

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

Ecole Nationale Polytechnique



Schlumberger

Département Génie Industriel

Entreprise Schlumberger.NAF

Mémoire de projet de fin d'études

Pour l'obtention du diplôme d'ingénieur d'état en Génie Industriel (Management Industriel)

**Contribution à l'amélioration de la Supply Chain amont pour
l'approvisionnement en gasoil.**

- Application au sein de Schlumberger NAF -

Présenté par :

Fethia CHABANE

Abdelmoumene CHETTAB

Sous la direction de :

Mme Fatima NIBOUCHE (ENP)

M. Cherif Mahdi RAHMOUNE (SLB)

Présenté et soutenu publiquement le 06/09/2020

Composition du Jury :

Président	M. Iskander ZOUAGHI	MCB	<u>ENP</u>
Promoteur	Mme Fatima NIBOUCHE	MCA	<u>ENP</u>
Promoteur	M. Cherif Mahdi RAHMOUNE	Sourcing Specialist	<u>SLB</u>
Examineur	M. Ali BOUKABOUS	MAA	<u>ENP</u>

ENP 2020

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Ecole Nationale Polytechnique



Schlumberger

Département Génie Industriel

Entreprise Schlumberger.NAF

Mémoire de projet de fin d'études

Pour l'obtention du diplôme d'ingénieur d'état en Génie Industriel (Management Industriel)

**Contribution à l'amélioration de la Supply Chain amont pour
l'approvisionnement en gasoil.**

- Application au sein de Schlumberger NAF -

Présenté par :

Fethia CHABANE

Abdelmoumene CHETTAB

Sous la direction de :

Mme Fatima NIBOUCHE (ENP)

M Cherif Mahdi RAHMOUNE (SLB)

Présenté et soutenu publiquement le 06/09/2020

Composition du Jury :

Président	M. Iskander ZOUAGHI	MCB	<u>ENP</u>
Promoteur	Mme Fatima NIBOUCHE	MCA	<u>ENP</u>
Promoteur	M Cherif Mahdi RAHMOUNE	Sourcing Specialist	<u>SLB</u>
Examineur	M. Ali BOUKABOUS	MAA	<u>ENP</u>

ENP 2020

Dédicaces

À MES PARENTS

En témoignage de ma grande affection, ma vive reconnaissance et ma profonde estime, pour n'avoir jamais épargné ni les sacrifices, ni les dévouements. Que dieu te préserve bonne santé et longue vie chère Maman et puisse le tout puissant t'accueillir dans son vaste paradis cher Papa. Nulle dédicace ne peut exprimer ce que je vous dois pour vos encouragements et vos efforts.

À MA FAMILLE

À mon défunt grand-père, à ma tendre grand-mère, à mes sœurs Lyna Aya et Camélia, mes princesses et éternelles confidentes. À mes cousines d'amour, mes cousins, ma tante bien aimée et mes oncles. Je vous dédie ce travail en témoignage de l'attachement, de l'amour et de l'affection que je porte pour vous.

À TOUS MES AMIS

Pour votre présence dans le bonheur et dans les épreuves avec tous mes souhaits de santé et de réussite.

À MON BINOME

Pour sa patience, sa gentillesse et son dévouement. Je te souhaite tout le bonheur et la réussite que tu mérites.

Que ce travail soit l'accomplissement de vos vœux tant allégués et le fruit de votre soutien infaillible.

Fethia

Dédicaces

Il est difficile de trouver des mots qui sauront exprimer à leur juste valeur la gratitude, l'amour, le respect et la reconnaissance que j'éprouve à décrire ce que je ressens.

C'est aux gens que j'aime que je dédie ce travail.

A celle qui m'a toujours soutenu, comblé de tendresse, d'affection, d'encouragement tout au long de mon parcours ...

Ma tendre mère.

A celui qui a fait de moi l'homme que je suis aujourd'hui, à l'homme qui m'a appris le sérieux, la discipline, la persévérance, le respect et la ponctualité ...

Mon très cher père.

A mes deux sœurs, à qui je souhaite tous le succès et le bonheur du monde.

A mes amis, que j'aime plus que tout au monde, Adel, Hania, Délia, Dounia, Nadhir, Toufik, Bihman, pour avoir été comme une deuxième famille pour moi.

A mon binôme Fethia, le meilleur binôme du monde, pour son dévouement, son sérieux, son organisation, celle qui a été là pour moi durant ces trois années.

A toute personne qui m'a aidé à franchir une nouvelle étape de ma vie...

Abdel moumene

Remerciements

En préambule à ce mémoire, nous souhaiterions adresser nos remerciements les plus sincères aux personnes qui nous ont apportés leur aide et qui ont contribué à l'élaboration de ce projet de fin d'études ainsi qu'à la réussite de cette formidable année universitaire.

Nous adressons nos vifs remerciements aux membres du Jury, en premier lieu, à notre promotrice, Mme Fatima NIBOUCHE, pour son encadrement rigoureux, ses conseils et sa disponibilité durant ces mois, au président du Jury, M. Iskander ZOUAGHI ainsi qu'à monsieur l'examineur, M. Ali BOUKABOUS qui nous honorent de leur présence, de leur temps et de leur savoir-faire.

Nous présentons nos profonds remerciements et notre profonde reconnaissance à l'ensemble de l'équipe pédagogique du Département Génie Industriel de l'E.N.P, pour nous avoir formés, éclairés et accompagnés durant ces trois années de spécialité, Merci !

Nous remercions sincèrement notre promoteur au niveau de l'entreprise, Mr Cherif Mahdi RAHMOUNE, pour sa confiance, son aide, sa bienveillance, et sa disponibilité sans limite. Merci d'avoir mis à notre disposition l'ensemble des informations nécessaires à la bonne réalisation de ce projet, et ce malgré les circonstances exceptionnelles par lesquelles nous sommes passés.

Nous sommes reconnaissants envers toute l'équipe de SCHLUMBERGER pour leur chaleureux accueil et leur aide.

Enfin, nous tenons à remercier toute personne ayant contribué de près ou de loin à la réalisation de ce modeste travail.

ملخص

الهدف من هذا العمل هو تحسين الأداء اللوجستي لعملية توريد وإدارة استهلاك الديزل المستخدم في قواعد Schlumberger في جنوب الجزائر. تم الكشف عن هذه المشكلة واختيارها بعد إجراء تدقيق SCOR على سلسلة التوريد الأولية بأكملها.

يتعلق الجزء الأول من الحل بتحسين التحكم في طلب الوقود من خلال تطوير نموذج تنبؤ بواسطة حزمة البرامج الإحصائية "Eviews".

أما الجزء الثاني فهو يتعلق بتقليل تكاليف النقل والتأخيرات المتعلقة بعملية توريد الديزل. وذلك من خلال تصميم نموذج تخطيط مشتريات مبرمج بلغة "MATLAB". بالإضافة إلى ذلك، لتسهيل إدارة هذه العمليات، تم تصميم لوحة معلومات باستخدام "Power BI Desktop".

الكلمات الرئيسية: سلسلة التوريد، منبع، SCOR، تنبؤ، تحصيل، تخطيط و Power BI.

Abstract

The objective of this work is to improve the performance of a part of the upstream supply chain of Schlumberger North Africa. This improvement concerns the optimization of the supply process of the fuel used by Schlumberger's bases in south of Algeria. This problematic has been detected and chosen after that the SCOR audit was performed on the entire upstream supply-chain.

The first part of the solution is about the improvement in the fuel demand control by developing a forecasting model through the statistical package "Eviews".

The second part concerns the optimization of transportation costs and the lead time related to the fuel supply process by developing a planning transport model programmed in "Matlab" language. Also, to ease the management of fuel consumption and supply, a dashboard was designed using the app "Power BI Desktop".

Keywords: Supply chain, upstream, SCOR, forecast, procurement, planning, and Power BI.

Résumé

L'objectif de ce travail est d'améliorer la performance logistique du processus d'approvisionnement et de gestion de la consommation du gasoil utilisé par les bases de Schlumberger dans le sud de l'Algérie. Cette problématique fut détectée et choisie après qu'un audit SCOR ait été mené sur l'ensemble de la Supply chain amont.

La première partie de la solution concerne l'amélioration du contrôle de la demande de carburant en développant un modèle de prévision via le progiciel statistique « Eviews ».

La deuxième partie concerne l'optimisation des coûts de transport et des délais liés au processus d'approvisionnement du gasoil. Cela, à travers la conception d'un modèle de planification des approvisionnements programmé en langage « Matlab ». De plus, pour faciliter la gestion de ce processus, un tableau de bord a été conçu à l'aide de l'application « Power BI Desktop ».

Mots clés : Supply Chain, Amont, SCOR, prévision, approvisionnement, planification et Power BI.

