et les indicateurs de reporting. [Marsal et al., 2006]

1. Les indicateurs de pilotage donnent des informations aux niveaux local ou central et apportent une aide dans la prise de décision locale ou centrale, en particulier dans la correction des écarts. Ils n'ont pas vocation à être systématiquement « remontés » au niveau hiérarchique supérieur.
2. Les indicateurs de reporting sont au contraire transmis au niveau supérieur, il s'agit de faire un point périodique sur le degré de réalisation des objectifs. Les indicateurs du reporting sont souvent utilisés dans les systèmes de récompense des responsables d'entité, en ce sens ils participent aux outils d'incitation du contrôle de gestion.

#### **2.5.4 Les critères pour choisir les KPIs**

On considère souvent huit grands critères dans l'établissement des mesures de performance. [Estampe, 2015]

1. Clarté et précision : Il est essentiel que les indicateurs de performance soient clairs et précis afin qu'ils puissent être facilement compris et interprétés par les parties prenantes. Des définitions précises et des méthodes de calcul transparentes doivent être établies pour éviter toute ambiguïté dans l'interprétation des résultats.
2. Pertinence : Les indicateurs de performance doivent fournir des informations utiles et significatives pour la prise de décision. Ils doivent être alignés sur les objectifs stratégiques de l'organisation et permettre d'évaluer le degré d'atteinte de ces objectifs. Ils doivent également être adaptés aux besoins spécifiques de chaque niveau de gestion.
3. Actionnable : Les indicateurs de performance doivent entraîner une action ou une réaction de la part des gestionnaires. Ils doivent permettre d'identifier les domaines d'amélioration et de prendre des mesures appropriées pour optimiser les résultats. Les indicateurs doivent être conçus de manière à stimuler l'action et le changement.
4. Facilité de calcul : Les indicateurs de performance doivent être relativement simples à calculer et ne pas nécessiter des ressources excessives. Les formules et les méthodes de calcul doivent être claires et compréhensibles, afin que les gestionnaires puissent facilement les utiliser et les mettre à jour régulièrement.

5. **Disponibilité en temps utile** : Les informations nécessaires pour calculer les indicateurs de performance doivent être disponibles en temps opportun. Cela permet aux gestionnaires de prendre des décisions éclairées et de mettre en œuvre des actions correctives rapidement. La disponibilité des données dans les délais requis est donc cruciale pour l'efficacité des mesures de performance.
6. **Simplicité et signification** : Les indicateurs de performance doivent être formulés de manière claire et simple, afin qu'ils soient facilement compréhensibles pour tous les acteurs impliqués. Ils doivent également être significatifs, c'est-à-dire qu'ils doivent fournir des informations pertinentes et exploitables pour évaluer la performance de manière pertinente.
7. **Cohérence** : Les indicateurs de performance doivent être cohérents entre eux et en adéquation avec la stratégie globale de l'organisation. Ils doivent être interconnectés de manière à refléter les relations et les dépendances entre les différentes dimensions de la performance. La cohérence des indicateurs facilite la compréhension globale de la performance de l'organisation.
8. **Pertinence** : Les indicateurs de performance doivent fournir des informations utiles et significatives pour la prise de décision. Ils doivent être alignés sur les objectifs stratégiques de l'organisation et permettre d'évaluer le degré d'atteinte de ces objectifs. Ils doivent également être adaptés aux besoins spécifiques de chaque niveau de gestion.



FIGURE 2.5 – Les critères de choix des KPIs

Source : élaboré par nous meme

### 2.5.5 Estimation des délais d'achat avec le Machine Learning

Selon l'analyse des articles sélectionnés dans le MFE, on a constaté que les méthodes utilisées pour l'estimation des délais incluent la régression linéaire [Alnahhal et al., 2021], KNN, SVM, RF et MLP [de Oliveira et al., 2021, Huang and Bagheri, 2019], le Gradient Boosting et CatBoost [Huang and Bagheri, 2019]. Les articles mentionnés ci-dessus soulignent les défis susceptibles d'affecter le modèle, tels que les données utilisées, et il apparaît que la plupart ont utilisé des données du monde réel. Prenons par exemple les articles [Lingitz et al., 2018] et [Liu et al., 2018], qui ont tous deux utilisé des données réelles contenant des millions d'enregistrements, ce qui leur a permis d'obtenir des résultats précis. En revanche, l'utilisation de données simulées pose problème, comme le souligne l'article [Huang and Bagheri, 2019], qui mentionne que les bases de données simulées supposent fréquemment un système de production parfait, sans tenir compte des pannes de machines, des interruptions de maintenance et des retards de livraison de matières premières. Comme il a été dit, la qualité des données est essentielle pour une étude valide, c'est pourquoi les articles utilisent une variété de techniques de prétraitement des données, telles que la détection des valeurs aberrantes, l'imputation des valeurs manquantes, l'ingénierie des caractéristiques et la sélection des caractéristiques afin d'utiliser un jeu de données équitable [Lingitz et al., 2018], ce qui permet également de réduire et d'éliminer les éléments non pertinents de nos données [Huang and Bagheri, 2019]. De plus, certains auteurs estiment que les techniques de réduction de dimension peuvent améliorer considérablement la précision et l'efficacité des modèles de régression en réduisant le nombre de variables et en évitant le surajustement [Liu et al., 2018]. Pour les données utilisées dans le modèle prédictif, on trouve généralement une division en deux parties : 80% pour l'entraînement et 20% pour les tests. Cependant, dans le cas particulier de l'article [Huang and Bagheri, 2019], cette répartition a été modifiée à 70% pour l'entraînement et 30% pour les tests, ce qui peut donner des résultats moins précis. Le choix des hyperparamètres est l'un des facteurs les plus importants pour la réussite d'un modèle, et il existe plusieurs méthodes pour les choisir. Par exemple, [de Oliveira et al., 2021] a utilisé une procédure de validation croisée à 10 plis, divisant l'ensemble de données en dix groupes distincts appelés plis, afin de choisir les meilleurs hyperparamètres pour chaque algorithme. [Koponen, 2020] a utilisé une estimation de paramètres via l'estimateur de Parzen basé sur des arbres (TPE). Pour évaluer toutes ces expériences et les différents modèles, il existe des métriques très pertinentes et significatives telles que le MSE [de Oliveira et al., 2021] [Lingitz et al., 2018], le rappel, le score F1 [Huang and Bagheri, 2019], le MAE [Lingitz et al., 2018] et le  $R^2$  [Koponen, 2020]. D'autres métriques sont rarement utilisées, telles que le MAPE, le RMSE et le NRMSE [Lingitz et al., 2018]. Les expériences menées dans ces études ne peuvent pas être directement comparées en raison de domaines, jeux de données et caractéristiques différents. La principale différence entre elles réside dans le fait qu'elles comportent plusieurs étapes au cours desquelles la personne appliquant la méthode doit faire des

choix en fonction du jeu de données. Ces choix incluent le nombre de catégories à conserver avant et après l'ACP, le nombre de composantes principales à considérer et les hyperparamètres en fonction des algorithmes utilisés, mais cela dépend de l'analyse de chaque étude.

En conclusion, parmi les algorithmes qui ont donné de bons résultats en matière de prévision des délais d'achat, nous citons : le Random Forest, qui s'est avéré être le meilleur algorithme dans trois expériences différentes en raison de sa capacité à traiter des espaces de caractéristiques de haute dimension [Huang and Bagheri, 2019] [Lingitz et al., 2018] [Liu et al., 2018], la régression linéaire standard qui est un algorithme simple et facile à comprendre, le SVM, qui est robuste au bruit et aux valeurs aberrantes dans le cas d'étude pharmaceutique [de Oliveira et al., 2021], et CatBoost, qui est également l'un des algorithmes les plus précis avec de bonnes performances sur des ensembles de données volumineux et complexes et qui permet de traiter les données rapidement.

## 2.6 Conclusion

En conclusion, ce chapitre a couvert les fondamentaux du système d'information, du pilotage et de la Business Intelligence. Nous avons compris l'importance du système d'information et des outils technologiques pour gérer les données dans les organisations. La Business Intelligence est essentielle pour convertir les données brutes en informations exploitables. La modélisation dimensionnelle et les tableaux de bord offrent une vue globale et une représentation visuelle pour faciliter l'analyse des données. Les KPIs sont des indicateurs clés pour évaluer les performances et orienter les décisions. ajouter une transition vers le chapitre suivant.

Dans le prochain chapitre, nous débuterons par une présentation de l'état actuel de l'organisme d'accueil, en mettant en évidence les éléments clés à prendre en compte. Ensuite, nous identifierons la problématique spécifique qui a été identifiée dans ce contexte. Pour ce faire, nous réaliserons un diagnostic approfondi du processus d'approvisionnement et de transport, afin de mieux comprendre les défis et les lacunes existants. À partir de cette analyse, nous proposerons des recommandations et des solutions concrètes pour améliorer ce processus en citant les différents indicateurs de performances doivent être pris en compte pour une bonne surveillance

# Chapitre 3

## Présentation du projet et de l'organisme d'accueil

### 3.1 Introduction

Après avoir exploré les différents concepts théoriques clés liés à notre problématique dans les deux premiers chapitres, nous allons à présent décrire le cadre d'application de ce travail. D'abord nous présenterons le marché pétrolier et son évolution, par la suite nous allons présenter l'entreprise Sonatrach, pour finir nous allons explorer les départements de l'entreprise et nous nous focaliserons sur son processus d'approvisionnement et de transport et cela en utilisant les différentes méthodes d'analyse.

### 3.2 Marché pétrolier et gazier

Le pétrole est la principale source d'énergie dans le monde depuis les années 1950, et sert également de matière première à l'industrie pétrochimique, produisant une grande variété de produits dérivés, des matières plastiques aux peintures et aux cosmétiques. Le gaz naturel est la source d'énergie fossile qui a connu la plus forte progression depuis les années 1970, représentant désormais environ un cinquième de la consommation énergétique mondiale [Etudier.com, ] Le marché de l'ingénierie, de l'approvisionnement et de la construction (EPC) pour le pétrole et le gaz a été évalué à 298,36 millions USD en 2020 et devrait atteindre 460,50 millions USD d'ici 2027, avec un taux de croissance annuel composé de plus de 5,2% au cours de la période 2022-2027. Toutefois, la pandémie de COVID-19 a eu un impact considérable sur l'industrie pétrolière et gazière, entraînant une baisse des prix du pétrole brut en raison de la chute de la

demande. De plus, le taux de croissance du marché dépend de la région Asie-Pacifique, où la Chine est le plus grand producteur de pétrole brut et de gaz naturel, représentant environ 30% de la production totale de gaz naturel en 2020. Le pays est également actif dans le développement des infrastructures de gaz naturel [Mordor Intelligence, ].



FIGURE 3.1 – Prevision de Taux de croissance de marché pétrolier et gazier 2022-2027

Source : [Mordor Intelligence, ]

Au cours de la dernière décennie, la production mondiale de pétrole brut a augmenté de façon constante en raison de l'augmentation de la demande de pétrole de divers secteurs, à l'exception de la période de la COVID-19. [Mordor Intelligence, ] Le marché algérien du pétrole et du gaz devrait croître à un taux de croissance annuel composé de plus de 1,5% au cours de la période de prévision de 2020 à 2025. Des facteurs tels que l'augmentation de la capacité de raffinage et les plans d'amélioration de la production de pétrole devraient augmenter la croissance du marché algérien(2).L'Algérie détenait environ 12,2 milliards de barils de réserves prouvées de pétrole brut en 2018. La production de gaz en Algérie a diminué de 0,7% d'une année sur l'autre en 2018, tandis que la production de pétrole a diminué de 2,0%. Toutefois, la consommation de pétrole dans le pays a augmenté de 1,2% en 2018. Par conséquent, une augmentation des investissements dans l'industrie devrait stimuler le marché algérien du pétrole et du gaz, car la production de ce dernier et la capacité de raffinage devraient encore augmenter. [Mordor Intelligence, ] Les principaux acteurs du marché pétrolier et gazier en Algérie sont Eni SpA, Sonatrach SpA, China National Petroleum Corporation, Equinor ASA et BP plc [Mordor Intelligence, ] .

### 3.3 Définition de la problématique

Suite à une analyse financière effectuée par le département des finances, une augmentation anormale des coûts d’approvisionnement a été constatée au cours du dernier mois de l’année 2022 . Dans ce contexte, la direction d’approvisionnement et de transport a pour mission d’optimiser la chaîne d’approvisionnement en utilisant des outils de mesure et d’amélioration. Cette tâche est souvent considérée comme la plus complexe de tout le processus, mais elle revêt une importance cruciale pour contrôler les dépenses de l’entreprise.L’objectif de notre travail est de développer un tableau de bord pour le département d’approvisionnement de l’entreprise SONATRACH ALGÉRIE, en prenant en compte les dimensions qualité, service, gestion des stocks et délais. Nous cherchons à créer une application qui permettra la supervision et la surveillance des processus d’approvisionnement, tout en fournissant un outil décisionnel efficace et efficient. Notre étude se concentre également sur la prédiction d’un indicateur spécifique afin d’anticiper et de prévoir les futures conditions. Enfin , ces prédictions seront utilisées pour minimiser les coûts liés à l’approvisionnement.