Tables des matières

Liste des figures

Liste des tableaux

Liste des Annexes

Liste des abréviations

Introduction Générale	14
Chapitre I : Etude de l'existant.....	17
Introduction.....	18
I.1. Présentation du marché pétrolier	18
I.1.1. Le marché pétrolier.....	18
I.1.2. La nature de la demande du marché	21
I.2. Présentation de Schlumberger	21
I.2.1. Schlumberger. Ltd	22
I.2.2. Schlumberger en Algérie	24
I.2.3. Gestion de la Supply Chain chez Schlumberger NAF.....	25
I.3. Audit des pratiques logistiques.....	28
I.3.1. Choix du référentiel d'audit	28
I.3.2. Déroulement de l'audit	30
I.3.3. Processus de planification.....	32
I.3.4. Processus d'approvisionnement	37
I.3.5. Recensement et catégorisation des dysfonctionnements	45
I.4. Description de la problématique.....	47
I.4.1. Discussion	47
I.4.2. Etat des lieux du processus d'approvisionnement de Gasoil	48
I.4.3. Analyse des coûts liés au transport de gasoil.....	49
I.4.4. Enoncé de la problématique	50
Conclusion	50

Chapitre II : Etat de l'art	51
Introduction	52
II.1. Définitions et vocabulaire relatifs à la Supply Chain	52
II.1.1. Définitions	52
II.1.2. La Supply Chain : Concepts et structure.....	53
II.2. Prévision de la demande	54
II.2.1. Les méthodes de prévision	54
II.2.2. Les cinq (05) visions du futur	62
II.2.3. Tableau de synthèse	62
II.3. Les problèmes de planification	64
II.3.1. La planification du transport	64
II.3.2. Approche de la planification du transport.....	65
II.3.3. Méthodes de résolution des problèmes d'optimisation	65
II.3.4. Résolution des problèmes d'optimisation à l'aide des outils informatiques.....	67
II.4. Performance et tableaux de bord.....	68
II.4.1. La performance.....	68
II.4.2. Tableau de bord	70
Conclusion	72
Chapitre III : Proposition et application des solutions	75
Introduction.....	74
III.1. Développement d'un outil statistique de prévision	74
III.1.1. Prévision de la consommation.....	74
III.1.2. Mesure de la fiabilité des prévisions	82
III.2. Développement d'outils de planification.....	83
III.2.1. Démarche de résolution	83
III.2.2. Application de la solution	90
III.2.3. Discussion des résultats et recommandations	96
III.3. Gestion et suivi de la performance	99
Conclusion	100
Conclusion Générale.....	103
Bibliographie.....	104
Annexes	107

Liste des figures

Figure 1 : Exemple de différents pétroles classés par degré d'API et de teneur en soufre.....	19
Figure 2 : Utilisation des références à travers le monde.....	20
Figure 3 : Organisation de SLB Ltd.	23
Figure 4 : Schlumberger dans le monde	24
Figure 5 : Position géographique du Géomarket NAF.....	25
Figure 6 : Les postes de responsabilité de la SC de SLB au niveau du GeoMarket	27
Figure 7 : Positions géographiques des plateformes logistiques de GOLD	28
Figure 8 : Positionnement des référentiels logistiques	29
Figure 9 : Domaines couverts par les référentiels logistiques	29
Figure 10 : Processus considérés pour l'audit logistique de Schlumberger NAF	31
Figure 11 : Politique de re-complètement périodique des stocks.....	34
Figure 12 : Structure de la chaîne logistique.....	53
Figure 13 : Les différents segments de la SC du pétrole	54
Figure 14 : Etapes des méthodes auto-projectives	56
Figure 15 : Stratégie simplifiée des tests de racine unitaire.....	60
Figure 16 : Processus de prévision par Box et Jenkins.....	61
Figure 17 : Les 5 visions du futur de la démarche prévisionnelle.....	62
Figure 18 : Classification des méthodes de résolution des problèmes d'optimisation combinatoires	67
Figure 19 : La pyramide des performances.....	68
Figure 20 : Les différentes façons d'envisager la performance logistique	69
Figure 21 : Les indicateurs phares de la logistique	70
Figure 22 : Indicateurs de performance du processus de transfert.....	70
Figure 23 : Evolution de la consommation de la base de Hassi Messaoud de 2016 à 2019.....	75
Figure 24 : Graphe saisonnier de la série "consohm"	75
Figure 25 : Corrélogramme de la série "consohm"	75
Figure 26 : Résultats du test de saisonnalité de Fisher	76
Figure 27 : Résultats régression linéaire effectuée sur l'écart type de la série "consohm"	76
Figure 28 : Modèle Holt Winter retenu par l'outil Eviews	77
Figure 29 : Test racine unitaire modèle 3 pour la série "consohma"	78
Figure 30 : Test Racine Unitaire modèle 3 pour la série "consohmd"	79
Figure 31 : Test Racine Unitaire modèle 2 pour la série "consohmd"	79
Figure 32 : Test Racine Unitaire modèle 1 pour la série "consohmd"	80
Figure 33 : Corrélogramme de la série « consohmd ».....	80
Figure 34 : Résultat de l'étape 1 : algorithme d'affectation.....	92
Figure 35 : Résultat de l'étape 2 : algorithme d'affectation.....	92
Figure 36 : Résultat de l'étape 3 itération 1 : algorithme d'affectation.....	93
Figure 37 : Résultat de l'étape 3 itération 2 : algorithme d'affectation.....	93
Figure 38 : Résultat de l'étape 3 itération 3 : algorithme d'affectation.....	93
Figure 39 : Résultat de l'étape 3 itération 4 : algorithme d'affectation.....	94
Figure 40 : Résultat de l'étape 3 itération 5 : algorithme d'affectation.....	94
Figure 41 : Résultat de l'étape 3 itération 6 : algorithme d'affectation.....	94

Figure 42 : Résultat de l'étape 3 itération 7 : algorithme d'affectation.....	95
Figure 43 : Plan d'approvisionnement du mois de Novembre 2020.....	98
Figure 44 : Autre proposition pour le plan d'approvisionnement Novembre 2020.....	98
Figure 45 : Tableau de bord [Fuel 2020] : Base de "Hassi Messaoud"	100

Liste des tableaux

Tableau 1 : Carte d'identité de Schlumberger Ltd.	22
Tableau 2 : Comparaison des référentiels logistiques selon la taille de l'entreprise.	29
Tableau 3 : Personnes interviewées dans le cadre de l'audit SCOR.....	31
Tableau 4 : Niveaux du processus de planification	32
Tableau 5 : Caractéristiques du processus de planification de l'approvisionnement	32
Tableau 6 : Synthèse des indicateurs SCOR suivis : Processus de planification	36
Tableau 7 : Niveaux du processus d'approvisionnement.....	37
Tableau 8 : Caractéristiques du processus d'approvisionnement.	38
Tableau 9 : Synthèse des indicateurs SCOR suivis : Processus d'approvisionnement.....	44
Tableau 10 : Catégorisation des dysfonctionnements	47
Tableau 11 : Données des commandes de gasoil pour l'année 2019.....	48
Tableau 12 : Tableau des coûts de transport en call out et du coût total d'acquisition.....	49
Tableau 13 : Tableau des pourcentages du coût de transport dans le coût total d'acquisition..	49
Tableau 14 : Les méthodes de prévision.....	59
Tableau 15 : Tableau de synthèse des méthodes de prévision	63
Tableau 16 : Prévisions réalisées par la technique de HW : Base Hassi Messaoud	77
Tableau 17 : Résultat des critères de Choix du meilleur modèle	81
Tableau 18 : Prévisions réalisées par la méthodologie de BJ : Base Hassi Messaoud.....	81
Tableau 19 : Tableau comparatif des prévisions pour la base de "Hassi Messaoud"	82
Tableau 20 : Tableau comparatif des prévisions pour la base de "Hassi Berkine"	82
Tableau 21 : Tableau comparatif des prévisions pour la base de "In Amenass"	82
Tableau 22 : Prestataires de transport.....	83
Tableau 23 : Délais de livraison des bases.....	83
Tableau 24 : Dates de livraison pour Janvier 2020	91
Tableau 25 : Délais de retard critique pour la base de "Hassi Messaoud"	91
Tableau 26 : Camions requis par mois et par base	92
Tableau 27 : Coûts de transport pour l'année 2020	96
Tableau 28 : Tableau comparant les résultats du PLNE et de l'algorithme d'affectation	97

Liste des Annexes

Annexe n°1: Organisation des processus SLB selon la NWW	107
Annexe n°2: Terminologie de Schlumberger.....	107
Annexe n°3: Processus pour déterminer la nature d'une commande (GOLD/Non-GOLD)...	109
Annexe n°4: Concepts théoriques sur l'audit logistique.....	110
Annexe n°5: Description des indicateurs de performance SCOR.....	118
Annexe n°6: Description des bonnes pratiques SCOR.....	119
Annexe n°7: Description des compétences SCOR.....	121
Annexe n°8: Grilles d'évaluation SCOR des processus audités	126
Annexe n°9: Modélisation des processus audités	138
Annexe n°10: Résultat de la régression linéaire pour l'estimation de la tendance de la série « consohma »–Base Hassi Messaoud	144
Annexe n°11: Modèles ARMA relatifs aux pics significatifs – Base Hassi Messaoud	144
Annexe n°12: Tests sur les résidus du modèle de prévision retenu ARMA(24,24) –Base Hassi Messaoud	146
Annexe n°13: Prévision de la consommation de la base « Hassi Berkine »	148
Annexe n°14: Prévision de la consommation de la base « In Aminas »	153
Annexe n°15: Résultats déroulement de l'algorithme pour l'obtention des dates de livraison	160
Annexe n°16: Résultat de l'algorithme pour l'affectation des camions	161
Annexe n°17: Besoin en camions pour l'année 2020.....	166

Liste des abréviations

ALS	Artificial Lift Solutions
APICS	The American Production and Inventory Control Society
AR	Auto Regressif
ASL	Approved Supplier List
BDT	Bits and Drilling Tool
BI	Business Intelligence
BJ	Box Jenkins
BP	British Petroleum
BPMN	Business process model and notation
CEO	Chief Executive Officer
CFO	Chief Financial Officer
CLC	Country Logistics Center
COPS	Compagnie d'Opérations Pétrolières Schlumberger
D&M	Drilling and Measurement and
DAP	Delivered at place
DAT	Delivered at terminal
DDR	Demande De Renseignements
DS	Differency Stationary
DSC	Distribution Service Center
DZD	Dinar algérien
E&P	Exploration & Production
ELT	Extract Load Transform
ENTP	Entreprise Nationale des Travaux aux Puits
ERP	Enterprise Resource Planning
EVP	Executive Vice President
FAT	Field Asset Transfert
FDE	Field Development and Engagement
FLSA	Field Logistics Service Agreement
FMT	Field Material Transfert
GDS	Gestionnaire De Stocks
GM	General Manager
GOLD	Global Oilfield Logistics and Distribution
GOM	GeoMarket Operations Manager
GPSC	Global Procurement Support Center
GR	Goods Reception
GSC	Global Sourcing Centers
HR	Human Ressources
HSE	Health Safety Environment
HTC	Harmonized Tariff Code
IA	Intelligence Artificielle
IT	Information Technology
LCT	Logistics Control Tower
LED	Lissage Exponentiel Double
LES	Lissage Exponentiel Simple
M&S	Materials and Supplies
MA	Moving Average
MAD	Mean Absolute Deviation
MAPE	Mean Absolute Percentage Error

MCT Material Control Tower
MD Managing Director
MM Material Management
MMD Moyenne Mobile Double
MMOG Materials Management Operations Guideline
MMS Moyenne Mobile Simple
MP Matiere Premiere
MRP Materials Resources Planning
MSE Mean Squared error
NAF North africa
OI Operations Integrity
OLE Odette Logistics Evaluation
OPRM Operational Planning and Resource Management
OS Operations System
OU Operations unit
P&S Procurement & Sourcing
PIB Produit Intérieur Brut
PL Product Line
PLSL Product line supply lead
PME Petite Moyenne Entreprise
PMI Petite Moyenne Industrie
PO Purchase Order
PRTM Pittiglio Rabin Todd & McGrath
PSC Procurement Services Center
PSD Product and Service Delivery
S&C Sales & Commercial
SA Société Anonyme
SC Supply chain
SCC Supply Chain Council
SCM Supply Chain Masters
SCOR Supply Chain Operations Reference
SIS Software Integrated Solutions
SLB Schlumberger
SPS Services Pétroliers Schlumberger
SRM Supplier Relationship Management
SSO Shared Services Organization
SWCS Sahara Well Construction Services
SWPS Schlumberger Web based Procurement System
TLM Technology Lifecycle Management
TMS Transport Management système
TQM Total Quality Management
TS Trend Stationary
TST Testing Services
VMI Vendor Management Inventory
VP Vice President
WG WesternGeco
WL Wireline Logging
WMS Warehouse Management Système
WS Well Services
WTI West Texas Intermediate

Introduction Générale

Introduction Générale

Avec la chute des prix du pétrole, causée par les nombreuses crises pétrolières et la récente crise sanitaire, certaines entreprises, notamment celles travaillant dans le secteur du service pétrolier, comme Schlumberger, Haliburton et Baker Hughes, ont subi une baisse de leur niveau d'activité. Ceci les a poussées à revoir leur mode de fonctionnement en adoptant une démarche de réduction des coûts. Cette réduction peut être le résultat d'une optimisation des processus existants, ou d'une nouvelle méthode de travail/organisation/innovation en tout genre pouvant améliorer l'efficacité et l'efficience de l'entreprise.

En plus de la situation socio-économique, cette démarche, adoptée par une majorité des acteurs économiques se déroule dans un cadre de compétitivité accrue ; la compétition pour augmenter les parts de marché en attirant de nouveaux clients tout en gardant fidèles les anciens. Pour ce faire certaines entreprises n'hésitent pas à racheter d'autres compagnies. A titre d'exemple, le numéro deux mondial du service pétrolier Haliburton a racheté Baker Hughes en 2014¹ pour concurrencer le numéro un mondial du service Schlumberger (SLB), qui riposta par la suite en rachetant Cameron en 2015.²

Pour maintenir sa position de leader, atteindre ses objectifs et garantir la pérennité et prospérité de son activité, Schlumberger.Ltd s'est restructurée et a adopté une nouvelle stratégie appelée "New Way of Working" (NWW). Cette nouvelle organisation vise plus d'efficience et d'efficacité à travers une refonte des processus de l'entreprise et l'ajout de nouveaux standards. Cette stratégie offre notamment une certaine liberté à ses employés pour proposer de nouvelles pistes d'amélioration selon le besoin lorsqu'un dysfonctionnement est détecté. Ceci afin de pallier la rigidité imposée par la stratégie.

C'est dans ce cadre que s'inscrit le présent travail. En effet, la problématique faisant l'objet de ce projet de fin d'études fait suite aux dysfonctionnements que nous avons détectés, avec l'aide des employés du département « Procurement & Sourcing », et grâce à l'audit que nous avons mené sur une partie de la Supply Chain (SC) de Schlumberger North Africa (SLB NAF).

Pour initier notre projet, nous avons tout d'abord réalisé un audit logistique des processus amonts de l'entreprise. Pour cet audit, nous avons choisi comme référentiel le modèle SCOR (Supply Chain Operations Reference). Ce choix s'est fait selon des critères objectifs considérant la nature et la taille de l'organisme concerné par l'audit. Les dysfonctionnements ainsi détectés sur les processus de planification et d'approvisionnement furent catégorisés puis priorisés au cours d'une réunion avec le corps managérial de SLB. C'est comme ça que nous avons décidé d'axer notre projet sur le dysfonctionnement en rapport avec l'utilisation inappropriée de call out pour le transport de certains produits chimiques, dans notre cas le gasoil.

Notre mission a consisté dès lors à réduire les coûts logistiques liés au processus d'approvisionnement de ce produit tout en assurant des délais de livraison convenables. Ainsi, nous avons formulé la problématique posée à travers la question suivante :

Comment réduire les coûts engendrés par le transport du gasoil utilisé par les bases de SLB ?

¹ Source : <https://www.latribune.fr/entreprises-finance/industrie/energie-environnement/20141117tribae15ffe40/naissance-d-un-mastodonte-des-services-petroliers-aux-etats-unis.html>

² Source : <https://www.latribune.fr/entreprises-finance/industrie/energie-environnement/petrole-schlumberger-rachete-son-concurrent-americain-cameron-pour-15-milliards-de-dollars-500527.html>

A partir de ce point, il fut alors question de trouver, dans un premier temps, un moyen d'anticiper le besoin en consommation gasoil des bases, puis dans un second temps, d'envisager un autre type de modèle de transport et de l'évaluer en termes de coûts et de délais pour comparer son efficacité et son efficience par rapport à celui anciennement utilisé. Nous avons formulé ces points à travers les sous-questions suivantes :

- Peut-on anticiper le besoin en consommation gasoil des bases ?
- Peut-on déterminer le nombre de commandes par mois et par base ?
- Peut-on envisager un autre type de modèle de transport ? Ce modèle a-t-il de meilleurs délais ? Est-il plus rentable que le modèle actuellement utilisé ?
- Comment peut-on améliorer la performance de gestion de transport des bases ?

Ainsi, ce travail consiste à mener une étude visant à optimiser le processus de planification du transport de gasoil au sud de l'Algérie et ce, en agissant sur deux volets. Le premier concerne la fiabilisation et l'amélioration des prévisions de la consommation en gasoil de chaque base.

Le second volet consiste à planifier le transport et de l'approvisionnement de ce produit, de façon à prendre en compte les spécificités et caractéristiques de chacune des bases tout en minimisant les couts logistiques de transport.

Le troisième et dernier volet concerne l'amélioration de la gestion, du contrôle, et du suivi de la performance pratique du processus d'approvisionnement et de transport de gasoil.

Afin de mener à bien notre mission, notre travail est reparti sur trois chapitres. Le premier chapitre est dédié à la présentation du marché pétrolier, de l'entreprise d'accueil, acteur majeur de ce secteur et leader du service pétrolier, à l'audit SCOR qui fut mené ainsi qu'à la description de la problématique retenue.

Le second chapitre est consacré à l'état de l'art. On y aborde et explique les différents concepts théoriques et outils qui nous ont servis pour la construction de notre solution.

Le troisième chapitre est dédié au développement de la solution. Nous y expliquons la démarche à suivre et les outils à utiliser pour réaliser un plan d'approvisionnement et de transport assurant des couts logistiques moindres, et cela en nous basant sur les données disponibles.

Enfin, clôturons notre travail par une conclusion générale proposant des perspectives d'avenir et des pistes d'amélioration pour l'entreprise.

Chapitre I : Etude de l'existant

Chapitre I : Etude de l'existant

Introduction

L'étude de l'existant est subdivisée en quatre parties. La première est consacrée à la présentation du marché pétrolier et de ses spécificités. La seconde concerne la présentation de l'entreprise d'accueil, Schlumberger. Se familiariser avec l'entreprise permettra de mieux cerner les enjeux relatifs à ce travail et le contexte dans lequel il est mené. La troisième partie, quant à elle, est présentée sous la forme d'un audit logistique visant à faire ressortir les écarts de fonctionnement et les dysfonctionnements des processus logistiques amonts et identifier ainsi les opportunités d'amélioration potentielles. Enfin, dans la dernière partie, il est question d'énoncer la problématique et les questions qui se posent autour de celle-ci.

1. Présentation du marché pétrolier

Cette partie a pour but de mieux cerner les spécificités et caractéristiques du secteur pétrolier, de familiariser le lecteur avec les concepts qui l'entourent et l'aider à comprendre le contexte global d'un tel marché.

1.1. Le marché pétrolier

Le marché pétrolier est le lieu de rencontre de l'offre et de la demande de pétrole et de produits pétroliers. C'est sur ce marché que se forment le prix du baril de pétrole brut et ceux de ses divers dérivés. Le prix, affiché en dollar américain, du baril dépend de son degré, qui lui est déterminé par des facteurs tels que sa densité API³, sa teneur en sulfure, sa localisation et du jeu de l'offre et de la demande, mais aussi de la situation économique et politique des pays producteurs.⁴

Il existe plusieurs producteurs, voici une liste non exhaustive des pays producteurs de pétrole : les États-Unis, la Russie, l'Arabie saoudite, le Canada, l'Irak, les Émirats arabes unis, l'Iran, le Brésil, le Koweït, le Nigeria, le Mexique, le Kazakhstan, le Qatar, la Norvège, l'Angola, l'Algérie, la Libye et le Venezuela.⁵

Il existe une organisation intergouvernementale de pays nommée « L'Organisation des pays exportateurs de pétrole » (OPEP) qui vise à négocier avec les sociétés pétrolières pour tout ce qui touche à la production de pétrole, son prix et les futurs droits de concession. Cependant, il est à noter que ce n'est pas tous les pays producteurs de pétrole qui font partie de cette organisation, et il arrive qu'il y ait des conflits d'intérêts entre ces pays et les autres pays producteurs (comme, par exemple, la Russie qui, elle, ne fait pas partie de l'OPEP).