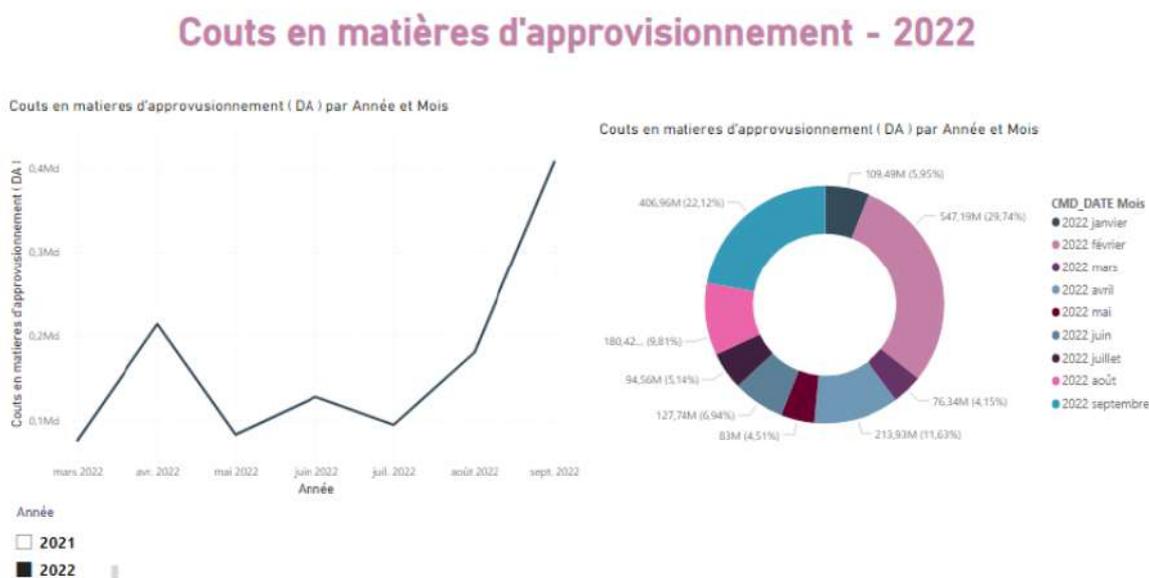


FIGURE 3.2 – Coûts en matière d’approvisionnement en 2022

### 3.4 Diagnostic du processus d’approvisionnement et de transport

Le diagnostic est « La description et l’analyse de l’état d’un organisme, d’un de ses secteurs, ou d’une de ses activités, afin d’identifier ses points forts et ses insuffisances, et de proposer des

actions d'amélioration en tenant compte de son contexte technique, économique et humain ». (norme X 50-170) [AFNOR, 1992]

Le diagnostic en entreprise est aussi une évaluation de son niveau de performance, il a pour but principal de :

- Découvrir les opportunités pour les mettre en valeur.
- Dégager les faiblesses et les dysfonctionnements pour les corriger.
- Proposer des axes d'amélioration compatibles avec les objectifs stratégiques de l'entreprise (norme X 50-170) [AFNOR, 1992].

### 3.4.1 La méthode QQQQCCP

Afin d'analyser notre problématique d'une manière structurée, nous avons utilisé la méthode QQQQCCP dans le tableau 3.1 en posant une série de questions spécifiques. Cette méthode permet d'identifier les causes fondamentales d'un problème en explorant différentes dimensions et en cherchant à comprendre les aspects clés de la situation.

Qui	Le responsable de la direction d'approvisionnement et du transport
Quoi	Augmentation des dépenses en matière d'approvisionnement y compris le coût d'acquisition, coût de stockage, coût de commande et coût de rupture
Où	Dans les services de la direction d'approvisionnement et transport (stock, achat, logistique)
Quand	Problème apparu depuis Août 2022
Comment	Par l'analyse des données financières et opérationnelles de la direction de finance
Combien	Pratiquement tous les produits achetés par l'entreprise, que ce soit localement ou à l'importation, génèrent des coûts énormes. Il faut environ deux à trois tentatives d'achat pour changer la stratégie et établir d'autres contrats avec les fournisseurs afin d'éviter l'augmentation des dépenses.
Pourquoi	Une mauvaise prise de décision dans la direction en raison du manque d'indicateurs dans différents services, du manque de suivi des fournisseurs et du manque de communication entre les différents acteurs et les personnes impliquées dans tout le processus

TABLE 3.1 – Méthode de QQQQCCP

### 3.4.2 Le diagramme d'Ishikawa

Le diagramme d'Ishikawa, également connu sous le nom de diagramme causes/effet, est un outil développé par Kaoru Ishikawa en 1961 est largement utilisé dans la gestion de la qualité. Il offre une représentation graphique des causes qui contribuent à un effet spécifique. Ce diagramme est généralement structuré autour des cinq catégories de causes, connues sous le nom

des "5 M". En utilisant cette méthode d'analyse, nous pouvons mieux identifier les causes potentielles et couvrir tous les aspects possibles. L'objectif est de catégoriser les causes de problème, ce qui facilite la recherche des causes possibles et la détermination des causes probables. Dans notre étude, nous appliquerons cet outil pour visualiser les différentes causes associées à nos problèmes, comme illustré dans la Figure 3.3 .

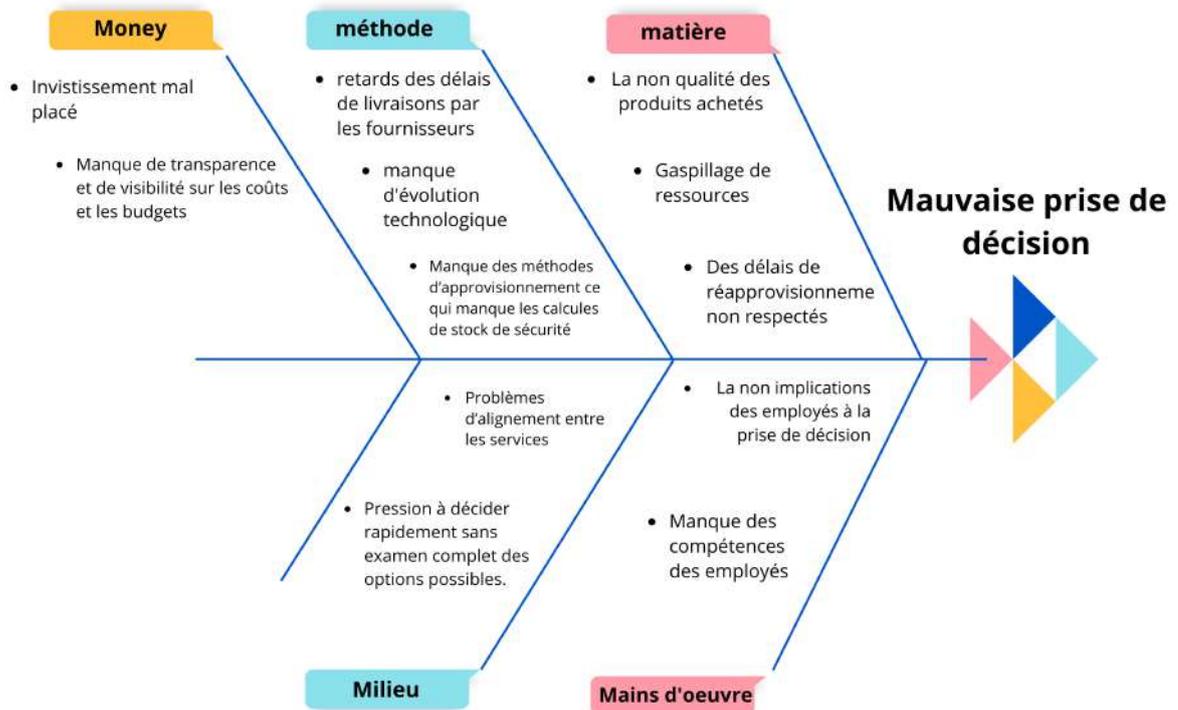


FIGURE 3.3 – Diagramme d'ishikawa

### 3.4.3 Analyse SWOT

Pour évaluer la situation globale du département d’approvisionnement et de transport, une analyse basée sur la matrice SWOT a été réalisée. La matrice SWOT, qui se réfère aux Forces (Strengths), Faiblesses (Weaknesses), Opportunités (Opportunities) et Menaces (Threats), permet d’examiner les aspects internes et externes d’une organisation. Cette approche a permis d’identifier les points forts, les faiblesses, les opportunités et les menaces spécifiques au département , Elle permet d’identifier les avantages concurrentiels, les domaines à améliorer, les opportunités à saisir et les risques potentiels. La matrice SWOT peut être utilisée pour établir des stratégies et des plans d’action en fonction des résultats de l’analyse.



FIGURE 3.4 – Matrice SWOT

## **Interprétation générale des résultats**

L'analyse des résultats de la matrice SWOT met en évidence l'importance de l'axe W-T (Faiblesses-Menaces) dans la planification de la stratégie. Dans notre cas cette priorité découle de plusieurs constatations : Premièrement, la menace du faible pouvoir de négociation face à des concurrents internationaux souligne la nécessité d'une planification stratégique des achats. En adoptant une approche stratégique, le département d'approvisionnement et de transport peut exploiter les opportunités de négociation et rechercher des fournisseurs offrant des prix qualités compétitifs. Deuxièmement, la menace d'une mauvaise stratégie marketing en matière d'achat met en évidence l'importance des compétences adéquates au sein du département. Une expertise insuffisante peut compromettre la capacité du département à segmenter et à cibler efficacement les besoins d'approvisionnement, ce qui peut affecter la pertinence des décisions prises. Troisièmement, la faiblesse liée à la saisie manuelle des nouvelles données est accentuée par la menace d'erreurs et de pertes de temps. Il est crucial de mettre en place des mesures de sécurité des données adéquates pour réduire ces risques et améliorer l'efficacité du processus de saisie des informations.

Enfin, les faiblesses identifiées ont un impact direct sur les délais du processus d'approvisionnement et de transport. Les retards significatifs dans l'acquisition de la matière première, telle que les pièces de rechange et les équipements, sont dus aux différentes faiblesses identifiées.

### **3.5 Amélioration du système de pilotage**

Après avoir mené une étude approfondie sur la direction d'approvisionnement et de transport de l'entreprise dans le but d'identifier les éventuelles sources de dysfonctionnement, nous entamons maintenant la phase d'amélioration des différents départements de cette direction. La maîtrise d'un processus consiste à mettre en place des mécanismes de contrôle pour vérifier sa mise en œuvre conforme et mesurer les écarts par rapport à sa description initiale. Les indicateurs jouent un rôle essentiel dans cette maîtrise des processus. Rappelant qu'un indicateur de performance, selon L'AFNOR est une donnée quantifiée qui mesure l'efficacité et/ou l'efficience de tout ou partie d'un processus ou d'un système réel ou illustre les différences d'exigences entre deux niveaux de Relation client - fournisseur .

Les résultats de nos diagnostics ont permis de déterminer les indicateurs clés pour le processus d'approvisionnement. Ces indicateurs couvrent les quatre dimensions essentielles, à savoir la dimension service, gestion des stocks, délais et la qualité qui sont présentés dans le tableau 3.2 . [Estampe, 2015, Lasnier, 2004b, Fournier and Menard, 2014, Liu et al., 2018, Koponen, 2020]

Indicateurs	Dimensions	Définition & Contribution	Formule
Taux de Disponibilité	Gestion des stocks	C'est une mesure qui indique la capacité d'un système à fournir les produits ou les matériaux requis, au bon endroit et au bon moment. Il est généralement exprimé en pourcentage.	$(\text{Quantité disponible} / \text{Quantité requise}) * 100$
Taux de service	service	Cet indicateur mesure la capacité d'entreprise à répondre aux demandes des clients ou des utilisateurs dans les délais impartis. Il peut être utilisé pour évaluer la satisfaction client, la qualité de service et la capacité à tenir les promesses.	$(\text{les commandes livrées (période)} / \text{les commande totales (période)}) * 100.$
Taux de rotation de stocks	Gestion des stocks	La rotation des stocks est la fréquence à laquelle les stocks sont renouvelés. Il constitue un indicateur de la qualité de gestion des approvisionnements, des stocks et des pratiques achats et surtout des prévisions qui les déterminent. Son calcul permet d'avoir des indications pour une gestion optimale des stocks, ce KPI mesure la vitesse à laquelle les produits ou services sont vendus ou utilisés	$\text{Sortie stock des 12 derniers mois} // \text{Stock Moyen de la période ( l'année )}$

Taux de non conformité	Qualité	Il représente la non-satisfaction d'une exigence contractuelle pour un article fourni et Le calcul de cet indicateur permet d'identifier les familles d'articles non conformes qualitativement et quantitativement et qui sont récurrents	Articles réceptionnés en non-conformité (qualitativement et/ou quantitativement) / Article réceptionnés.
Taux de commandes en retard	Délai	Ce kpi correspond au nombre de commandes reçues en retard par rapport aux commandes prévues dans le mois considéré. Il permettra à l'Entreprise d'identifier les fournisseurs qui cause des retards dans leur livraisons et de classer les catégories d'articles qui dépassent la durée de livraison prévue contractuellement	(commandes en retard dont la réception est prévue dans le mois en cours par rapport au planning contractuel) / commandes réceptionnées ou prévues dans le mois en cours
Les dépenses d'approvisionnement	Qualité	Les coûts liés à l'approvisionnement se trouvent en différentes formes telles que l'achat de matières premières, de fournitures et de produits finis, ainsi que les frais de transport, de stockage, de gestion des stocks et d'administration associés à la gestion des flux de produits.	Il n'existe pas une formule standard mais généralement c'est la somme des différents coûts liés à l'approvisionnement

TABLE 3.2 – Les différents KPIs choisis

### 3.6 Conclusion

Grâce à notre stage au sein de l'entreprise, nous avons réalisé une étude approfondie de la situation actuelle dans la direction d'approvisionnement et de transport. Cette analyse nous a permis d'identifier précisément les problèmes auxquels cette direction est confrontée.

Pour résoudre ces problèmes, nous proposons la conception et la mise en place d'un tableau de bord dédié au processus d'approvisionnement. Ce dernier permettra au responsable de piloter efficacement l'organisation en fournissant une vue d'ensemble, en identifiant les tendances, en analysant les écarts et en responsabilisant tous les acteurs autour d'objectifs clairs.

De plus, nous proposons également le développement d'une application basée sur l'apprentissage automatique (machine learning) pour la prédiction des délais d'achat. L'objectif est de minimiser les coûts liés à l'approvisionnement en anticipant les délais avec précision.

Dans le prochain chapitre, nous détaillerons la mise en œuvre concrète de ces tableaux de bord ainsi que l'implémentation des prédictions des délais d'achat en utilisant des techniques avancées d'apprentissage automatique.

# Chapitre 4

## Implémentation de la solution

### 4.1 Introduction

Après avoir défini les outils nécessaires pour résoudre notre problématique et décrit en détail le processus d’approvisionnement et de transport au sein de SONATRACH, nous allons maintenant présenter notre approche de solution. Nous commencerons par formuler le problème du point de vue business lors de la phase de compréhension des métiers. Ensuite, nous établirons le tableau de bord du département et le mettrons en œuvre avec l’outil Power BI, en passant par sa conception avec les diagrammes UML qui présentent les différentes fonctionnalités, les interactions et les acteurs de notre système. Ensuite, nous aborderons l’estimation des délais d’achat en préparant les données pour les utiliser dans les modèles de Machine Learning. Enfin, nous déploierons notre solution.

### 4.2 Compréhension des métiers

Avant d’entamer la partie technique de notre solution, il est essentiel d’aborder la problématique sous un angle business en explorant les différents processus et en les analysant.