Pour apprécier l'évolution des marchés pétroliers, il faut connaître leurs spécificités, mais surtout leurs subtilités. A ce titre, il faut discerner la différence entre les différents types de pétrole.

³ La densité API est une échelle exprimant la densité du pétrole brut en degrés API (° API).

⁴ Source : https://fr.wikipedia.org/wiki/March%C3%A9_p%C3%A9trolier

⁵ Source : https://fr.wikipedia.org/wiki/Organisation_des_pays_exportateurs_de_p%C3%A9trole

Si la majorité des acteurs économiques distinguent avec plus ou moins de discernement la différence entre le Brent et le WTI, peu se préoccupent vraiment de la différence entre ces deux références, pourtant riche de sens et qui aura toute son importance dans la balance de la demande mondiale.

En guise de rappel, il convient de s'attarder à généraliser la notion de "pétrole brut", au point de sous-entendre que l'or noir constitue une matière première homogène et identique en tout point sur toute la surface du globe. La réalité demeure bien évidemment différente. Au contraire, il serait plus juste de parler de « pétroles » au pluriel compte tenu de la diversité de sa qualité. C'est pourquoi aucun agent économique ne consomme directement de pétrole brut. Il doit être au préalable raffiné ou transformé avant d'être utilisé ou incorporé dans notre quotidien.

Plus concrètement, la qualité d'un pétrole s'apprécie à travers deux principaux critères : sa densité, exprimée en gravité API, et sa teneur en soufre, exprimée en pourcentage. A la lumière de ces critères, il est aisé de distinguer des centaines de qualités différentes. Au point où on pourrait même avancer qu'il en existe une par gisement. Sur la figure n°1 différents types de pétroles sont classés par degré d'API et par teneur en soufre.

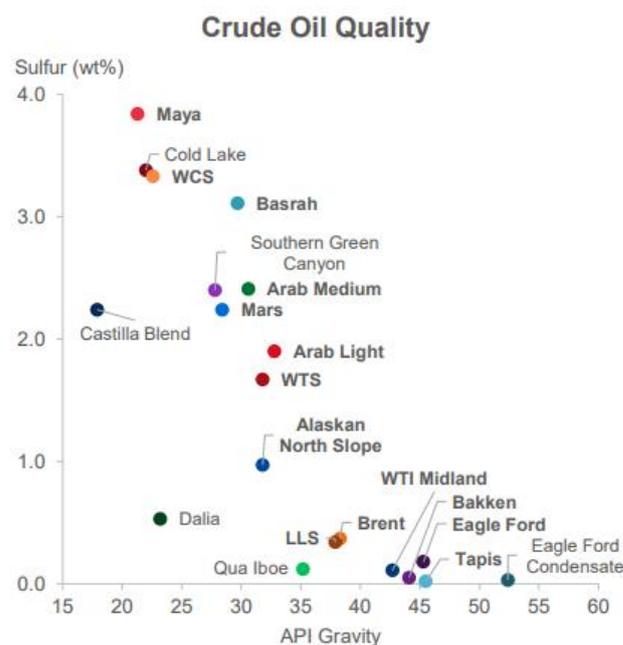


Figure 1 Exemple de différents pétroles classés par degré d'API et de teneur en soufre (Heravest, 28 Février 2019)

Au sein de cette grande hétérogénéité de qualité, il est communément admis de prendre comme référence le Brent et le WTI ou encore le Dubai Light⁶ :

- Le WTI ou West Texas Intermediate est un brut léger (API important), non sulfuré (taux de soufre très faible) et envoyé par pipeline à Cushing, une ville de l'Oklahoma, aux États-Unis. Son lieu de stockage rend son transport et son exportation coûteuse en terme de logistique, il est ainsi principalement raffiné sur le territoire national et destiné à la consommation américaine.

⁶ Source : <https://www.zonebourse.com/cours/matiere-premiere/LONDON-BRENT-OIL-4948/actualite/Petrole-Pourquoi-le-Brent-est-il-plus-cher-que-le-WTI--26980358/>

- Le Brent constitue aussi un pétrole léger (API important) et doux (taux de soufre faible). Issu de différents champs de la mer du Nord, le pétrole est principalement raffiné en Europe du Nord. Néanmoins, du fait de la position géographique de son lieu de stockage, qui dispose d'un port en eau profonde, d'importants volumes sont déplacés par tankers à travers le monde, renforçant sa pertinence en tant que référence mondiale.
- Le Dubaï Light est extrait du Golfe Persique. Il s'agit d'un panier de pétrole brut en provenance des gisements de Dubaï, d'Oman ou encore d'Abu Dhabi. C'est un pétrole plus lourd mais aussi beaucoup plus soufré.

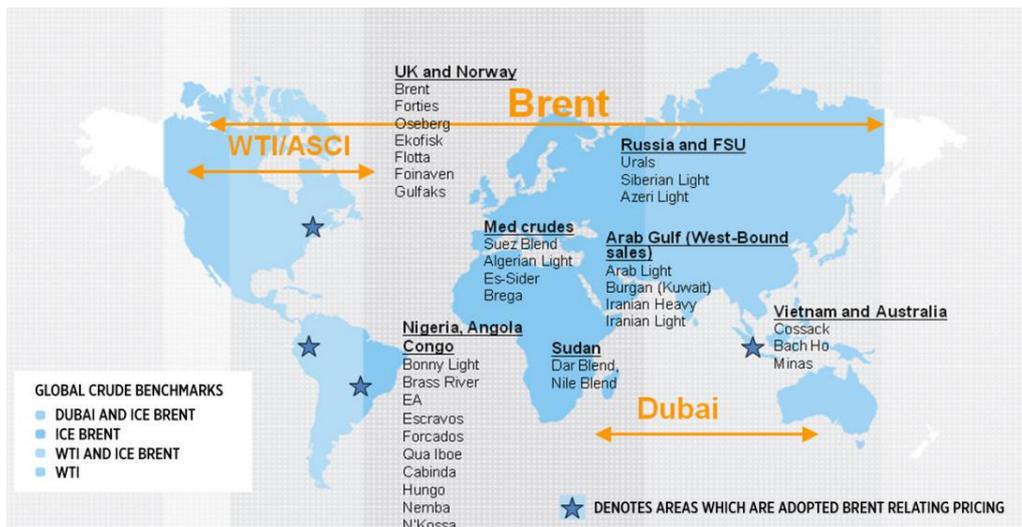


Figure 2 Utilisation des références à travers le monde (Intercontinental Exchange (ICE), 2002)

Les cours pétroliers ont connu une très forte hausse de 2002 à l'été 2006, sous l'effet d'une spéculation générale sur les matières premières à la veille de la crise des subprimes. Cette hausse s'explique aussi par divers facteurs comme la forte demande venant de Chine, des inquiétudes géopolitiques (baisse de la production en Irak, tensions politiques au Moyen-Orient, au Nigéria, désorganisation passagère au Venezuela...), des dégâts industriels (golfe du Mexique à la suite du passage de Katrina...), et l'influence, devenue prépondérante, des opérateurs financiers.

La chute brutale, mais de courte durée, observée à l'automne 2008 s'explique par la disparition de liquidités, elle-même consécutive à la crise des subprimes, ainsi que par une chute de la consommation et du PIB des pays riches et enfin par des excédents de productions disponibles.

L'expression « choc pétrolier » fait référence aux conséquences sur l'économie mondiale d'une modification brutale de l'offre de pétrole (choc d'offre) combinant hausse du prix et augmentation de la consommation et/ou baisse de la production.

On distingue trois crises différentes apparues en 1973, 1979 et 2008. Le début des années 2000 a également vu une importante augmentation du prix du pétrole mais sans atteindre la brutalité et les conséquences des trois crises précitées et n'est donc pas considérée comme un « choc pétrolier » à proprement parlé.⁷

⁷ Source : https://fr.wikipedia.org/wiki/Choc_p%C3%A9trolier

Les causes et conséquences de chacune de ces crises sont différentes, mais de nombreux spécialistes craignent une répétition de ces crises en raison de la dépendance accrue de l'économie mondiale au pétrole parallèlement à une diminution certaine des réserves naturelles de pétrole.

De ce qui précède, l'on peut conclure l'instabilité du marché pétrolier, qui fait que les compagnies pétrolières ont du mal à prévoir à long terme l'intensité et le niveau de leurs activités et des moyens à mobiliser afin d'optimiser leur organisation, leur coût, leurs délais, pour ainsi dire, la performance globale de leur chaîne de travail.

1.2. La nature de la demande du marché

Les événements géopolitiques continuent de faire fluctuer les cours du pétrole, l'épidémie de Covid-19 a drastiquement fait baisser la consommation mondiale de pétrole. D'après l'agence internationale de l'énergie (AIE), la demande mondiale serait de 99,9 millions de barils par jour en 2020, soit environ 90 000 de moins qu'en 2019. Cela est notamment dû à la baisse de consommation de la Chine, qui se trouve être à la fois un des plus gros consommateurs d'or noir dans le monde et actuellement le pays le plus touché par l'épidémie. En janvier 2020, le prix du baril de pétrole brut de la mer du Nord (Brent) a atteint 57,3 € en moyenne par baril.⁸

Les membres de l'OPEP et la Russie se sont réunis le 06 mars 2020 pour essayer de trouver une solution à la baisse de la demande. La solution proposée par l'Arabie Saoudite est de réduire l'offre sur le marché et donc réduire la production dans les pays membres pour faire remonter les prix du baril. Malgré l'urgence de la situation, la Russie a refusé de procéder à des coupes de sa production, de ce fait, l'Arabie Saoudite a réagi en déclarant une véritable guerre des prix à la Russie. En effet, le pays a décidé d'augmenter sa production et de réduire ses prix de manière drastique. Cette opération aurait notamment pour but de prendre des parts de marché à la Russie et de booster les exportations vers d'autres pays que la Chine qui a fortement réduit ses importations. La conséquence directe de cet agissement est un baril à 20\$. Ce chiffre représente le prix du pétrole le plus bas de ces 20 dernières années.⁹

Ces décisions et leurs répercussions toucheront toutes les compagnies pétrolières, d'Exploration & Production, et celles de services pétroliers dont fait partie Schlumberger.Ltd,

Pour faire face à cette situation, pour le moins exceptionnelle, en tant que leader du secteur des services pétroliers, la multinationale se doit d'optimiser d'avantage tous ses processus, et de les adapter au nouveau contexte et aux nouvelles contraintes qui se dessinent.

2. Présentation de Schlumberger

A travers cette partie, nous allons présenter l'entreprise où nous avons effectué notre stage de fin d'études. Nous présenterons dans un premier temps Schlumberger Ltd. en général, puis nous parlerons de la présence de cette dernière en Algérie.

⁸ Source : <https://prixdubaril.com/news-petrole/68491-coronavirus-l-aie-anticipe-une-baisse-de.html>

⁹ Source : <https://www.fioulmarket.fr/actualites/les-prix-du-petrole-continuent-leur-baisse-le-prix-du-fioul-suit-cette-tendance>

Pour cela, nous nous baserons essentiellement sur les informations disponibles au niveau du site web officiel de l'entreprise ainsi que de la documentation fournie par cette dernière.

2.1. Schlumberger Ltd.

Schlumberger est une multinationale franco-américaine dont la principale mission est de fournir des technologies, des services de gestion intégrés de projets et des solutions informatiques pour les industries d'exploration et exploitation pétrolière et gazière de par le monde. L'entreprise intervient tout le long des différents processus d'exploration et exploitation, c'est-à-dire en commençant de la découverte et prospection des gisements pétroliers ou gaziers, jusqu'à la fin de vie du puit.

Le tableau n°1 synthétise les principales informations concernant Schlumberger Ltd.

Tableau 1 Carte d'identité de Schlumberger Ltd.

	
Date de création	1926
Fondateurs	Conrad Schlumberger & Marcel Schlumberger
Forme juridique	Société anonyme avec appel public à l'épargne
Action	New York Stock Exchange et Euronext
Siege social	Bureaux principaux à Houston (USA), Paris (France), et la Haye (Pays-Bas).
Direction	CEO : Olivier Le Peuch EVP & CFO: Simon Ayat
Activité	Prestataire de services pétroliers
Effectif	105 000 (2018)
Capitalisation	48 001 millions USD (février 2020)
Chiffre d'affaire	32 917 millions USD (2019)
Résultat net	- 10 137 millions USD (2019)
Cash-Flow opérationnel	~ 5.431 millions USD (2019)

2.1.1. Les activités de Schlumberger Ltd.

Schlumberger, qui est présente dans plus de 120 pays, gère ses activités par le biais de quatre (04) groupes, qui sont : la caractérisation, le forage, la production et Cameron.

Chaque groupe se compose de plusieurs segments, appelés chacun « Product Line (PL) » qui, à leur tour, sont divisés en sous-segments. Ces groupes couvrent toute la durée de vie d'un réservoir.

- **Premier groupe : Reservoir Characterization Group** : Il intervient lors de la découverte et la prospection des sites potentiellement forables pour définir les caractéristiques des gisements pétroliers. Il décompte quatre (04) PLs : Wireline Logging (WL), Testing Services (TST), WesternGeco (WG) et Software Integrated Solutions (SIS).
- **Deuxième groupe : Reservoir Drilling Group** : Ce groupe offre les principales technologies de mise en œuvre du forage des puits de pétrole ou de gaz, à savoir Trépan et technologies avancées, M-I SWACO, Geoservices, Forage et mesures, PathFinder, outils de forage et reconditionnement, gestion des pressions dynamiques, et gestion intégrée de projets appliquée à la construction de puits.

Il regroupe deux (03) importants PLs et qui sont : Drilling and Measurement and GeoServices Segment (D&M), Bits and Drilling Tool (BDT) : s'occupe des différentes opérations de forage grâce à des équipements spécifiques et spécialisés et MI-SWACO.
- **Troisième groupe : Reservoir Production Group** : Succédant le forage, il propose de nombreuses technologies pour la production des réservoirs de pétrole et de gaz pendant tout leur cycle de vie. Il se divise en trois (03) PLs : Artificial Lift Solutions (ALS), Completions (CPL) et Well Services (WS).
- **Quatrième groupe : Cameron** : Récemment acquis par Schlumberger, ce groupe est spécialisé dans la fabrication d'équipements de contrôle de pression dans le secteur pétrolier.

2.1.2. Organisation de Schlumberger Ltd.

En 2017, Schlumberger Ltd a mis en place une nouvelle stratégie de travail, la "New Way of Working". Cette stratégie a pour objet la réorganisation globale des structures de l'entreprise et de ses processus de travail (annexe n°1). Cette stratégie est présentée comme une nouvelle façon de travailler de manière plus méthodique en combinant efficacité, fiabilité et agilité à travers la vision « Think new, Act new ».

Chacun des PLs (Product Lines) cités dans le point précédent est organisé comme illustré sur la figure n°3.

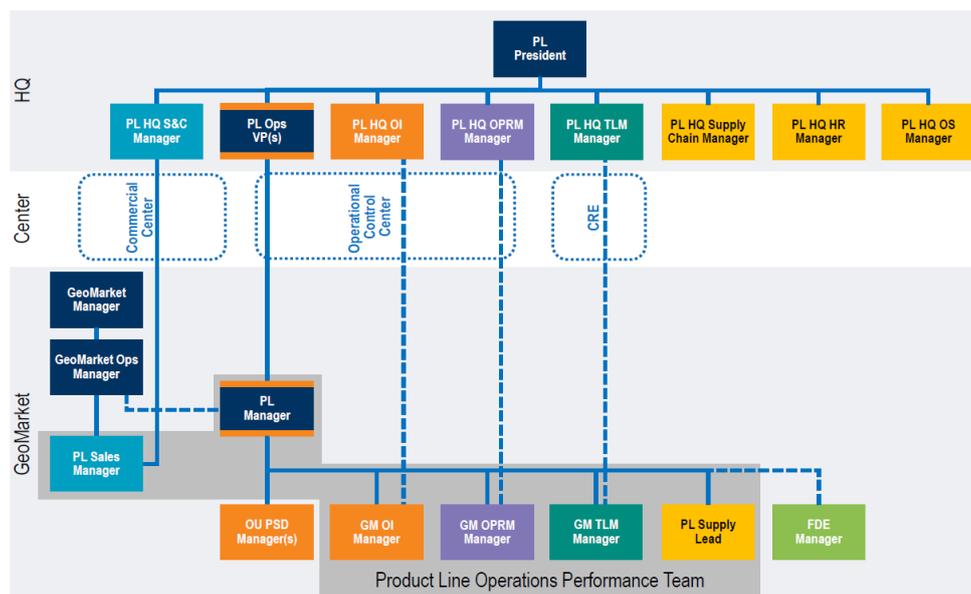


Figure 3 Organisation de SLB Ltd. (Schlumberger, 2020)

Tels que :

- **Le « HeadQuarter » (HQ)** est un ensemble de fonctions concerné par de la gestion et la planification des opérations et des décisions à un niveau stratégique.
- **Un « Center »** est une organisation qui varie selon la fonction et le PL. Par exemple, dans l'organisation Sales&Commercial, « Center » fait référence au « Commercial Center ». Les centres (hubs) les plus importants pour la SC sont : les « Procurement services centers » (PSC's) basés à Bucarest, Kuala Lumpur et Houston, et les « Global Sourcing Centers » (GSC's) basés à Dubaï, Bogota, Houston, et Bucarest.
- **Un « GeoMarket »** est une organisation des marchés et des opérations permettant à SLB une relation client de proximité. En effet, l'entreprise classe les pays où elle opère selon seize (16) "Geomarkets" (géo-marché) quasi-autonomes, eux même faisant parti de l'un des deux hémisphères. La figure n°4 illustre ce partage.

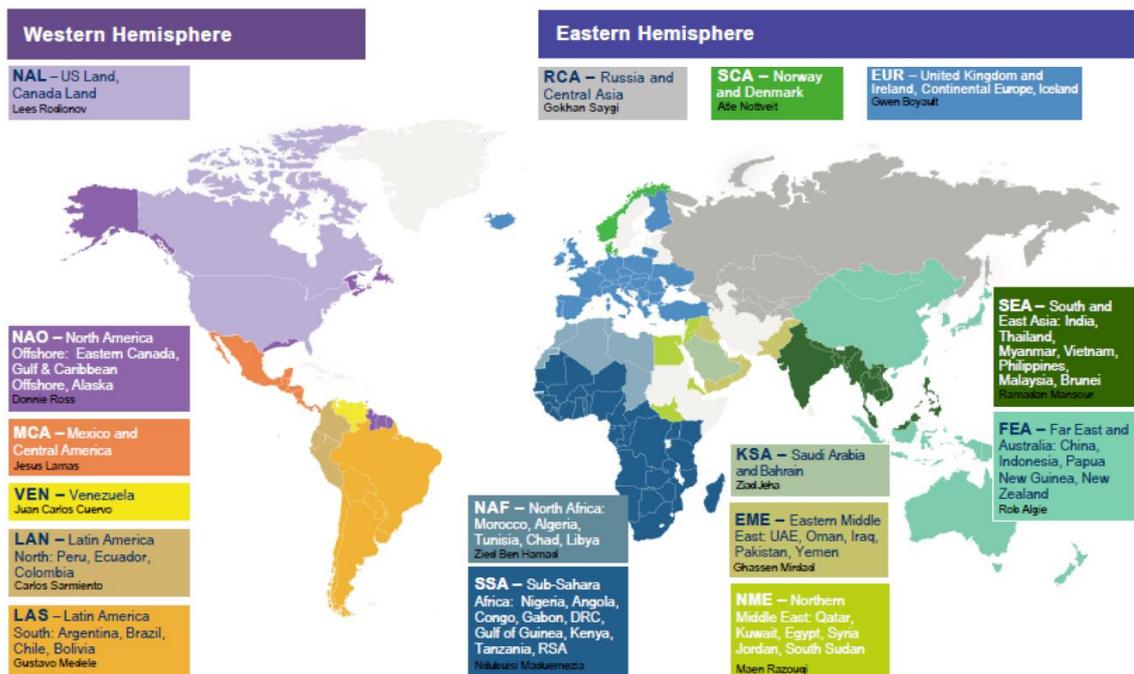


Figure 4 Schlumberger dans le monde (Schlumberger, 2018)

2.2. Schlumberger en Algérie

En 1955, Schlumberger fait son entrée sur le marché algérien sous l'appellation « Service Pétrolier Schlumberger (SPS) » et sous la forme juridique Société Anonyme (SA). Aux côtés du Maroc, de la Tunisie, de la Libye et du Chad, l'Algérie constitue, selon l'organisation énoncée par la NWW, « Schlumberger North Africa géomarket (NAF) », comme illustré sur la figure n°5.