### **4.2.1 Modélisation du processus d'approvisionnement et de transport**

Pour mieux comprendre l'interaction entre les parties prenantes impliquées dans le processus d'approvisionnement, nous avons choisi d'utiliser la notation Business Process Model and Notation (BPMN) 2.0. Cette norme ouverte et standardisée repose sur une technique de représentation en diagramme, largement utilisée dans la gestion des processus commerciaux. Elle permet de modéliser de manière claire et compréhensible les processus, tant pour les utilisateurs métier que pour les utilisateurs techniques qui doivent mettre en œuvre des processus complexes ( <https://www.bpmn.org> ) Dans le cadre de notre problématique portant dans la DAT, notre modélisation se focalise sur les différentes activités réalisées au sein de ce département.

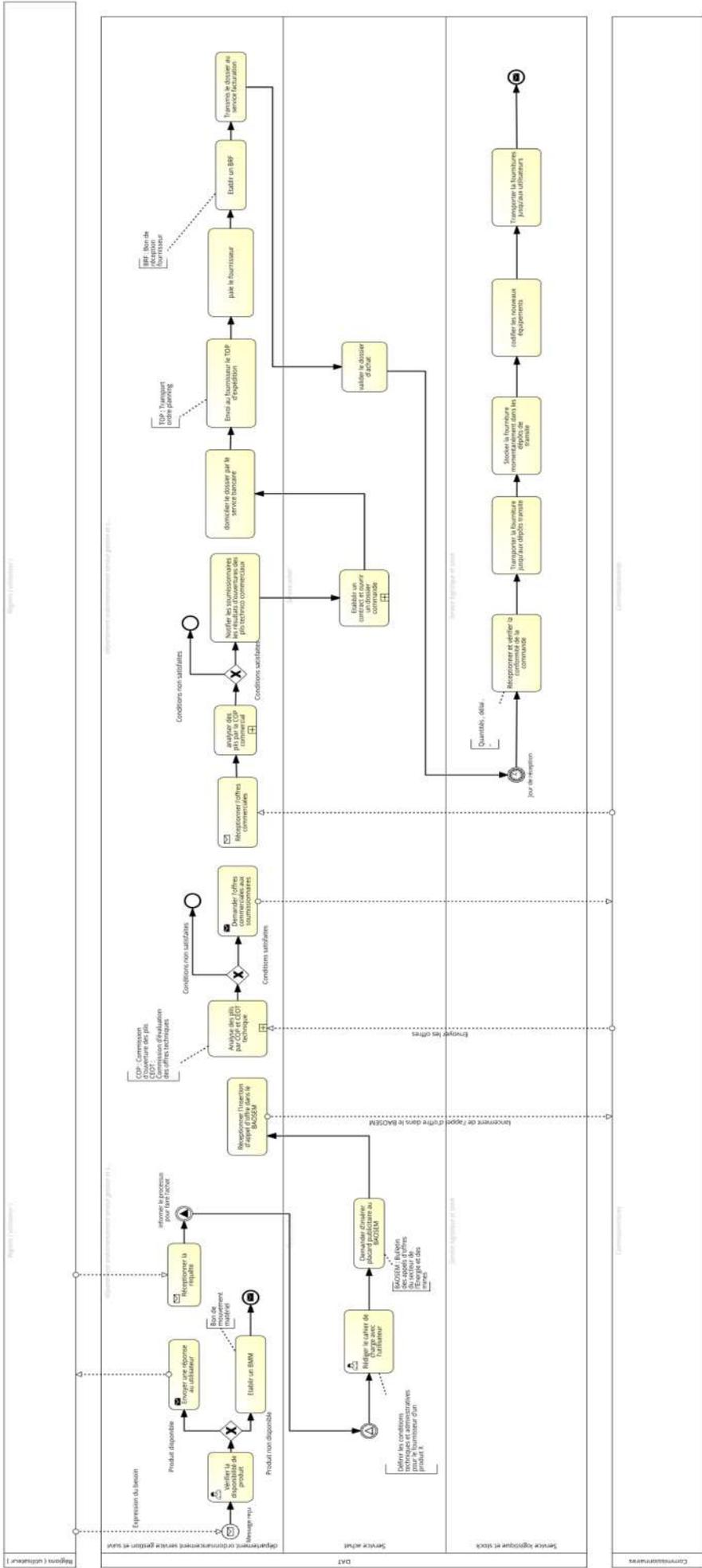


FIGURE 4.1 – BPMN de processus d'approvisionnement

## 4.2.2 Analyse de processus

Après avoir analysé le processus et rencontré des experts, nous avons identifié trois exigences essentielles. La première concerne la méthode de choix du fournisseur, qui repose sur le critère du prix le plus bas. La deuxième exigence concerne le garant de la transaction entre l'entreprise et le fournisseur, qui est la banque. Cette exigence implique que le fournisseur doit envoyer un bon de commande par le biais du canal bancaire afin de justifier la domiciliation de la somme nécessaire pour la quantité de produits achetés par l'entreprise. Enfin, la dernière exigence concerne la convention conclue avec les fournisseurs. Cette convention comprend une clause stipulant qu'une caution de 10% du montant total est retenue par l'entreprise pour couvrir les frais supplémentaires résultant d'un retard ou d'un dépassement de délai de la part du fournisseur.

Donc, dans le but de mieux faciliter la compréhension du processus et suivre la performance de chaque partie prenante, nous avons décidé de mettre en place un tableau de bord Power BI. Notre première étape a été de clarifier l'objectif de notre tableau de bord, ce qui nous a permis d'identifier les dimensions d'analyse pertinentes ainsi que les sources potentielles de données. Le but de tableau de bord est d'analyser :

- Le taux de rotation de stock et sa variation mensuelle .
- La taux de commande en retard et sa variation dans une période donnée.
- Le taux de service et sa variation .
- Le taux de disponibilité .
- La taux de non-conformité .
- Le nombre de commandes .
- La classification ABC des produits selon leur prix totales
- Les coûts d'expéditions et d'acquisition

Ces analyses seront agrégées en mois, trimestre et année. => Passons maintenant aux sources de données disponibles :

- **L'ERP GO LIVE** : Le passage au go-live a permis d'améliorer la collaboration entre les départements et les acteurs de l'entreprise en favorisant le partage d'informations et une communication transparente. Cependant, lors de la migration vers le go-live l'année dernière, il a été constaté que les données n'étaient pas suffisamment fiables pour être utilisées efficacement.

- **Documentations :**

- BAOSEM : société spécialisée dans l'édition et la publication des appels d'offres du secteur de l'énergie .
- Les Contrats .
- Les requêtes d'achats .
- Les bons de mouvements matériels .
- Bon de réception fournisseurs . Donc pour une meilleure analyse de nos données, nous avons opté pour l'utilisation des documentations chargées sous forme de fichiers Excel . Une fois nos sources de données identifiées, nous entamons la création du tableau de bord à l'aide de Power BI. Nous commençons par une étude conceptuelle du tableau de bord de performance du département d'approvisionnement et de transport (DAT), suivie du traitement et de la manipulation des données. Ensuite, nous procédons au calcul des mesures nécessaires pour nos visualisations.

### **4.3 La conception de tableau de bord tactique**

Au cours de cette section, nous allons explorer l'étude conceptuelle du tableau de bord de performance du département, en réalisant notamment le diagramme de cas d'utilisation et le diagramme de classe. Par la suite, nous procéderons à la création effective du tableau de bord.

#### **4.3.1 Diagramme de cas d'utilisation**

Le diagramme de cas d'utilisation dans UML joue un rôle clé dans l'identification des interactions entre un système et ses acteurs, permettant ainsi de définir les fonctionnalités que le système doit fournir. Les cas d'utilisation représentent les différentes actions que les acteurs peuvent effectuer dans le système. Ces cas d'utilisation sont ensuite utilisés comme base pour la modélisation et la conception du système à l'aide d'UML.

UML (Unified Modeling Language), quant à lui, est un langage de modélisation visuel qui fournit une notation graphique standardisée pour représenter les différents aspects d'un système logiciel. Il permet de spécifier, visualiser, concevoir et documenter les différentes parties du système, telles que les classes, les objets, les relations, les états, les activités, les composants, les cas d'utilisation, etc. Donc les diagrammes de cas d'utilisation font partie intégrante de UML et sont souvent utilisés pour représenter les interactions entre les acteurs et le système, en mettant l'accent sur les fonctionnalités attendues.

Dans notre diagramme de cas d'utilisation, nous avons identifié deux acteurs et les actions qu'ils effectuent dans le tableau de bord, comme illustré dans la figure ci-dessous :

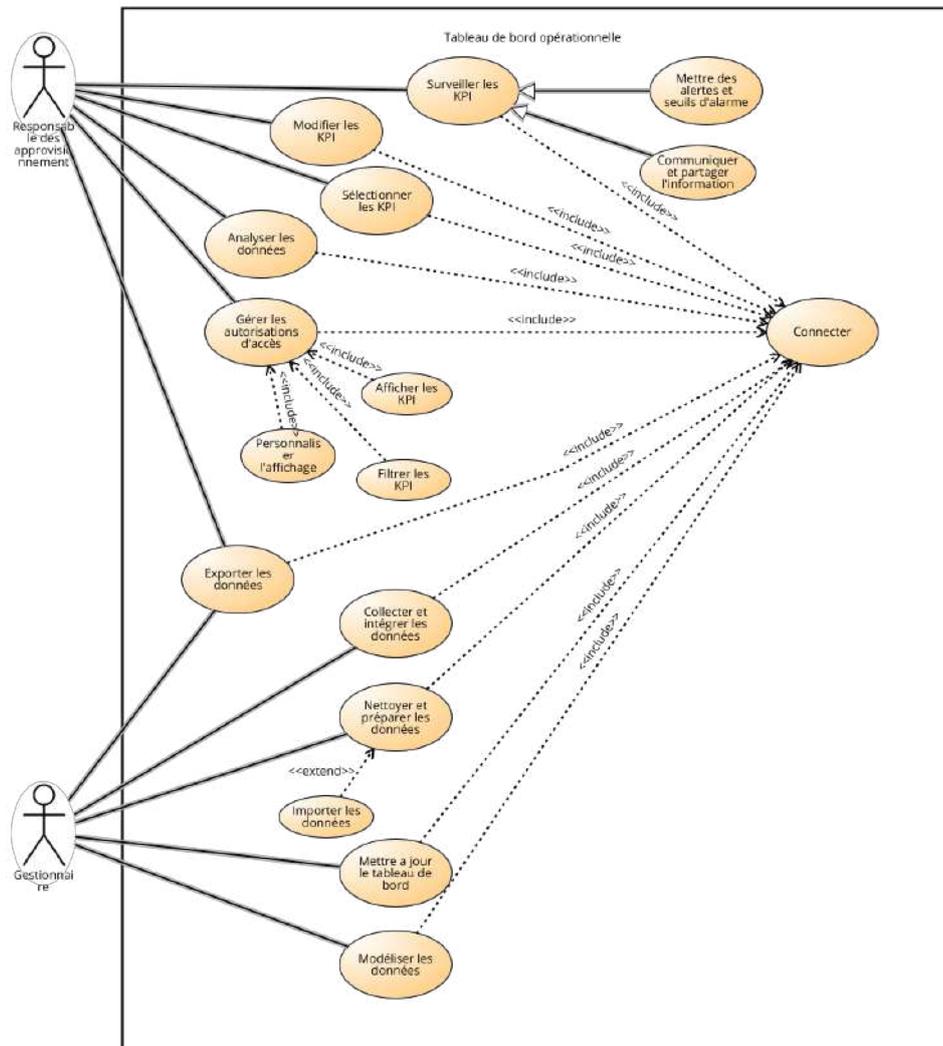


FIGURE 4.2 – diagramme de cas d'utilisation

### 4.3.2 Diagramme de classe

Le diagramme de classe est une représentation statique du système, mettant en évidence la structure interne et les relations entre ses composants. Il offre une vision abstraite des objets du système et de leurs interactions pour réaliser les fonctionnalités définies dans les cas d'utilisation. Les éléments principaux du diagramme de classe incluent les classes, qui décrivent formellement un groupe d'objets partageant des propriétés et une sémantique commune, les attributs qui représentent les caractéristiques partagées par les objets de la classe, et les opérations qui définissent les actions que la classe peut réaliser.

Dans notre diagramme de classe, nous établissons des liens entre les classes au fur et à mesure, conformément aux règles et conventions du formalisme du diagramme de classe comme ci-dessous :

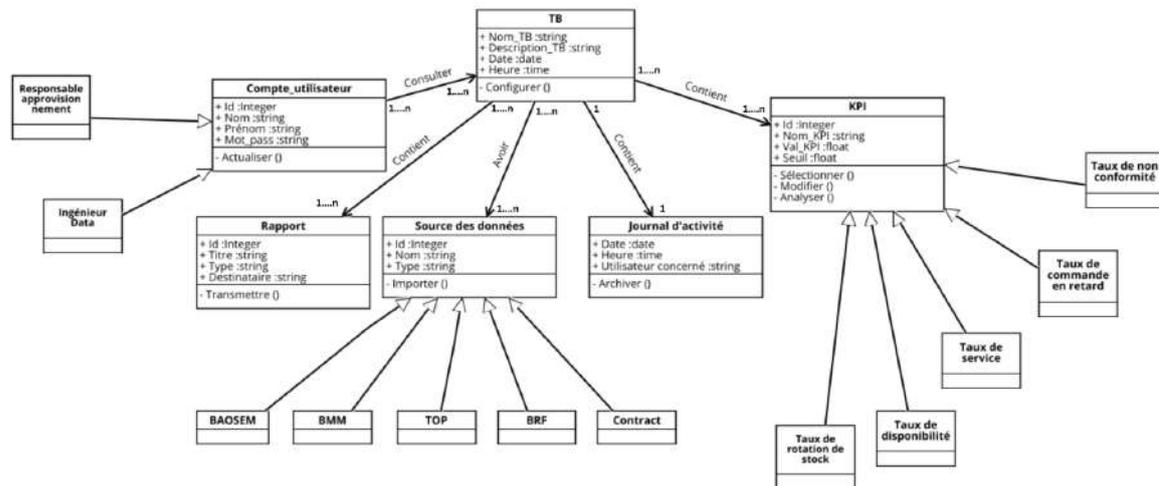


FIGURE 4.3 – diagramme de classe

### 4.3.3 Implémentation du tableau de bord

Le tableau du bord d’approvisionnement qui sera implémenté au sein de la DAT de SONA-TRACH , destiné à la supervision de processus et qui sera un support d’aide à la décision pour le responsable d’approvisionnement et transport est réalisé à travers logiciel powerbi qui est une solution décisionnelle éditée par Microsoft. Cet outil s’appuie sur le Cloud Microsoft. Power BI est basé sur le jeu des données, cette solution est composée de plusieurs applications et services permettant de créer et partager des aperçus et des visualisations métier. Notre rapport Power BI est doté de plusieurs filtres par rapport au fournisseur , produit en stock , classe de produit , devise commande , date de commande et la date d’exécution de stock . Le rapport est constitué d’une seule page qui englobe les différents indicateurs clés de performance .