Figure 5 Position géographique du Géomarket NAF (Schlumberger, 2020)

Elle représente pour ce dernier un marché clé puisque sa part du chiffre d'affaires dépasse 60% du global de la région.

Le siège social de Schlumberger Algérie se situe à Alger, à la zone d'activités d'Amara de Cheraga, route d'Ouled-Fayet. Quant à ses départements opérationnels, ils s'étalent dans le sud du pays :

- Six (06) bases situées à Hassi Messaoud : MD1, MD2, MD3, MD5, MI Base, Cameron base ;
- Une (01) base située à Hassi berkine ;
- Une (01) base située à In Salah ;
- Une (01) base située à In Amenas.

Ceci pour être au plus près de ses clients : SONATRACH, British Petroleum (BP), AGIP, ANADARKO, TOTAL et le Ministère Algérien de l'Energie et des Mines, lui procurant plus de 70% des parts du marché des services pétroliers en Algérie.

En 2010, l'entreprise gagne du terrain grâce à l'acquisition de Smith Industries et de Geoservices.

Schlumberger est présente en Algérie à travers les entités suivantes :

- La Compagnie d'Opérations Pétrolières Schlumberger (COPS) ;
- Les Services Pétroliers Schlumberger (SPS) ;
- Cameron Algérie ;
- Sahara Well Construction Services (SWCS) et MI- Algeria SPA qui sont en fait des joints ventures avec l'entreprise Sonatrach et l'entreprise nationale des travaux aux puits (ENTP).

2.3. Gestion de la Supply Chain chez Schlumberger NAF

L'un des éléments majeurs chez Schlumberger est sa chaîne logistique. Cette dernière est gérée par la fonction Shared Services Organization (SSO). La principale mission de cette fonction consiste à orchestrer les fonctions supports, finances et ressources humaines, communes aux différents segments, en plus des fonctions Opérations IT, Management des contrats, Moyens Généraux et Construction, Global Distribution, Achats et approvisionnement.

En terme de Supply Chain, elle répond aux besoins des segments opérationnels en termes de matériels et est responsable du suivi et de la coordination de l'ensemble des flux physiques, financiers et informationnels, en englobant toutes les activités en amont et en aval de la prestation de service, c'est-à-dire du réapprovisionnement et du transport des matières premières et des équipements nécessaires à la bonne exécution des services aux clients.

La Supply Chain de Schlumberger repose principalement sur trois structures qui travaillent en étroite collaboration entre elles mais aussi avec le reste des départements de l'entreprise :

- « Achats et approvisionnements » (P&S) : constitué à son tour des sous fonctions « Sourcing » pour l'identification des fournisseurs et « Procurement » pour l'exécution des contrats.
- « Global Distribution » : pour la fourniture et le suivi des commandes. Il est lui-même constitué des sous fonctions :
 - « Import/export » : pour la gestion et le suivi des opérations d'importation et d'exportation d'équipements et produits nécessaires à l'activité des PLs.
 - « Transport domestique » : pour l'optimisation du transport local et plus particulièrement le transfert des équipements et produits du segment aux chantiers où se déroulent ses opérations.
 - « Material Management » : pour la gestion des flux matériels et des stocks de l'entreprise. Pour une meilleure gestion, les articles sont classés en 3 types :
 - M&S (Materials and Supplies) : représentent les produits qui sont dédiés à la maintenance et dont le paiement s'effectue après la réception.
 - L'inventaire financier : représente les produits et consommables (ciment, produits chimiques, explosifs, ...) qui sont vendus aux clients et dont le paiement s'effectue après la consommation.
 - Actif : représente une ressource matérielle ou immatérielle dédiée à fournir un service aux clients. Le coût de cette dernière est égal à l'amortissement de la ressource pendant son utilisation par Schlumberger Algérie.

Les types de produits M&S et « inventaire financier » sont divisés en 3 catégories :

- CAT1 : catégorie des pièces de rechange.
- CAT2 : catégorie des articles dont la consommation est grande.
- CAT3 : catégorie des équipements utilisés dans des projets spéciaux.
- « Moyens Généraux et Construction » (Facilities & Construction) : qui assure la maintenance et la gérance des équipements et des installations de l'entreprise, de ses moyens de manutention, des activités de levage et de manutention, cleaning etc.

Les postes de responsabilité reliés à ce département, au niveau du GeoMarket, sont représentés à travers l'organigramme illustré sur la figure n°6.

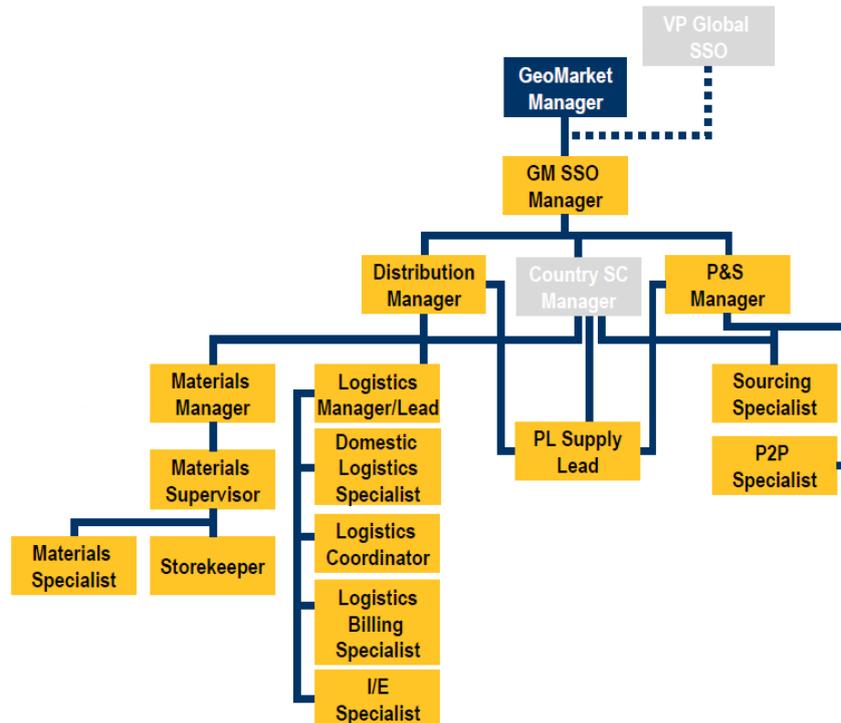


Figure 6 Les postes de responsabilité de la SC de SLB au niveau du GeoMarket (Schlumberger, 2020)

▪ L'entité GOLD

L'entité "Global Oilfield Logistics and Distribution" (GOLD) est une entité mondiale, implémentée en Avril 2002 par SLB pour la gestion de sa logistique internationale. Elle est en charge de l'organisation, la coordination et le contrôle logistique ainsi que les opérations de distribution des équipements et des M&S requis par les autres entités SLB. Le rôle principal de cette entité est :

- La consolidation des commandes d'expédition pour les différents centres, conformément aux accords de service logistique (Field Logistics Service Agreement).
- Le transfert de la commande aux centres en utilisant le mode de transport le plus efficace à moindre coût, en tenant compte du type de commande (standard/ urgent).
- L'achat auprès des fournisseurs internationaux et la vente aux entités de Schlumberger.

Pour assurer sa fonction, GOLD possède plusieurs hubs logistiques répartis sur l'ensemble du globe comme illustré sur la figure n°7. Cette configuration lui permet une efficacité en termes de coûts et de délais (Lead time).

Pour qu'une commande soit prise en charge par le service GOLD, un certain nombre de critères doivent être respectés, pour plus de détail se référer à l'annexe n°3.

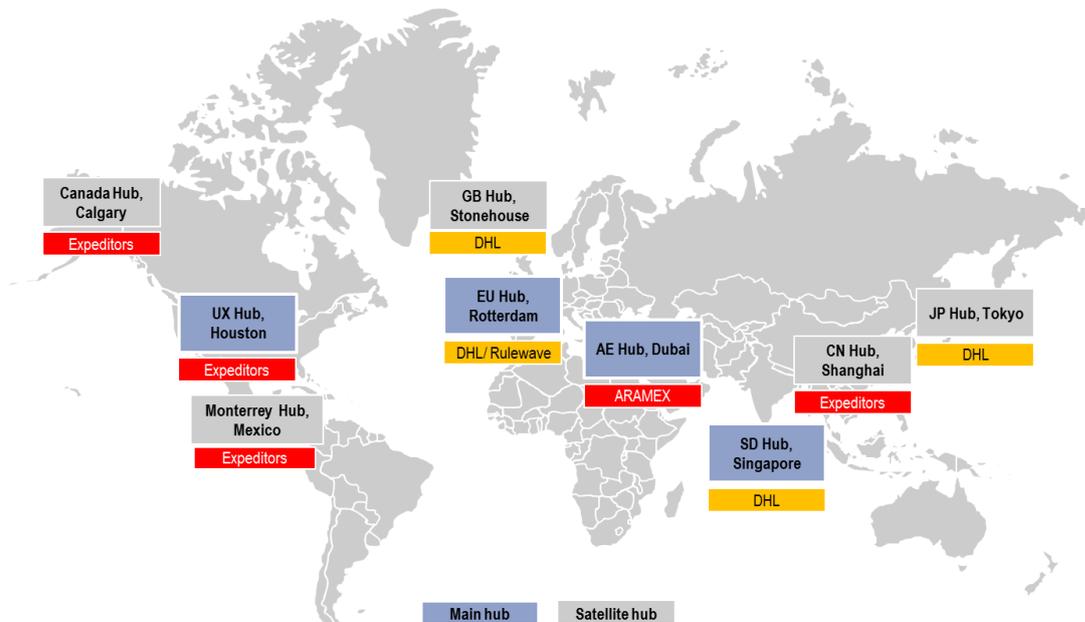


Figure 7 Positions géographiques des plateformes logistiques de GOLD (Schlumberger, 2013)

3. Audit des pratiques logistiques

Dans cette partie nous présentons les résultats de l'audit que nous avons mené sur la SC amont de Schlumberger. Mais avant cela, il serait intéressant de présenter quelques-uns des référentiels d'audit logistique les plus connus et utilisés. Cela, dans le but d'évaluer les différentes possibilités qui s'offrent à nous. L'annexe n°4 recense ces référentiels.