FIGURE 4.4 – DASHBOARD Gestion des approvisionnements et des stocks

**Taux de service et taux de disponibilité** Nous pouvons observer dans la figure 22 que le taux de disponibilité et le taux de service atteignent tous les deux 100%, ce qui témoigne d'une performance optimale. Cela signifie que la quantité de produits en stock est suffisante pour répondre à la demande, éliminant ainsi tout risque de rupture de stock. De plus, un taux de service de 100% indique que la quantité de produits fournis correspond exactement à celle demandée par les utilisateurs, cela indique une performance optimale en termes de satisfaction des besoins et attentes des parties prenantes.

**Taux de rotation de stock** On peut observer que le taux est égal à 19.52 en 2022 cela signifie que ce stock tourne 19.52 fois jusqu'à une certaine limite, cela indique une gestion active des stocks, où les produits sont vendus et remplacés fréquemment. Un taux de rotation élevé suggère une bonne gestion des niveaux de stock tout en assurant un flux constant de produits dans l'entreprise.

**Taux de non-conformité :** On peut constater que le taux de non-conformité égale à 1.01% en 2022 cela signifie que seulement 1,01% des produits ne répondent pas aux normes ou aux critères de qualité requis. Cela indique un niveau de non-conformité relativement faible, ce qui est positif en termes de qualité des produits. Cela suggère que la grande majorité des produits sont conformes aux spécifications et aux attentes.

**Classification ABC des produits :** Cette classification des produits a pour but de classer les produits en fonction de leur valeur économique. Elle est basée sur le principe de Pareto (20/80)

- Classe A : Les produits de la catégorie A représentent une part importante du prix total (80%) Ces produits sont considérés comme les plus stratégiques et à forte valeur ajoutée pour l'entreprise
- Classe B : Les produits de la catégorie B représentent une part intermédiaire du prix total, dans notre cas 15%, Ils ont une importance significative mais moins critique que les produits de la catégorie A.
- Classe C : Les produits de la catégorie C représentent la part restante du prix total, (5%) . Ils ont une valeur économique relativement faible pour l'entreprise. Cela ne signifie pas qu'ils sont insignifiants, mais plutôt qu'ils nécessitent une gestion plus simple et moins de ressources en comparaison des catégories A et B.

**Taux de commandes en retard :** Le taux de commande en retard en 2022 atteint 91%, cela indique que la majorité des commandes ne sont pas livrées dans les délais prévus. Une valeur de 91% suggère un niveau élevé de retards dans le traitement et la livraison des commandes. Cela peut être dû à divers facteurs tels que des problèmes logistiques, des retards dans la production ou des contraintes opérationnelles. Une telle situation peut entraîner une insatisfaction des utilisateurs, des retards dans les projets et une baisse de la confiance dans la capacité de l'entreprise à respecter les délais.

## **4.4 La Prédiction des délais d'achat**

Dans notre contexte, nous avons constaté un taux de commande en retard d'environ 91%, ce qui signifie qu'une proportion importante des commandes n'a pas été livrée à temps. Cela peut avoir un impact négatif sur la satisfaction des clients. Pour résoudre ce problème, nous avons utilisé des techniques de machine learning pour prédire les délais d'achat qui représente dans l'entreprise le temps qui s'écoule entre la décision d'achat d'un produit ou d'un service et la réception effective de celui-ci. Pour ce faire, on doit passer par trois étapes, notamment la compréhension et la préparation des données, ainsi que la modélisation.

### **4.4.1 Compréhension des données**

Après avoir opté pour l'utilisation des fichiers Excel comme sources de données, nous avons constaté qu'ils sont plus complets et sont fréquemment remplis par les employés du département d'approvisionnement. La base de données collectée sur une période de cinq ans comprend deux tables essentielles, "ENTETE\_COMMANDE" et "LIGNE\_COMMANDE", qui ont été fusionnées pour faciliter l'analyse. L'entête de commande contient des informations générales sur la commande, tandis que la ligne de commande contient des informations spécifiques sur les articles commandés. Ces données, qui comprennent environ 40 000 instances avant le pré-traitement contiennent des informations telles que le mode et le lieu de livraison, la date de commande, l'agent et le suivi d'affaires, les détails sur le fournisseur, la quantité de produit, les conditions de paiement, l'unité de mesure, ainsi que des informations sur les différents coûts de livraison tels que le transport et l'emballage.

## Analyse statistique des données :

Une fois les données collectées, nous procédons maintenant à une analyse statistique pour tirer des relations et des informations utiles de nos données. La première étape consiste à examiner les données manquantes dans notre jeu de données. Grâce à la bibliothèque Pandas, nous pouvons calculer le pourcentage de valeurs manquantes dans chaque colonne sélectionnée. Comme le montre la Figure 4.5, certaines colonnes telles que "CMD\_TYPELIVR", "CMD\_SUIVI" et "LCMD\_DESIGN", ne contiennent aucune valeur manquante, tandis que d'autres colonnes présentent un taux d'environ 20% de valeurs manquantes. Étant donné l'importance de la colonne de date, nous avons décidé de supprimer toutes les lignes qui ont une valeur manquante dans cette colonne. En effet, il est impossible de calculer les délais sans disposer de toutes les dates pour chaque livraison.

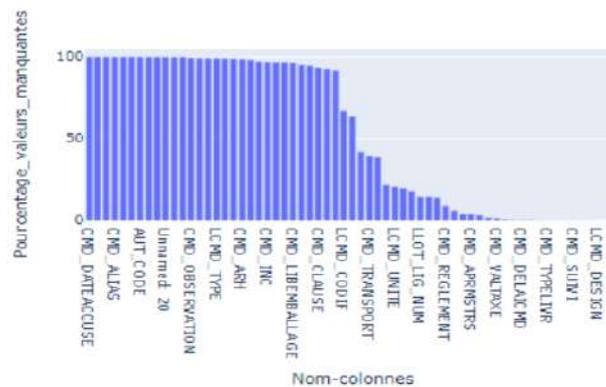


FIGURE 4.5 – Pourcentage des valeurs manquantes

## Distribution des données :

Nous procédons maintenant à la visualisation de la distribution empirique de certaines colonnes afin de mieux comprendre la nature des commandes .

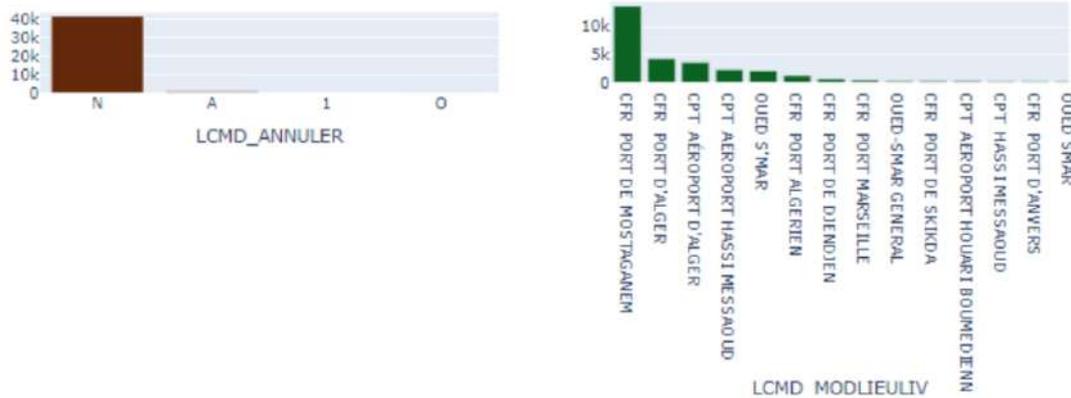


FIGURE 4.6 – Distribution des commandes annuler et mode lieu de livraison

L'analyse de la figure 4.6 montre que la grande majorité, soit 99%, des lignes de commandes ne sont pas annulées. De plus, la plupart des lieux de livraison des lignes de commandes sont situés aux ports de Mostaganem et d'Alger, ainsi qu'à l'aéroport d'Alger.

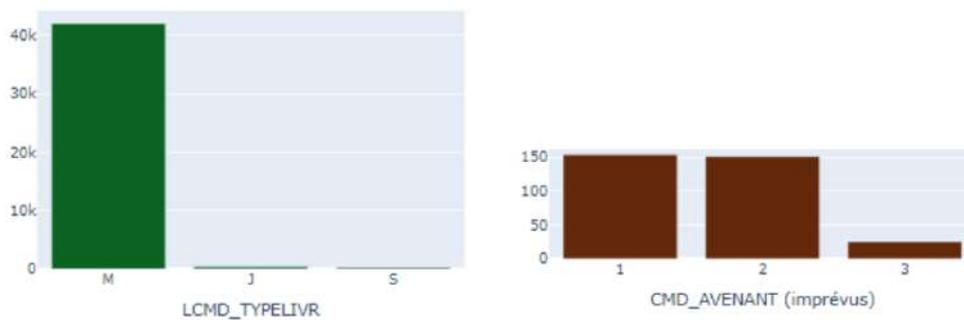


FIGURE 4.7 – Distribution des type de livraison et des imprévus

Selon la figure 4.7 , presque toutes les livraisons sont en "Mois", ce qui implique la nécessité de convertir les autres en même type. De plus, on peut observer la présence de trois types d'avenants, mais avec un nombre limité de commandes associées.

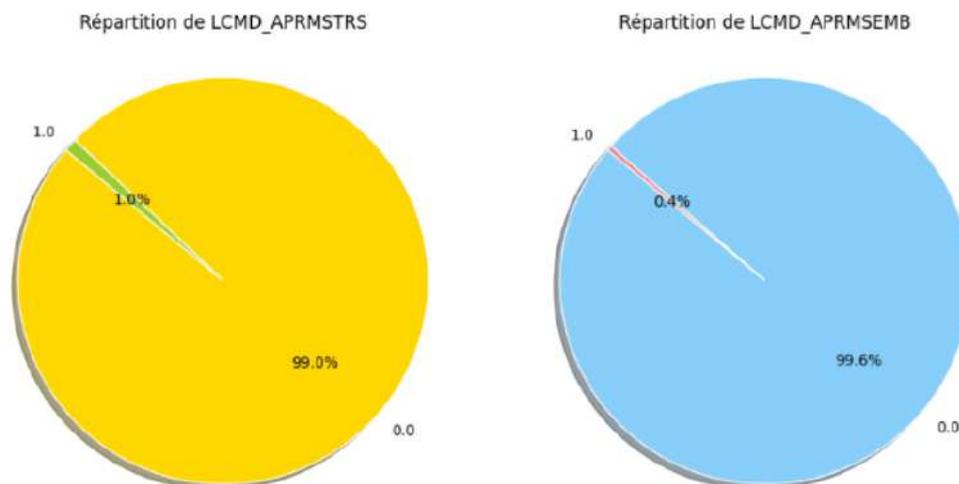


FIGURE 4.8 – Répartition des réductions des coûts de transport et coûts d'emballage

En observant la figure 4.8 , il est notable que 99% des lignes de commandes ne bénéficient pas de remises sur les coûts d'emballage (à droite) et de transport (à gauche). Dans la figure 27, nous



FIGURE 4.9 – Distribution des délais d'achat

observons la présence de quelques valeurs aberrantes dans la boîte à moustaches (à gauche) pour le délai de livraison, atteignant jusqu'à 53 mois. Ces valeurs aberrantes doivent être supprimées afin d'obtenir des valeurs plus précises et fiables. De plus, dans la figure de droite, nous pouvons voir la distribution des délais, qui semble suivre une distribution normale. Cependant, il existe une légère asymétrie vers la droite, bien que cette asymétrie puisse être considérée négligeable compte tenu de la concentration des valeurs.

### Analyse des effets :

Afin de déterminer les variables catégoriques qui influencent la variabilité des délais, nous avons opté pour la méthode ANOVA de Kruskal-Wallis. Cette décision a été prise en raison du fait que l'ANOVA classique ne satisfait pas entièrement les conditions requises, telles que la normalité et l'homoscédasticité (voir annexe). En choisissant la méthode ANOVA de Kruskal-

Wallis, nous pouvons effectuer une analyse appropriée pour identifier les variables ayant un impact significatif sur les délais. La Table 4.1 fournit des informations sur les variables qui ont la plus grande influence sur les délais d'achat. Cette évaluation est basée sur le calcul de l'indice  $\eta^2$ , qui utilise la statistique  $H$  obtenue à partir du test. L'indice  $\eta^2$  représente le niveau d'influence d'une dimension sur les délais d'achat.

Les features	$\eta^2$
CMD_SUIVI	0.995698
CMD_REGLEMENT	0.994409
CMD_PAI_TYPE	0.988154
CMD_MODLIEULIV	0.976364
FOU_CODE	0.955445

TABLE 4.1 – L'effet  $\eta^2$  sur les variables catégoriques

#### 4.4.2 Préparation des données

Après une analyse approfondie des données, nous passons maintenant à la préparation et au nettoyage des données en vue de les utiliser dans les modèles de Machine Learning. La préparation des données se déroule en deux étapes distinctes :

**Sélection des colonnes :** nous devons choisir les colonnes à faire passer à notre modèle, les dimensions sélectionnées sont :

Les features	Les descriptions
AOF_OFF_NUM	Offer number
LCMD_UNITE	Measurement Unit
LCMD_QUANTITE	Quantity assigned from the order item to the requests
FOU_CODE	Supplier code
CTR_NUM	Contract number
CMD_SUIVI	Agent in charge of the follow-up of the case
CMD_REGLEMENT	Regulation of the order
CMD_MODLIEULIV	Method and place of delivery
CMD_MONNAIE	Currency code
CMD_PAI_TYPE	Payment type code
CMD_ANNULER	Cancel an Order
LOT_NUM	Lot number
LCMD_PRIX_UNIT	Unit price of the order item
CMD_DATE	Order date
CMD_DELAICHAT	Lead time of purchase
CMD_EMBALLAGE	Packaging cost
CMD_TRANSPORT	transport cost
CMD_AVENANT	AVENANT number
CMD_ADIRECT	Direct Purchase
CMD_APRMSTRS	Apply the discount on Transport Cost
CMD_APRMSEMB	Apply discount on Packing cost

TABLE 4.2 – Les features sélectionnées

**1. Nettoyage des données :** Cette étape vise à effectuer la transformation et le nettoyage des données, en suivant plusieurs phases :

- Conversion des délais en une seule TYPELIVR ( mois ) .
- suppression des valeurs aberrantes .
- Remplissage des valeurs manquantes par des moyennes et des médianes .
- Conversion des dates en type FLOAT .
- La transformation des données catégoriques au numérique .
- La standardisation des données
- La réduction des dimensionnalités des données ( PCA )

### 4.4.3 Modélisation

Dans cette section, nous développons et évaluons huit modèles de régression pour estimer les délais d'achat. Les modèles sélectionnés sont les suivants : KNN, LGBM, DTR, CR, MLP, DNN, SVR et RFR. Nous avons choisi ces modèles après avoir effectué une recherche dans le cadre du MFE.