3.1. Choix du référentiel d'audit

L'audit est la base de toute action d'amélioration se voulant concrète et durable. Il permet de faire un état des lieux et de détecter les dysfonctionnements impactant la performance des processus de l'entreprise. Pour être mené de manière efficace et efficiente, un audit se fait selon une base de comparaison dite référentiel, indispensable à la formulation du jugement. C'est d'ailleurs ce qui constitue la principale différence avec le diagnostic.

Pour notre étude, nous avons porté notre choix de référentiel sur le modèle SCOR. Ce choix a été motivé par le fait que cet outil permette une approche par processus donnant une vision globale et intégrée du système logistique et une plus grande portée d'analyse ainsi qu'une amélioration profonde de la SC basée sur un benchmark avec les pratiques des entreprises les plus performantes (best practices).

Pour aller plus loin, nous allons comparer, selon des critères objectifs, différents référentiels d'audit logistique :

- Le tableau n°2 prend en compte, comme critère de comparaison, la taille de l'entreprise sur laquelle sera mené l'audit. Les informations ont été reportées depuis les différents référentiels.

Tableau 2 Comparaison des référentiels logistiques selon la taille de l'entreprise

Référentiel d'audit	Taille de l'entreprise
Supply Chain Master	PME – Entreprise entre 0 et 500 personnes
ASLOG	Grandes entreprises plus de 500 personnes
SCOR	Très grande entreprises

- Le graphe de la figure n°8 positionne des référentiels logistiques selon deux axes : l'orientation, nationale ou internationale des activités de l'entreprise, et la focalisation principale de ces activités, production et/ou distribution.

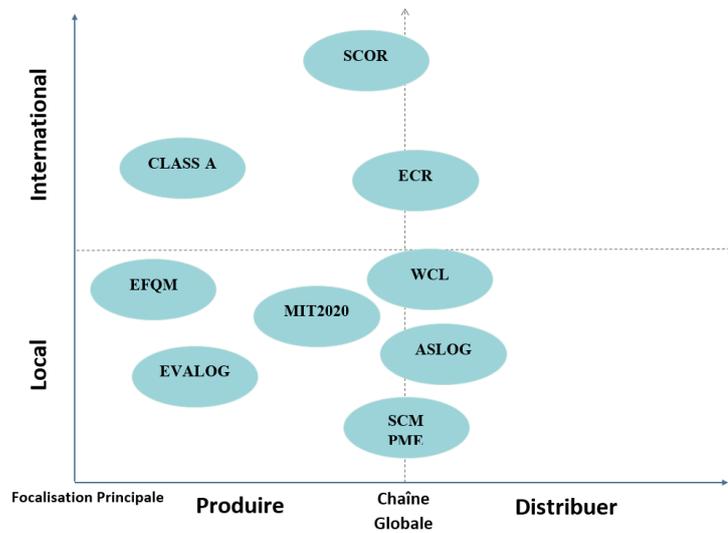


Figure 8 Positionnement des référentiels logistiques (Darteville, Arnaud, 2016)

- La figure n°9 renseigne les domaines couverts par les référentiels vus plus haut.

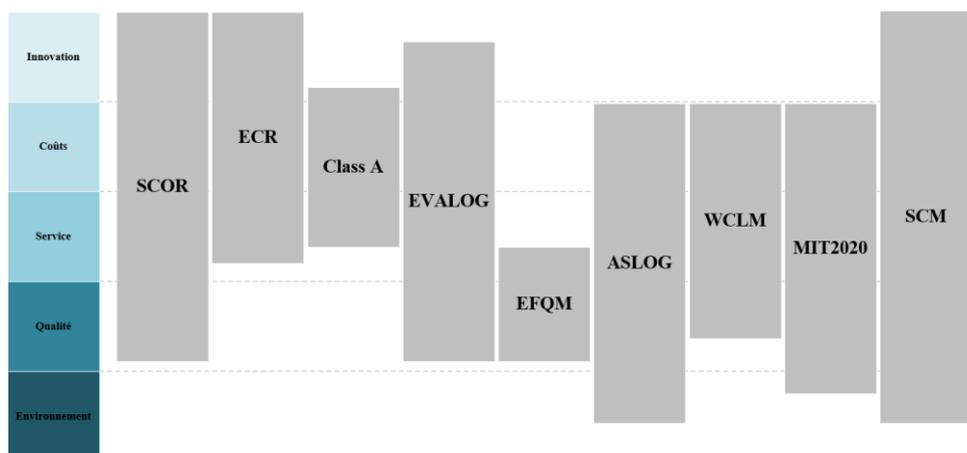


Figure 9 Domaines couverts par les référentiels logistiques (Belhsen, 2018)

En considérant l'ensemble de ces critères, il en ressort que le référentiel SCOR est celui qui correspond le mieux pour l'audit de l'entreprise Schlumberger, étant donné que :

- SLB est une entreprise de très grande taille avec une orientation internationale ;
- SCOR s'applique, selon la figure n°9, à l'ensemble de la SC ;
- SCOR couvre le domaine de l'innovation, qui est un élément majeur de la philosophie d'approche de SLB, en plus du reste des domaines considérés.

Aussi, l'approche SCOR permet de définir précisément quelles sont les activités considérées comme appartenant à la chaîne logistique de manière plus exhaustive et plus structurée.

Enfin, il s'agit du seul modèle de référence approfondi conçu pour l'ensemble de la chaîne logistique de toutes les entreprises, quel que soit leur secteur d'activité, qu'elles soient industrielles ou prestataires de services.

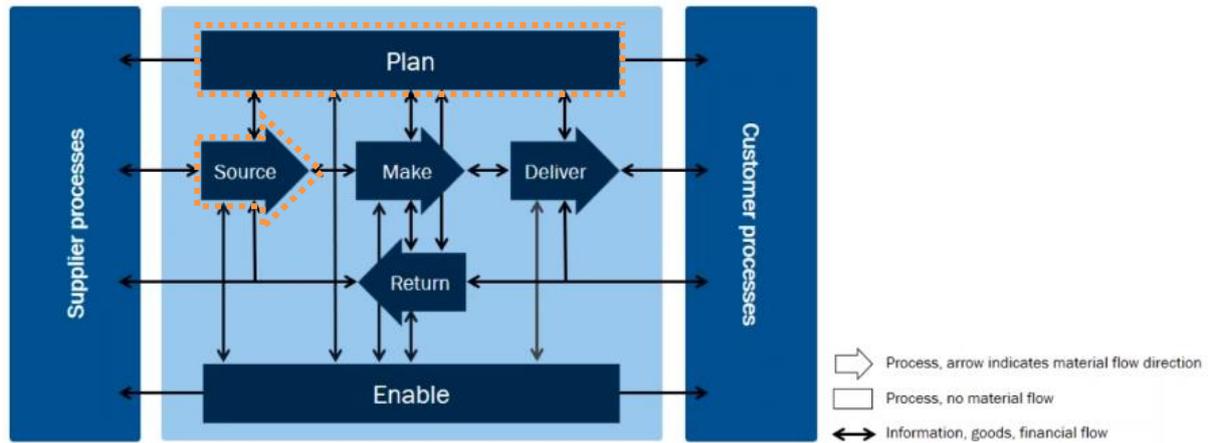
3.2. Déroulement de l'audit

Dans cette section, nous allons décrire la démarche suivie pour mener l'audit au sein de l'entreprise Schlumberger NAF ainsi que le périmètre de ce dernier.

Après concertation avec le corps managérial de l'entreprise, et une première constatation sommaire des potentiels d'amélioration de chaque processus de SLB, nous avons décidé de limiter la portée de notre audit aux processus amonts de la SC, ceci en vue de l'importance de la phase d'approvisionnement dans la SC. En effet, cette phase a pour mission de gérer divers niveaux tels que le niveau du stock, le niveau de sélection des fournisseurs, l'affectation des commandes aux fournisseurs sélectionnés, la réception des commandes, le contrôle de réception des commandes livrées par le fournisseur... De plus, l'entreprise a exprimé le besoin de réduire ses coûts logistiques et ses délais de traitement des commandes.

Aussi, en plus de constituer l'une des plus grandes sources de dépenses, les processus amonts de la SC apportent une valeur ajoutée importante à l'activité principale de l'entreprise. En effet, Schlumberger est une entreprise délivrant des services et la qualité de ces services dépend de la qualité des produits et équipements qu'elle utilise pour les réaliser et leurs délais d'approvisionnement. A titre d'exemple, par le passé, l'injection d'un produit de mauvaise qualité, fourni par son fournisseur, lui avait causé la perte de cinq (05) milliards de dollars. L'amélioration et l'optimisation de ces processus permettront ainsi des coûts moindres et une rentabilité bien plus importante.

En accord avec ces constatations, les processus que nous allons auditer sont : le processus de planification et le processus d'approvisionnement.