**Métriques d'erreur :** nous avons évalué les performances des modèles en comparant leurs prédictions avec les retards observés dans l'ensemble de test en utilisant deux mesures d'erreur différentes : l'erreur moyenne absolue MAE et le coefficient de détermination  $R^2$ . Le coefficient de détermination  $R^2$  mesure la proportion de la variance totale des données expliquée par le modèle de régression. Il indique à quel point les valeurs prédites du modèle correspondent aux valeurs réelles, et une valeur proche de 1 indique un ajustement très précis du modèle aux données tandis que l'erreur moyenne absolue MAE est facile à interpréter, car elle est dotée de la même unité des délais d'achats (mois)

**Estimation des délais :** Nous allons commencer par l'entraînement des modèles à travers l'utilisation de la méthode Randomized Search CV, qui sélectionne aléatoirement les valeurs des hyperparamètres à être testé dans une plage définie pour chaque hyperparamètre, puis teste chaque combinaison aléatoire de valeurs des hyperparamètres pour trouver la meilleure combinaison qui fonctionne pour l'ensemble de données et le modèle choisis. Donc on a arriver a choisir deux meilleur modèles à savoir KNN et MLP avec les résultats présentés dans le tableau 5 .

Algorithmes / Metriques	KNN	MLP
MAE	0.13	0.26
R <sup>2</sup>	0.96	0.98

TABLE 4.3 – les algorithmes avec leur metrics

Il est important de noter que certains modèles peuvent afficher de bonnes performances mais souffrent de surajustement, ce qui signifie qu'ils mémorisent les données d'apprentissage plutôt que de les généraliser à de nouvelles données. Le surajustement peut se produire lorsque le modèle est trop complexe par rapport à la quantité et à la qualité des données d'apprentissage, ou lorsqu'il est trop entraîné. Afin de remédier à ce problème, une régularisation et une cross validation avec 5 folds ont été ajoutés aux modèles pour réduire l'importance des poids dans la fonction de coût, favorisant ainsi des coefficients plus petits et plus réguliers (voir annexe). **Estimation du coût de stockage :** Maintenant qu'on a estimé les délais d'achat, nous allons à présent s'intéresser à l'estimation des coûts. Ce coût est engendré par le stockage des marchandises dans les entrepôts, il est facile de l'estimer, car on a déjà le prix unitaire par jour dans les différents entrepôts et comme on a déjà estimé le délai, le coût total serait donc :

$$C_{st} = C_{su} \cdot Q \cdot |D_{\text{planifié}} - D_{\text{réel}}|$$

$C_{st}$  : Coût total de stockage supplémentaire

$C_{su}$  : Coût de stockage unitaire

$Q$  : Quantité arrivée hors délai (avant ou après)

#### 4.4.4 Déploiement de la solution

Dans cette section, nous allons présenter la méthodologie de déploiement l'un des modèles entraînés précédemment pour qu'il soit utilisables par le responsable. D'abord nous allons dé-

ployer les modèles entraînés, ensuite nous allons développer un chat bot qui servira comme interface entre le responsable de l'entreprise et notre système

**Déploiement des modèles et mise en place des systèmes d'estimation :** Après avoir entraîné et choisi le modèle (KNN), nous allons le convertir en un fichier Pickle portant l'extension ".pkl". Ce format de fichier permettra de charger le modèle dans d'autres programmes ou systèmes ultérieurement. Maintenant que nous avons exporté le modèle d'estimation dans un format utilisable, nous pouvons mettre en place le système complet. Ce système prend en entrée une donnée, effectue les transformations nécessaires, calcule les délais estimés, et propose les scénarios présentant les délais et coûts les plus faibles. Le diagramme présenté dans la figure 4.10 illustre le fonctionnement global du système

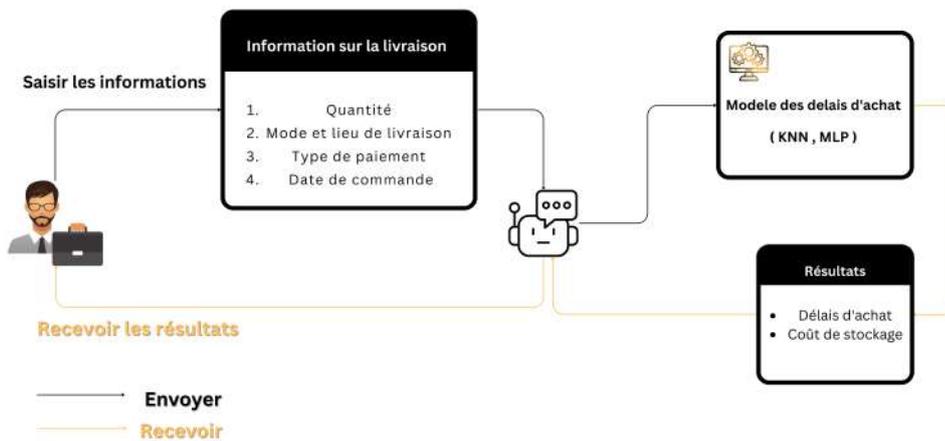


FIGURE 4.10 – le fonctionnement global du système

**Implémentation de l'interface de chatbot :** Nous allons maintenant créer une interface interactive sous la forme d'un Chat-bot. Cette interface permettra à l'utilisateur de fournir des informations sur la livraison des produits. Ces informations seront ensuite envoyées au système d'estimation. À la fin du processus, le Chat-bot affichera les délais et le coût de stockage estimés. Cette application a été développée en utilisant Python et la bibliothèque Streamlit (voir annexe) pour faciliter l'interaction avec l'utilisateur.

## Assistant de prédiction du délai d'achat

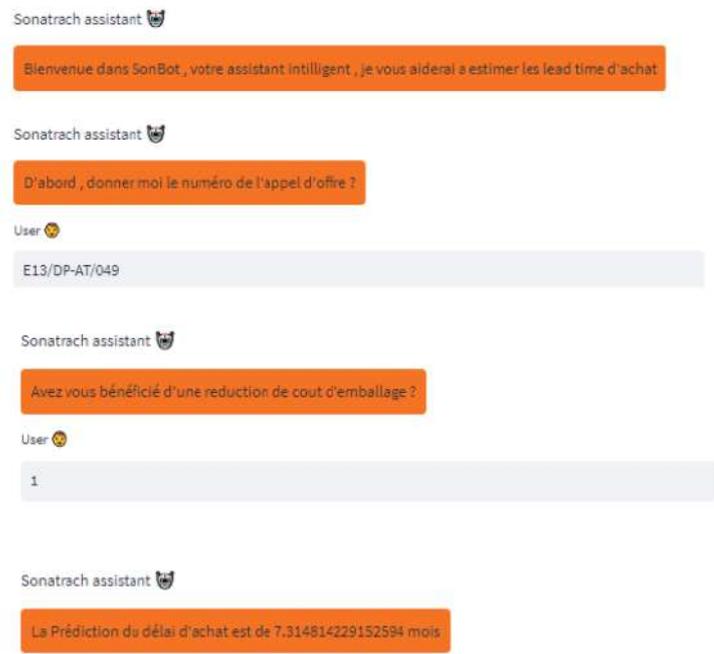


FIGURE 4.11 – Capture de la prédiction de délai

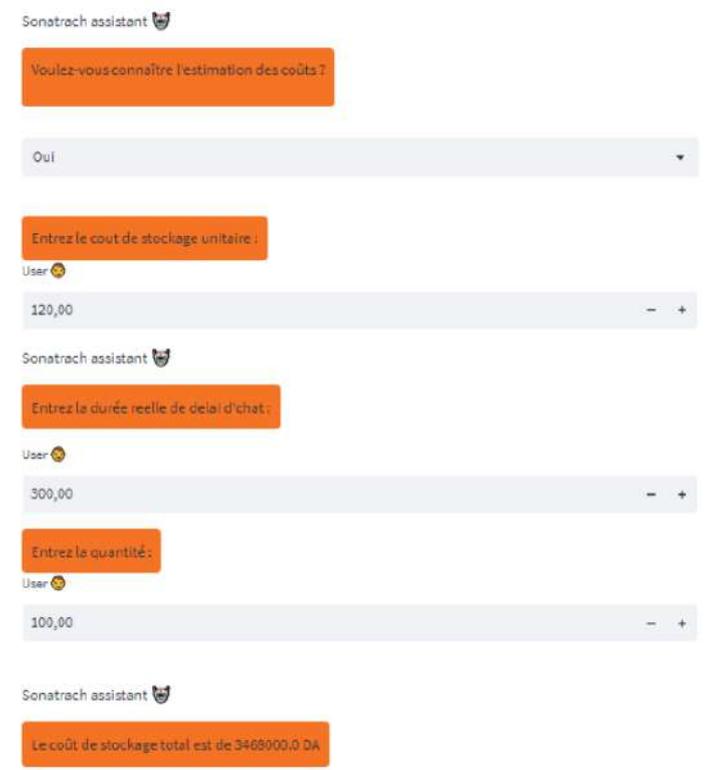


FIGURE 4.12 – Capture de l'estimation des couts de stockage

## 4.5 Conclusion

Dans cette section, nous avons identifié les indicateurs de performance essentiels qui guident les décisions du responsable du service d'approvisionnement. Nous avons présenté une vue d'ensemble de notre application en utilisant le langage UML et en illustrant différents diagrammes. Ensuite, nous avons mis en œuvre notre application à travers l'outil PowerBI pour le tableau de bord, ainsi qu'un Chatbot pour l'estimation des délais. Ces résultats joueront un rôle crucial pour permettre au département d'approvisionnement de Sonatrach d'optimiser la planification de leurs commandes en termes de délais et de coûts.

# Conclusion générale

À l'heure actuelle de la mondialisation, l'analyse des données joue un rôle crucial dans l'optimisation des processus d'approvisionnement. L'utilisation des techniques d'analyse des données permet aux entreprises de prendre des décisions plus éclairées et d'améliorer leur efficacité opérationnelle.

Dans ce contexte, nous avons conçu et développé un système de pilotage tactique visant à mesurer la performance des processus d'approvisionnement selon différentes dimensions telles que le service, la qualité, la gestion des stocks et les délais. De plus, nous avons estimé les délais d'achats afin d'évaluer les coûts liés au stockage.

La méthodologie de conception du tableau de bord de performance a suggéré de déterminer d'abord la vision et les objectifs du département. Pour ce faire, nous avons réalisé une analyse à l'aide d'outils de diagnostic appropriés, permettant d'identifier les anomalies du système et de les traduire en objectifs concrets. Ensuite, nous avons mis en place le tableau de bord en utilisant le logiciel Power BI.

Une fois le tableau de bord mis en place, nous avons entamé l'estimation des délais d'achat à travers le machine learning en suivant plusieurs étapes, telles que la compréhension des données et leur préparation. Ensuite, nous avons procédé à la modélisation en testant différents modèles de machine learning.

Après avoir estimé les délais d'achat, nous avons déployé notre solution sous la forme d'un Chat-Bot afin de faciliter l'utilisation des modèles par les spécialistes. Cette solution leur permet d'obtenir des informations sur les coûts et les délais liés au processus d'approvisionnement.

En ce qui concerne les perspectives de notre travail, nous recommandons d'ajouter d'autres indicateurs de performance tels que la variance des prix d'achat et le taux de rendement global. De plus, nous proposons d'estimer d'autres délais tels que les délais de dédouanement. Il est également recommandé d'améliorer la précision des estimations en utilisant d'autres modèles et techniques d'optimisation tels que les algorithmes génétiques et l'apprentissage par renforce-

ment. Enfin, nous soulignons l'importance de choisir des données pertinentes et de réduire les dimensions (features) pour faciliter la tâche des employés en saisissant un minimum de données nécessaires.

# Bibliographie

- [AFNOR, 1992] AFNOR (1992). Qualité et management - diagnostic qualité. Norme française. Référence : X50-170.
- [Alnahhal et al., 2021] Alnahhal, M., Ahrens, D., and Salah, B. (2021). Dynamic lead-time forecasting using machine learning in a make-to-order supply chain. *Applied Sciences*, 11(21) :10105.
- [Association for Supply Chain Management, 2023] Association for Supply Chain Management (2023). Ascm dictionary.
- [Bianchini et al., 2019] Bianchini, A., Benci, A., Pellegrini, M., and Rossi, J. (2019). Supply chain redesign for lead-time reduction through kraljic purchasing portfolio and ahp integration. *Benchmarking : An International Journal*, 26(4) :1194–1209.
- [Cartelis, tion] Cartelis (date de publication). Architecture d'un data warehouse.
- [Cooper and Ellram, 1993] Cooper, M. C. and Ellram, L. M. (1993). Characteristics of supply chain management and the implications for purchasing and logistics strategy. *The international journal of logistics management*, 4(2) :13–24.
- [de Oliveira et al., 2021] de Oliveira, M. B., Zucchi, G., Lippi, M., Cordeiro, D. F., da Silva, N. R., Iori, M., et al. (2021). Lead time forecasting with machine learning techniques for a pharmaceutical supply chain. In *ICEIS (1)*, pages 634–641.
- [Delmond et al., ] Delmond, M.-H., Giraud, F., Saulpic, O., Naulleau, G., and Bescos, P.-L. *Contrôle de gestion et pilotage de la performance*.
- [Djatit and Taleb, 2020] Djatit, F. and Taleb, R. (2020). La gestion de la chaîne logistique. Cas : Carrosserie DBK, Tizi-Ouzou. Disponible sur <http://www.ummo.dz>.
- [Encyclopædia Britannica, 2023] Encyclopædia Britannica (Accessed 13.06.2023). Information system - computer software.
- [Essaid, 2008] Essaid, M. (2008). *Modélisation et simulation de la connectivité des flux logistiques dans les réseaux manufacturiers*. PhD thesis, Ecole Nationale Supérieure des Mines de Saint-Etienne.
- [Estampe, 2015] Estampe, D. (2015). *Performance de la supply chain et modèles d'évaluation*. Iste.

- [Etudier.com, ] Etudier.com. Pétrole et gaz naturel.
- [Etudier.com, 2023] Etudier.com (2023). Pétrole et gaz naturel. <https://www.etudier.com/dissertations/Petrole-Et-Gaz-Naturel/311762.html>. Consulté le 13 mai 2023.
- [Fantini and Gavand, 2015] Fantini, S. and Gavand, F. (2015). *Business intelligence avec SQL Server 2014*. Expert It. Eni Editions, 1 edition.
- [Formations IMT Atlantique, 2023] Formations IMT Atlantique (2023). Tableaux de bord de conception. [https://formations.imt-atlantique.fr/bi/bi\\_tableaux\\_de\\_bord\\_conception.html](https://formations.imt-atlantique.fr/bi/bi_tableaux_de_bord_conception.html). Consulté le 19 Avril 2023.
- [Fournier and Menard, 2014] Fournier, P. and Menard, J.-P. (2014). *Gestion de l'approvisionnement et des stocks (4e édition)*. GAETAN MORIN.
- [Glossary, 2019] Glossary, S. F. (2019). University at buffalo. Accessed : 08-05-2023.
- [Heavy.ai, 2023] Heavy.ai (2023). Data analytics dashboard. <https://www.heavy.ai/learn/big-data-analytics/data-analytics-dashboard>. Accessed on June 13, 2023.
- [Huang and Bagheri, 2019] Huang, M. and Bagheri, M. (2019). Predicting deviation in supplier lead time and truck arrival time using machine learning-a data mining project at volvo group.
- [Koponen, 2020] Koponen, J.-P. (2020). Predicting lead times of purchase orders using gradient boosting machine.
- [Lasnier, 2004a] Lasnier, G. (2004a). Gestion des approvisionnements et des stocks dans la chaîne logistique.
- [Lasnier, 2004b] Lasnier, G. (2004b). *Gestion des approvisionnements et des stocks dans la chaîne logistique*. Hermes Science Publications.
- [Le Moigne, 2017] Le Moigne, R. (2017). *Supply chain management : Achat, production, logistique, transport, vente*. Management / Leadership Collection. Dunod.
- [LeBigData.fr, tion] LeBigData.fr (date de publication). Business intelligence : Définition et exemples.
- [Legrenzi, ] Legrenzi, C. *Les Tableaux de Bord de la DSI : Pilotage, Performance et Benchmarking du système d'information*.
- [Lingitz et al., 2018] Lingitz, L., Gallina, V., Ansari, F., Gyulai, D., Pfeiffer, A., Sihn, W., and Monostori, L. (2018). Lead time prediction using machine learning algorithms : A case study by a semiconductor manufacturer. *Procedia Cirp*, 72 :1051–1056.
- [Liu et al., 2018] Liu, J., Hwang, S., Yund, W., Boyle, L. N., and Banerjee, A. G. (2018). Predicting purchase orders delivery times using regression models with dimension reduction. In *International Design Engineering Technical Conferences and Computers and Information in Engineering Conference*, volume 51739, page V01BT02A034. American Society of Mechanical Engineers.

- [Marsal et al., 2006] Marsal, C., Travaillé, D., et al. (2006). Les systèmes d'information de pilotage, les tableaux de bord. *Cahier du FARGO*, (1060901).
- [Melbouci, 2022] Melbouci, M. (2022). La gestion des approvisionnements et des stocks dans une entreprise industrielle. Cas : SARL SAEMO. Disponible sur <http://www.ummtto.dz>.
- [Mentzer et al., 2001] Mentzer, J. T., DeWitt, W., Keebler, J. S., Min, S., Nix, N. W., Smith, C. D., and Zacharia, Z. G. (2001). Defining supply chain management. *Journal of Business Logistics*, 22(2) :1–25.
- [Microsoft Power BI, 2023] Microsoft Power BI (2023). Data dashboards. <https://powerbi.microsoft.com/en-us/data-dashboards/>. Accessed on June 13, 2023.
- [Mordor Intelligence, ] Mordor Intelligence. Oil and gas epc market.
- [Pedregosa and Varoquaux, 2021] Pedregosa, F. and Varoquaux (2021). Scikit-learn documentation : Recursive feature elimination. [https://scikit-learn.org/stable/modules/generated/sklearn.feature\\_selection.RFE.html](https://scikit-learn.org/stable/modules/generated/sklearn.feature_selection.RFE.html). [Online; accessed 10-May-2023].
- [planning force-Pilotage, 2020] planning force-Pilotage (2020). Architecture d'un data warehouse.
- [Roux and Liu, ] Roux, M. and Liu, T. *Optimisez votre plate-forme logistique*. 4ème édition édition.
- [spécifié, 2006] spécifié, N. (2006). *Aide-mémoire de gestion industrielle - 2ème édition*. Aide-mémoire. Dunod. Format : 13cm x 18cm, Nombre de pages : 552.
- [StatSoft, 2021] StatSoft (2021). Test de kruskal-wallis.
- [Sudhakar and Sudhakar, 2023] Sudhakar, B. and Sudhakar, C. (2023). *Logistics and Supply Chain Management*. Rajesh chowdhary.
- [Tableau, 2023] Tableau (2023). What is a dashboard? a complete overview. <https://www.tableau.com/learn/articles/dashboards/what-is>. Accessed on June 13, 2023.
- [TechTarget, tion] TechTarget (date de publication). Business intelligence architecture.

# ANNEXES

## .1 Annexe A

### ANOVA de Kruskal-Wallis

Le test ANOVA de Kruskal Wallis est une variante non paramétrique de l'ANOVA classique, elle a été développée par les statisticiens William Kruskal et Wilson Allen Wallis. Ce test permet d'appliquer une ANOVA quand la condition de distribution normale des données et des résidus n'est pas vérifiée. Elle peut aussi être utilisée quand d'autres conditions ne sont pas vérifiées, par exemple si la variance n'est pas homogène entre les groupes comparés (l'hétéroscédasticité des données).

Ce texte se base sur les rangs (ordre des données) au lieu des valeurs mesurées. En se basant sur les rangs, cela permet de ne pas prendre en considération la distribution des données, ce qui donne un avantage important comparé à l'ANOVA classique (paramétrique) Ce test permet de tester l'hypothèse suivante qui est similaire aux hypothèses de l'ANOVA mais avec des médianes au lieu de moyennes :

- $H_0$  : Les médianes ne sont pas significativement différentes entre les groupes  $m_1 = m_2 = \dots = m_k$ .
- $H_1$  : Au moins une médiane est différente.

Le test de Kruskal Wallis peut être effectué en suivant ces étapes :

1. Classer les données par ordre en combinant tous les groupes.
2. Placer le rang de chaque point de données.
3. Additionner les rangs des groupes dans le même point
4. Calculer la statistique H donnée par :

$$H = \frac{12}{N(N+1)} \sum_{i=1}^C \frac{R_i^2}{n_i} - 3(N+1)$$

N étant le nombre de données, C est le nombre de groupes,  $R_i$  est la somme des rangs dans le  $i$ -ème groupe,  $n_i$  est la taille du  $i$ -ème groupe. On compare cette valeur à une distribution du  $\chi^2$  à  $C - 1$  degrés de liberté. On peut aussi utiliser les valeurs  $p$  et les comparer au seuil statistique  $\alpha$ . Si  $p > \alpha$ , on accepte l'hypothèse nulle et donc les médianes ne sont pas significativement différentes entre les groupes. Dans le cas contraire, on rejette l'hypothèse nulle et les médianes sont significativement différentes. En pratique, la bibliothèque Pingouin de Python offre une méthode pour lancer ce test en une seule ligne de code et obtenir les  $p$ -valeurs et d'autres mesures. À partir de cela, il est possible de déterminer l'effet d'une variable catégorique sur une variable numérique continue, tout comme dans l'ANOVA classique. Cependant, il n'existe pas de formule unique dans le cas de l'ANOVA de Kruskal-Wallis pour déterminer cet effet  $\eta^2$ . Certains chercheurs ont proposé des formules à partir de la statistique  $H$  calculée, comme la formule suivante :

$$n^2(H) = \frac{H - C + 1}{N - C}$$



07 Mars 2023  
**Numéro 1983**  
Prix Public : 30 DA

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
MINISTRE DE L'ENERGIE ET DES MINES

[www.baosem.com](http://www.baosem.com)

# BAOSEM

Bulletin des Appels d'Offres du Secteur de l'Energie et des Mines

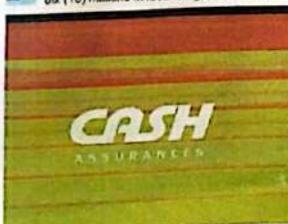


## ILLIZI : LE CHAMP GAZIER DE TINHERT, UN GISEMENT AUX LARGES PERSPECTIVES ÉCONOMIQUES



Le projet de développement du champ gazier de «Tinhert» à In Aménas, nord de la wilaya d'Illizi, figure parmi les projets énergétiques aux larges perspectives économiques pour l'Algérie. Des investissements colossaux ont été mobilisés par l'Algérie pour accroître ses capacités de production gazières, susceptibles de répondre à la demande croissante, locale et mondiale, sur cette source d'énergie, à l'instar de l'APS le directeur du secteur. L'entrée en production du champ de Tinherth, au mois de juin prochain, constituera indéniablement une valeur ajoutée à l'économie nationale, à travers le potentiel gazier qui viendra s'ajouter à la production nationale et consistant en la production de dix (10) millions M3/jour de gaz, en plus de quelque 800 tonnes/j de

condensat et plus de 400 tonnes/j de GPL (gaz de pétrole liquéfié), à être fait savoir. Cette installation énergétique, dont la réalisation est confiée à des entreprises nationales, pour un coût de 27 milliards DA, raccordée sur plus de 300 km à l'unité de traitement du gaz naturel à Ouzel, est en question à insérer dans le cadre de la stratégie économique arrêtée par les pouvoirs publics et visant la valorisation des ressources énergétiques et la promotion des investissements, notamment dans le domaine des hydrocarbures afin d'améliorer les rendements et développer des opérations de récupération à même de renforcer les capacités de production gazière de l'Algérie, face à la demande mondiale accrue et confier au pays la place qui lui sied parmi les pays exportateurs de gaz. (APS)





# Contrat

Annexe 05: Le contrat



Activité Exploration - Production  
Division Production  
Direction Approvisionnements & Transport

## CONTRAT

N° E18 / DP-AT / 117

ENTRE

SONATRACH, DIVISION PRODUCTION

ET

LA SOCIETE WEATHERFORD OIL TOOL MIDDLE EAST LIMITED

Fourniture de :

Lot 01 : Matériels Gas lift avec pièce de rechanges.

Lot 02 : Matériels Gas lift.

### .3 Annexe C

#### Sur-apprentissage & validation croisée

Le sur-apprentissage, connu aussi sous le nom d'overfitting, est un phénomène très fréquent en Machine Learning, un modèle est en overfitting s'il se focalise énormément sur les données fournies et n'arrive pas à généraliser son apprentissage (il n'arrive pas à découvrir la tendance générale des données). Formellement, l'erreur sur un jeu de donnée d'évaluation (test set) devient plus grande après un certain nombre d'itérations que l'erreur calculée sur le jeu de donnée d'entraînement (train set) Figure 30

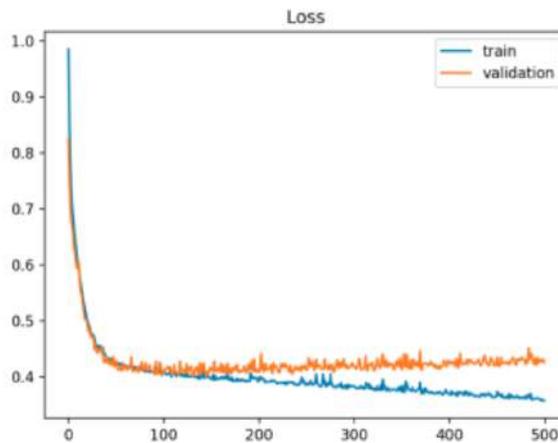


FIGURE 13 – Erreur d'entraînement et de validation (évaluation) dans une situation d'overfitting

La validation croisée (Cross-Validation) est une méthode de validation qui permet de détecter des situations d'overfitting et de savoir si un modèle est stable ou non. L'idée est de diviser un jeu de données en  $k$  partitions ( $k$ -Folds) égales et d'entraîner  $k$  fois le même modèle sur  $k - 1$  des partitions (folds). Pour chaque itération, on évalue le modèle sur la partition qui n'a pas été utilisée pour l'entraînement. On calcule l'erreur du modèle pour chaque itération et, à la fin, on prend la moyenne des erreurs sur toutes les itérations. Cela nous donne une mesure plus fiable et plus robuste de l'erreur du modèle. Si l'erreur varie significativement entre chaque itération, l'écart type de l'erreur est élevé, ce qui signifie que le modèle est instable et que nous sommes en présence d'une situation d'overfitting. La figure 31 illustre cette méthodologie.

## **.4 Annexe D**

### **Présentation des outils informatiques employés**

#### **Présentation de python**

Python est un langage de programmation multi-paradigme (utilisé de plusieurs manières) moderne, interprété et fonctionne sur plusieurs systèmes (Windows, Mac, Linux). Le langage est principalement utilisé pour le calcul scientifique, la science des données, le développement web et comme un langage de scripting pour développer des extensions d'autres logiciels. Il comporte une très grande communauté et un grand nombre de bibliothèques open source, ceci lui a permis de se classer comme le premier langage de programmation utilisé. (TIOBE Index , 2022)

#### **Présentation des bibliothèques utilisées**

Une bibliothèque en programmation est un ensemble de modules, de méthodes, de classes et d'outils qui offrent une extension au langage utilisé, la majorité des bibliothèques existantes en Python sont disponibles gratuitement en open source. Dans cette partie, nous allons présenter les bibliothèques employées dans ce projet

#### **Pandas et NumPy**

Pandas est une bibliothèque Python qui permet la manipulation des jeu de données (data-sets) tabulaires, elle permet de lire des données de plusieurs sources telles que les fichiers CSV (comma separated values), des fichiers excels, des bases de données, etc. La bibliothèques offre un ensemble de méthodes pour filtrer, extraire, transformer et effectuer plusieurs opérations sur les données. La bibliothèque est elle-même basée sur la bibliothèque NumPy, qui est une autre bibliothèque de calculs et manipulation matricielle écrite en C et utilisable en Python, ce qui donne de très hautes performances, parfois plus rapide que l'usage des fonctionnalités natives de Python.

## **Streamlit**

Streamlit est une bibliothèque Python open-source qui facilite la création et le partage des applications web personnalisées qui se basent généralement sur le Machine Learning et la science des données. Streamlit permet, en quelques minutes seulement, créer et déployer de puissantes applications de données

## .5 Annexe E

### Code Python

#### L'estimation des délais d'achat

```
## Suppression des outliers
mean = DSEC_merged['CMD_DELAYACHAT'].mean()
std = DSEC_merged['CMD_DELAYACHAT'].std()
lower_bound = mean - 3 * std
upper_bound = mean + 3 * std
DSEC_merged = DSEC_merged[(DSEC_merged['CMD_DELAYACHAT'] > lower_bound) & (DSEC_merged['CMD_DELAYACHAT'] < upper_bound)]
DSEC_merged.shape
DSEC_merged['CMD_DATE'].shape
## suppression des valeurs manquantes pour les deux colonnes CMD_DATE et CMD_TRANSPORT
DSEC_merged.dropna(subset=['CMD_DATE'], inplace=True)

DSEC_merged.shape
DSEC_merged.columns
fig = ff.create_distplot([DSEC_merged['CMD_DELAYACHAT']], ['CMD_livraison'], show_hist=False, colors=['red', 'lightgray'])
fig.update_layout(width=600, height=400)
fig.show()
print(DSEC_merged['CMD_DELAYACHAT'].mean())
print(DSEC_merged['CMD_DELAYACHAT'].median())
print(DSEC_merged['CMD_DELAYACHAT'].mode())
```

```
encoderr1 = LabelEncoder()
DSEC_merged['LCMD_UNITE'] = encoderr1.fit(DSEC_merged['LCMD_UNITE']).astype(str)
encoderr2 = LabelEncoder()
DSEC_merged['LCMD_QUANTITE'] = encoderr2.fit(DSEC_merged['LCMD_QUANTITE']).astype(str)
encoderr3 = LabelEncoder()
DSEC_merged['FOU_CODE'] = encoderr3.fit(DSEC_merged['FOU_CODE']).astype(str)
encoderr4 = LabelEncoder()
DSEC_merged['CTR_NUM'] = encoderr4.fit(DSEC_merged['CTR_NUM']).astype(str)
encoderr5 = LabelEncoder()
DSEC_merged['CMD_SUIVI'] = encoderr5.fit(DSEC_merged['CMD_SUIVI']).astype(str)
encoderr6 = LabelEncoder()
DSEC_merged['CMD_REGLEMENT'] = encoderr6.fit(DSEC_merged['CMD_REGLEMENT']).astype(str)
encoderr7 = LabelEncoder()
DSEC_merged['CMD_MODLIEULIV'] = encoderr7.fit(DSEC_merged['CMD_MODLIEULIV']).astype(str)
encoderr8 = LabelEncoder()
DSEC_merged['CMD_MONNAIE'] = encoderr8.fit(DSEC_merged['CMD_MONNAIE']).astype(str)
encoderr9 = LabelEncoder()
DSEC_merged['CMD_PAI_TYPE'] = encoderr9.fit(DSEC_merged['CMD_PAI_TYPE']).astype(str)
encoderr10 = LabelEncoder()
DSEC_merged['CMD_ANNULER'] = encoderr10.fit(DSEC_merged['CMD_ANNULER']).astype(str)

x = DSEC_merged.drop(['CMD_DELAYACHAT'], axis=1)
y = DSEC_merged['CMD_DELAYACHAT']
scaler = StandardScaler()

x_scaled = scaler.fit_transform(x)
x_scaled = pd.DataFrame(x_scaled, columns=(DSEC_merged.drop('CMD_DELAYACHAT', axis=1)).columns)
```

```

## application de RandomizedSearchCV pour trouver les meilleur hyperparametres pour le modele KNN .
from sklearn.model_selection import RandomizedSearchCV
from sklearn.neighbors import KNeighborsRegressor
from sklearn.metrics import r2_score, mean_squared_error, mean_absolute_error
from sklearn.model_selection import learning_curve
# Diviser les données en ensembles de formation et de test
pca11 = PCA(n_components=10)
x_pca = pca11.fit_transform(x_scaled)
X_train, X_test, y_train, y_test = train_test_split(x_pca,y, test_size=0.2, random_state=42)

# Initialiser le modèle KNN
knn = KNeighborsRegressor()

# Créer une grille de recherche des hyperparamètres
param_dist = {
    'n_neighbors': [3, 5, 7, 9, 11],
    'weights': ['uniform', 'distance'],
    'p': [1, 2]
}

# Créer un objet RandomizedSearchCV
random_search = RandomizedSearchCV(
    knn, param_distributions=param_dist, n_iter=10, cv=5, n_jobs=-1, random_state=42)

# Entraîner le modèle avec RandomizedSearchCV
random_search.fit(X_train, y_train)

# Faire des prédictions sur l'ensemble de test avec le meilleur modèle trouvé
best_model = random_search.best_estimator_
y_pred = best_model.predict(X_test)

```

```

# Évaluer les performances du modèle
r2 = r2_score(y_test, y_pred)
mse = mean_squared_error(y_test, y_pred)
print("R² score pour KNN est:", r2)
# calculate RMSE
rmse = mean_squared_error(y_test, y_pred, squared=False)
# calculate MAE
mae = mean_absolute_error(y_test, y_pred)
print("RMSE pour KNN est :", rmse)
print("MAE pour KNN est :", mae)
# Afficher les meilleurs hyperparamètres trouvés
print("Best hyperparameters:", random_search.best_params_)
# Définition de la fonction pour tracer les courbes d'apprentissage
def plot_learning_curves(model, X, y):
    train_sizes, train_scores, test_scores = learning_curve(model, X, y, cv=5, scoring='r2', n_jobs=-1, train_sizes=np.linspace(0.1, 1.0, 10))
    train_mean = np.mean(train_scores, axis=1)
    train_std = np.std(train_scores, axis=1)
    test_mean = np.mean(test_scores, axis=1)
    test_std = np.std(test_scores, axis=1)

    plt.plot(train_sizes, train_mean, label='Training score')
    plt.fill_between(train_sizes, train_mean - train_std, train_mean + train_std, alpha=0.1)
    plt.plot(train_sizes, test_mean, label='Cross-validation score')
    plt.fill_between(train_sizes, test_mean - test_std, test_mean + test_std, alpha=0.1)
    plt.xlabel('Training set size')
    plt.ylabel('R2 score')
    plt.title('Learning curves')
    plt.legend()

# Tracer les courbes d'apprentissage pour le modèle choisi
plot_learning_curves(knn, X_train, y_train)
plt.show()

```

```

from lightgbm import LGBMRegressor
from sklearn.model_selection import RandomizedSearchCV
from scipy.stats import randint as sp_randint
pca1 = PCA(n_components=2)
x_pca1 = pca1.fit_transform(x_scaled)
x_train,x_test,y_train,y_test = train_test_split(x_pca1,y,test_size=0.17,random_state=2)
# Création d'un dictionnaire pour les hyperparamètres à tester
param_dist = {'n_estimators': sp_randint(100, 2000),
              'max_depth': sp_randint(2, 18),
              'learning_rate': [0.001, 0.01, 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5, 0.6, 1, 0.04, 0.03, 0.02, 0.00001],
              'num_leaves': sp_randint(2, 50),
              'min_child_samples': sp_randint(2, 30),
              'reg_alpha': [0.0, 0.1, 0.5, 1.0, 2.0, 5.0, 10.0, 20, 100, 1000, 200, 150, 0.01, 0.001, 0.02, 0.002],
              'reg_lambda': [0.0, 0.1, 0.5, 1.0, 2.0, 5.0, 10.0, 0.01, 0.001]}

# Création du modèle avec régularisation
model_l = LGBMRegressor(random_state=42, reg_alpha=0.01, reg_lambda=0.1)

# Recherche des hyperparamètres optimaux
random_search1 = RandomizedSearchCV(model_l, param_distributions=param_dist, n_iter=10, cv=5, random_state=42)

# Entraînement du modèle avec les meilleurs hyperparamètres trouvés
random_search1.fit(x_train, y_train)

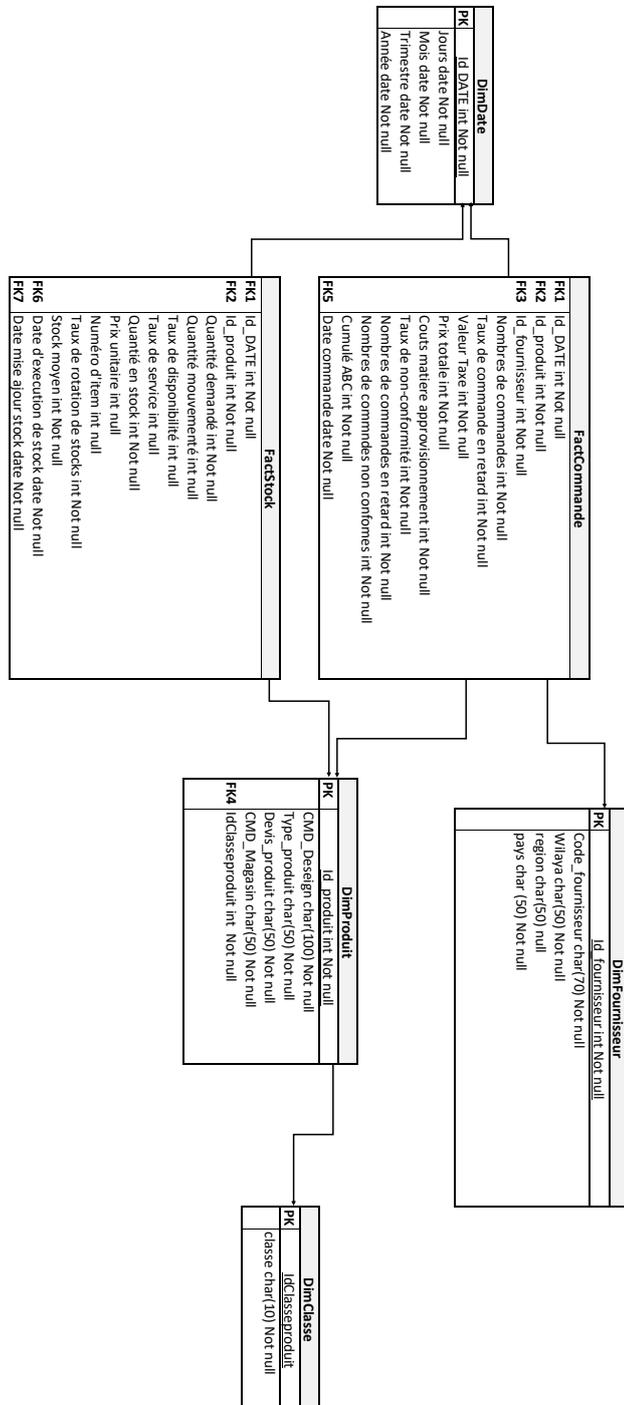
# Prédiction sur les données de test
y_pred = random_search1.predict(x_test)

# Calcul du R2 score et du RMSE sur les données de test
r2 = r2_score(y_test, y_pred)
rmse = mean_squared_error(y_test, y_pred, squared=False)
mae = mean_absolute_error(y_test, y_pred)

```

## .6 Annexe F

### Modélisation dimensionnelle



## .7 Annexe G

### Présentation de Sonatrach

Notre projet s'inscrit dans la chaîne d'approvisionnement de SONATRACH, ce qui souligne l'importance de présenter l'entreprise dans son ensemble, y compris son organisation, ses missions et ses objectifs. Sonatrach, la société nationale de transport et de commercialisation des hydrocarbures en Algérie. En tant que compagnie nationale, détient le monopole de l'exploitation, de la production, du transport et de la commercialisation des hydrocarbures extraits du sous-sol algérien, Sa position centrale dans l'économie et les attentes de la société est cruciale. Afin de diversifier ses activités, Sonatrach a mis en place une stratégie qui inclut la production d'électricité, l'utilisation d'énergies renouvelables, le traitement de l'eau de mer et l'exploitation minière. Ces activités sont menées à bien en Algérie et dans d'autres pays, en réponse aux opportunités qui se présentent à elle.

La fiche suivante Figure 14 résume les informations essentielles de l'entreprise :

Raison social	Sonatrach
Création	31 Décembre 1963
Forme juridique	SPA
Slogan	" L'énergie du changement "
Siège social	Djenane El Malik , Hydra 16033 Alger, Algérie
Président Directeur Général	Toufik Hakkar
Actionnaires	100% Pour l'état algérien
Effectif	plus de 200 000 Personnes
Site Web	www.sonatrach.com
Activité	Industrie pétrolière
Produits	Pétrole , GAZ naturel , GPL , GNL

FIGURE 14 – fiche technique de SONATRACH

Source : Document interne de l'entreprise

La figure ci dessous Figure 15 montre les différentes opérations que sonatrach réalise à l'échelle international avec les différents pays dont on remarque que ces opérations se concentrent à l'europe & l'afrique .

## Les opérations internationales de SONATRACH



FIGURE 15 – Les opérations internationales

Source : site officiel de l'entreprise

## Organisation de l'entreprise

L'organisation de la macrostructure de SONATRACH est composée des entités suivantes, tel qu'il est illustré dans la Figure 16 :

1. La direction générale : joue le rôle de société mère et est responsable du pilotage stratégique et de la cohérence de l'ensemble. Un président-directeur général est nommé par décret présidentiel pour remplir cette fonction.
2. Les structures opérationnelles : sont chargées de la recherche, de l'exploitation et de la production des hydrocarbures. Leurs missions principales consistent à développer les gisements découverts, à améliorer le taux de récupération et à mettre à jour les réserves.
3. Les structures fonctionnelles : sont responsables de l'élaboration et de l'application des politiques et stratégies du Groupe. Elles fournissent l'expertise et l'appui nécessaires aux activités opérationnelles de Sonatrach.

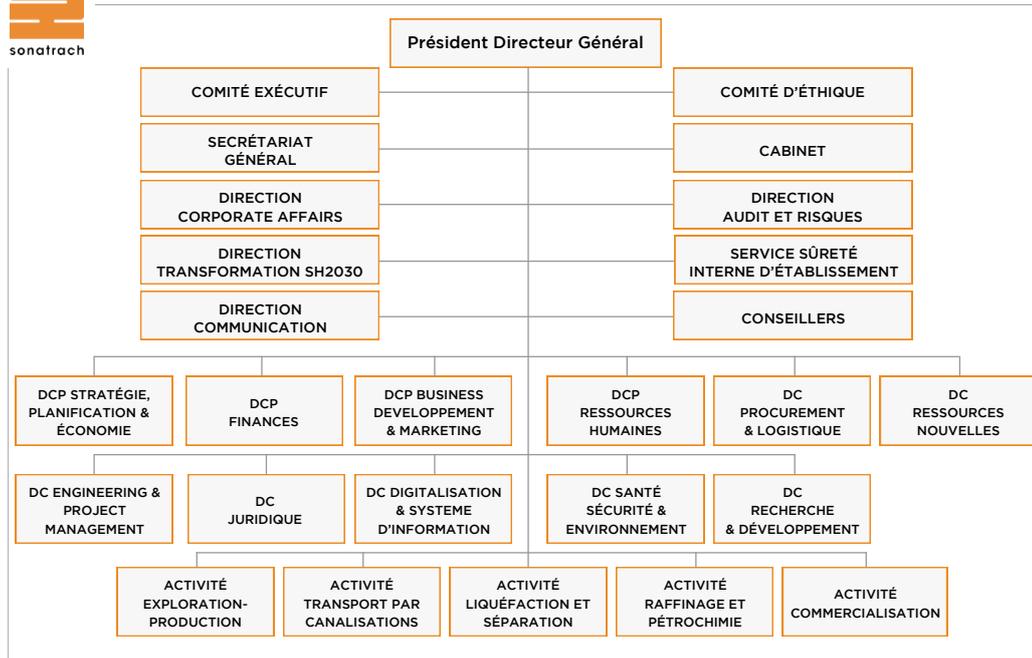


FIGURE 16 – organisation de l'entreprise

Source : Document interne de l'entreprise

### Organisation de la division production (Activité EXPLOITATION - PRODUCTION)

La Division de Production de la Sonatrach est constituée d'un siège regroupant des directions à Alger et de 11 régions réparties à travers le sud du pays comprenant 64 gisements de pétrole et 48 gisements de gaz naturel.

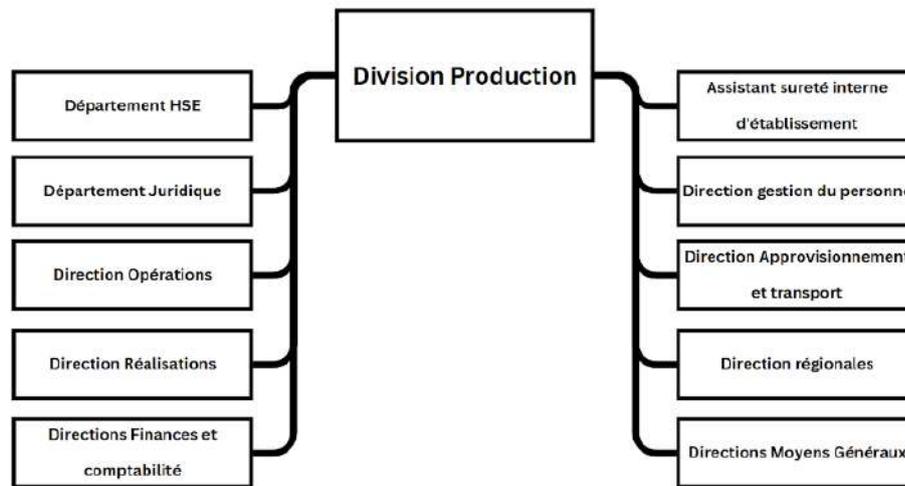


FIGURE 17 – organisation de la DP

Source : Document interne de l'entreprise

Nous avons effectué nos recherches au sein de la direction d'approvisionnement et transport ( DAT ) , qui est chargée d'approvisionner l'ensemble des services régionaux , y compris le siège social. La Direction Approvisionnement et Transports (DAT) représente l'une des plus importantes activités de la Division Production (DP), vu la position stratégique qu'elle occupe dans l'organigramme de l'entreprise . Parmi les missions de la DAT :

- Élaborer et mettre en œuvre la politique d'approvisionnement, de gestion des stocks et de transport des équipements pour les différentes structures de la division production.
- Prévoir et gérer le budget des équipements amortissables.
- Effectuer les achats locaux et les importations pour l'ensemble des structures.
- Concevoir un réseau de stockage efficace ainsi que des mécanismes de réapprovisionnement et de transport.
- Assurer le transport des matières, matériels et équipements acquis jusqu'aux sites des utilisateurs.
- S'occuper des opérations bancaires, de transit et de dédouanement des équipements importés.

En effet, pour accomplir ces tâches, la direction approvisionnement et transport est généralement organisée sous forme de plusieurs départements .

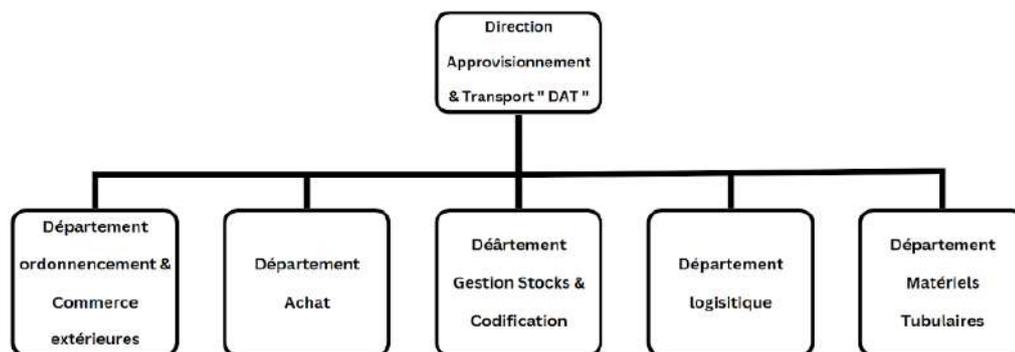


FIGURE 18 – Organigramme de la direction des approvisionnements & Transport “ DAT ”

Source : Document interne de l’entreprise

- a) **Département ordonnancement** : s’occupe du contrôle et du suivi de toute opération d’acquisition de marchandise importée amortissable ou consommable .
- b) **Département d’achat** : sert à traiter les requêtes d’achats avec les régions , Elaborer les dossiers de commandes et d’appel d’offres , Lancer la consultation fournisseur et suivi des opérations relatives à l’expédition de la marchandise jusqu’au sites d’affectation
- c) **Département gestion des stocks et codifications** : il tient à consolider des données des stocks des magasins des directions régionales, analyser les données de stocks et leur corrections ainsi que la mise à jour des paramètres de gestion des stocks.
- d) **Département Logistique** : Ce département est composé de quatre services , service transport et manutention , service moyens généraux , service matériel et le service HSE , ce département sert à réceptionner , contrôler toutes la marchandises , planifier et programmer les expéditions de la marchandises ainsi que l’élaboration des cahiers de charges relatives au transport de marchandise sur le territoire national .
- e) **Département Matériel Tubulaires** : Représentant de 60% à 70% en valeur des achats du département approvisionnement et transport, ce département est très important. Il sert à assurer le suivi de la réalisation des contrats d’achat de tubes jusqu’à réception définitive, l’élaboration et la mise à jour des fichiers fournisseurs à travers les opérations de préqualification.

Il faut noter que les requêtes transmises à la DAT doivent être budgétisées donc dès leurs arrivées un contrôle budgétaire est effectué, puis, elles sont envoyées au service achat. Ce dernier établit un contrat et passe la commande aux fournisseurs. Une fois la commande faite, le service paiement procède à une domiciliation bancaire.

Les équipements seront acheminés par voie maritime ou aérienne vers les dépôts de transit où ils seront réceptionnés, vérifiés, codifiés et transportés aux différentes régions utilisatrices. La figure 15 montre la description de processus d’approvisionnement et transport au sein de la DAT.

<b>Processus:</b> Processus d'approvisionnement et de transport	<b>Pilote:</b> Directeur du département DAT
<p><b>Les activités :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Recevoir le besoin de la part des régions ( utilisateur)</li> <li>• La vérification de la disponibilité de produit qui se fait manuellement <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Etablir un bon de mouvement matériel si le produit est disponible</li> <li>◦ Envoyer la réponse de non disponibilité au utilisateur</li> </ul> </li> <li>• Réceptionner la requête et informer le processus ( service ) pour faire l'achat</li> <li>• Rédiger le cahier de charge par le service d'achat avec l'utilisateur demander d'insérer le placard publicitaire au BAOSEM</li> <li>• Lancer les appels d'offres dans le BAOSEM aux soumissionnaires .</li> <li>• Envoyer les offres par les soumissionnaires au département de gestion de stock et de suivi pour les analyser</li> <li>• Analyser les plis et vérifier la conformité des offres techniques par COP et CEOT <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Refuser les offres avec des conditions non satisfaites</li> <li>◦ Demander les offres commerciales pour ceux qui peuvent satisfaire les conditions</li> </ul> </li> <li>• Réceptionner les offres commerciales</li> <li>• Analyser les plis et évaluer les offres par le COP commercial . <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Refuser les offres avec des conditions non satisfaites</li> <li>◦ Notifier les soumissionnaires des résultats d'ouvertures des plis technico commerciaux</li> </ul> </li> <li>• établir un contrat et ouvrir un dossier commande</li> <li>• domicilier le dossier par le service bancaire et envoyer au fournisseur le TOP d'expédition</li> <li>• Payer le fournisseur et établir un BRF puis transmettre le dossier au service facturation pour valider l'achat</li> <li>• Planifier le jour de réception par le service logistique et stock</li> <li>• Réceptionner et vérifier de la conformité quantitative et qualitative</li> <li>• Transporter et stocker provisoirement la fourniture dans les dépôts de transit</li> <li>• Codifier les nouveaux équipements</li> <li>• Transporter les besoins vers les utilisateurs</li> </ul>	
<p><b>La documents nécessaires :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bon matériel mouvement "BMM"</li> <li>• Bon de réception fournisseur "BRF"</li> <li>• Les contrats</li> <li>• le Transport order planning "TOP"</li> <li>• Cahier de charge</li> </ul>	<p><b>Démarches suivies :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Assurer la conformité quantitative et qualitative</li> <li>• Choisir le fournisseur qui propose le prix le moins chère</li> </ul>
<p><b>Risque :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 1-Risques financiers : santé financière de l'entreprise ( les délais de paiement ) .</li> <li>• 2-Risques contractuels : non-respect du contrat tel que le dépassement des délai de livraison</li> </ul>	

FIGURE 19 – La description de processus d'approvisionnement

## Résumé

L'objectif de cette étude est de développer un tableau de bord de performance pour la gestion des approvisionnements et des stocks, ainsi qu'un système d'estimation des délais d'achat au sein de l'entreprise SONATRACH en utilisant divers algorithmes d'apprentissage machine. La mise en œuvre de cette solution comprend plusieurs étapes. Tout d'abord, nous avons identifié le problème du point de vue métier et technique, puis nous avons utilisé des diagrammes UML (Unified Modeling Language) pour concevoir le tableau de bord qui intègre des indicateurs pertinents tels que le taux de service, le taux de non-conformité, le taux de disponibilité et le taux de commande en retard. Ensuite, nous avons collecté et nettoyé les données afin de les utiliser dans les différents modèles de machine Learning dans le but d'estimer les délais d'achats. Enfin, nous avons déployé la solution sous la forme d'un Chat-bot. L'objectif principal de ce projet est de fournir aux responsables un outil d'aide à la décision pour réduire les coûts liés à l'approvisionnement et atteindre les objectifs fixés en assurant un bon fonctionnement du processus d'approvisionnement.

**Mots clés :** Tableau de bord - Approvisionnements - performance - supply chain - stocks - business intelligence - Machine Learning - KPIs.

## Abstract

The aim of this study is to develop a performance dashboard for supply chain management of procurement and inventory, as well as an estimation system for purchase lead times within SONATRACH using various machine learning algorithms. The implementation of this solution involves several steps. Firstly, we identified the problem from both business and technical perspectives, and then used Unified Modeling Language (UML) diagrams to design the dashboard, which incorporates relevant key performance indicators (KPIs) such as service level, non-conformity rate, availability rate, and order delay rate. Next, we collected and cleansed the data for utilization in different machine learning models to estimate purchase lead times. Finally, we deployed the solution in the form of a chatbot. The main objective of this project is to provide decision-makers with a tool that helps reduce procurement costs, achieve set goals, and ensure smooth operation of the procurement process.

**Keywords :** Dashboard - Procurement - Performance - Supply Chain - Stocks - Business Intelligence - Machine Learning - KPIs

## ملخص

الهدف من هذه الدراسة هو تطوير لوحة معلومات أداء لإدارة التوريد والمخزون، بالإضافة إلى نظام تقدير مدة التوريد داخل شركة سوناطراك باستخدام خوارزميات تعلم الآلة المختلفة. يتضمن تنفيذ هذا الحل عدة خطوات. في البداية، حددنا المشكلة من منظور تجاري و تقني، ثم استخدمنا مخططات بيانية لتصميم لوحة المعلومات التي تتضمن مؤشرات أداء مثل معدل الخدمة، ومعدل عدم المطابقة، ومعدل التوريد، ومعدل الطلب المتأخر. بعد ذلك، قمنا بجمع وتنظيف البيانات لاستخدامها في نماذج التعلم الآلي المختلفة بهدف تقدير مدة التوريد. في النهاية، نفذنا الحل على شكل دردشة آلية. الهدف الرئيسي لهذا المشروع هو توفير أداة مساعدة في اتخاذ القرار للمسؤولين لتقليل التكاليف المرتبطة بالتوريد وتحقيق الأهداف المحددة من خلال ضمان عمل سلس لعملية التوريد.

**الكلمات المفتاحية :** لوحة المعلومات - التوريد - الأداء - سلسلة التوريد - المخزون - الذكاء التجاري - تعلم الآلة - مؤشرات الأداء