Pour commencer, nous allons décomposer chaque processus selon les trois (03) niveaux énoncés par le référentiel **SCOR V12.0**. Puis, nous allons décrire chaque processus de niveau 3 en termes d'outputs, d'inputs, de départements/entités responsables et déroulement, puis nous allons le modéliser selon la notation du BPMN 2, grâce à l'outil de modélisation « Camunda BPMN ». Les modélisations sont présentées en annexe (voir annexe n°9). Pour finir, nous allons évaluer les processus grâce à la grille proposée, toujours, par SCOR, et qui considère trois (03) paramètres : indicateurs de performance suivis, pratiques utilisées et compétences existantes.

Les grilles complétées sont également présentées en annexe (voir annexe n°8) en plus d'une description des indicateurs, bonnes pratiques et compétences SCOR les moins compréhensibles intuitivement (voir annexes n°5, 6, et 7). Pour réaliser ceci, nous nous sommes basés sur deux (02) sources d'information, l'observation directe des processus ne pouvant se faire à ce moment-là à cause de la crise sanitaire :

- La documentation disponible au niveau de l'entreprise : tous les processus sont documentés et expliqués ;
- L'interview des acteurs de la SC : les interviews ont servi au rassemblement d'informations non documentées. Aussi, les réponses se contredisant ont été revues une seconde fois lors d'une réunion regroupant tous les acteurs concernés.

Les personnes interviewées sont répertoriées dans le tableau n°3.

Tableau 3 Personnes interviewées dans le cadre de l'audit SCOR

Nom et Prénom	Poste
M. Chérif El Mahdi RAHMOUNE	NAF Sourcing Specialist
M. Younes ATIF	NAF Materials Management leader
M. Noureddine HADDADI	Import Export Specialist
Mme. Hadia SAIDANI OUAFI	NAF Sourcing leader
M. Younes NEKKA	NAF Materials & Supply Coordinator
M. Kheireddine CHEBOUTI	NAF Facility Supervisor
M. Ramtane BENKERROU	Domestic logistics lead

3.3. Processus de planification

Les processus retenus, selon la décomposition de niveau 2 du référentiel SCOR, sont les processus de « Planification de l'approvisionnement » et le processus « Planification du transport/distribution » uniquement. Le tableau n°4 présente la décomposition du processus de planification selon le référentiel SCOR V12.0.

Tableau 4 Niveaux du processus de planification (SCOR 12.0, 2017)

Niveau 1	sP Planification	
Niveau 2	sP2. Plan Source	sP4. Plan Deliver
Niveau 3	sP2.1 Identify, Prioritize and Aggregate Product Requirements	sP4.1 Identify, Prioritize and Aggregate Delivery Requirements
	sP2.2 Identify, Assess and Aggregate Product Resources	sP4.2 Identify, Assess and Aggregate Delivery Resources
	sP2.3 Balance Product Resources with Product Requirements	sP4.3 Balance Delivery Resources and Capabilities with Delivery Requirements
	sP2.4 Establish Sourcing Plans	sP4.4 Establish Delivery Plans

3.3.1. Processus de planification de l'approvisionnement

La planification de l'approvisionnement chez Schlumberger, diffère selon le type et la catégorie de l'article :

- Pour les équipements, l'acquisition est ponctuelle. Elle s'effectue lors de la signature de nouveaux contrats ou lors du renouvellement des équipements défectueux.
- Pour certains produits chimiques comme le gasoil, l'approvisionnement se fait de manière réactive, selon l'intensité de l'activité.
- Pour les M&S et les inventaires financiers une planification des approvisionnements est nécessaire.

Les principaux éléments caractéristiques du processus en question sont identifiés dans le tableau n°5.

Tableau 5 Caractéristiques du processus de planification de l'approvisionnement

Intitulé du processus	Planification de l'approvisionnement
Finalité du processus	Établir un plan d'approvisionnement pouvant répondre aux besoins des segments dans les meilleurs délais et au meilleur coût en assurant un certain niveau de stock et en limitant les ruptures.
Responsable du processus	Material Management, P&S
Client du processus	Segments opérationnels (PLs)
Input	Historique des consommations pour chaque article
Output	Plan d'approvisionnement

A. Identification, priorisation et agrégation des besoins

L'évaluation des besoins pour les M&S s'effectue en calculant la consommation moyenne journalière C_m de chaque article à partir de son historique de consommation durant les douze (12) derniers mois. Cette moyenne est recalculée tous les trois (03) mois par le local management grâce à la formule suivante :

$$C_m = \frac{\text{Somme des consommations journalières de l'article durant les 12 derniers mois}}{365}$$

Les M&S sont caractérisés par une consommation plus ou moins constante dans le temps, c'est pour cela que l'entreprise considère cette formule comme suffisante. Bien évidemment, il serait intéressant d'utiliser d'autres méthodes que la moyenne, par exemple, en se basant sur des outils comme la moyenne mobile.

L'évaluation des besoins de produits tels que les produits chimiques et les produits explosifs dépend du type de l'activité qu'effectue l'entreprise en ce moment et du nombre de contrat en cours. Elle est donc variable et est estimée selon chaque projet en se basant sur les données historiques et sur l'expérience des agents.

B. Identification, évaluation et agrégation des ressources

Afin d'évaluer ses stocks en M&S, l'entreprise a recours à OFS Store, un Warehouse Management System (WMS). Ce dernier permet la mise à jour instantanée du niveau des stocks des articles reçus et/ou consommés grâce aux informations renseignées par le gestionnaire de stock lors de la réception ou la consommation d'un article.

Pour une meilleure gestion, les M&S sont regroupés selon leurs fréquences de consommation :

- Les runners : consommation journalière ;
- Les repeaters : consommation tous les 2-3 jours ;
- Les strangers : consommation une fois tous les 3-4 mois ;
- Les slow movers : consommation une fois tous les 6 mois ou plus.

Pour les produits chimiques stockés dans des citernes, les équipes qui en sont responsables utilisent des fichiers Excel pour rapporter la consommation et renseigner le niveau des citernes de stockage. Cependant, il y'a un certain manque de rigueur quant au renseignement ce qui diminue la fiabilité de ces données.

C. Équilibre entre les besoins et les ressources

L'équipe du département « Material Management » identifie les articles à commander en termes de type et de quantité, en prenant en compte ce qui est déjà disponible en stock, en s'assurant du respect du budget, et en considérant d'autres paramètres tels que l'obsolescence des produits stockés ou encore les risques et contraintes dans l'approvisionnement.

Le modèle de réapprovisionnement utilisé est celui à quantité variable et à période fixe (FV), ce pour tous les M&S. La politique d'approvisionnement est donc celle du re-complètement périodique, de façon à re-compléter régulièrement le stock et atteindre une valeur S_{max} telle que :

$$S_{max} = C_m * \text{nombre de jours du mois} + \text{stock de sécurité}$$

Elle se fait une fois par mois. La figure n°11 illustre un exemple de variation du niveau d'un stock selon la politique de re-complètement périodique.

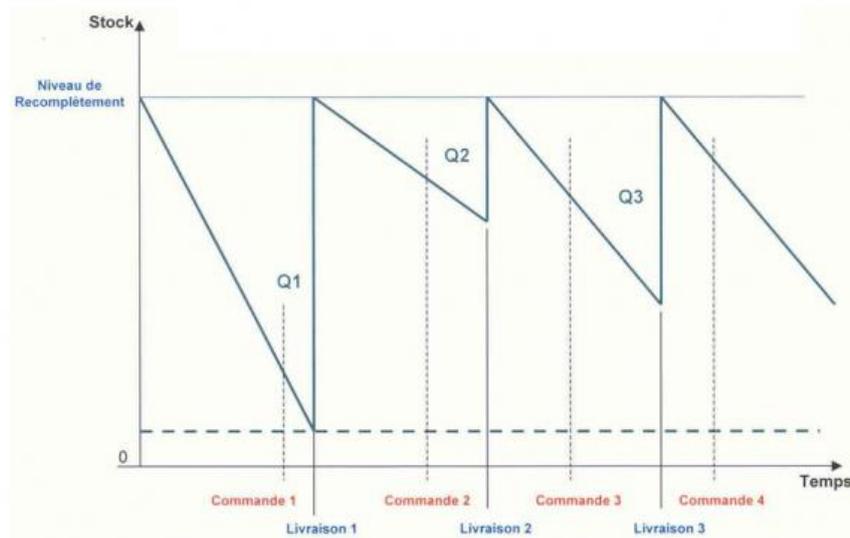


Figure 11 Politique de re-complètement périodique des stocks

Pour les produits chimiques stockés dans des citernes et fournis par des fournisseurs locaux, l'approvisionnement se fait selon l'expérience des équipes en charge de ces produits. Elles effectuent les commandes de façon réactive et ne disposent d'aucune stratégie ou plan d'approvisionnement.

D. Génération d'un plan d'approvisionnement

Pour générer le plan d'approvisionnement, une réunion est tenue entre le département « Material Management » et le département « P&S ». Au cours de cette réunion, le plan est discuté, coordonné et approuvé avant sa finalisation. Une fois le plan d'approvisionnement finalisé, toute modification doit être discutée et convenue avec les principaux intervenants avant que les changements ne prennent effet.

Un plan d'approvisionnement doit contenir :

- Les produits et quantités prévus ;
- Le coût total de la dépense prévue ;
- Les renseignements sur les fournisseurs : nom, localisation, qualité des produits, rapport des incidents et risques de l'année précédente ;
- La méthode de transport prévue et leurs incoterms ;
- La date de lancement de la commande, la date de paiement de la facture, et la date de réception prévu.

Pour les produits chimiques évoqués précédemment il n'y a pas de plan d'approvisionnement. Il s'agit de commandes passées sur le tas. Une estimation réalisée en début d'année sur la base de l'expérience des équipes est transmise aux fournisseurs de MP et ceux de transport.

Il est important de préciser que le plan d'approvisionnement et le plan de transport sont simultanément générés au cours de cette même réunion. Ceci explique le fait que la méthode de transport prévue et les incoterms soient abordés à cette étape.

3.3.2. Processus de planification du transport

La planification de la distribution s'effectue chaque mois et passe par quatre (04) sous processus.

A. Identification, priorisation et agrégation des besoins

Pour les M&S, le besoin en transport international est évalué selon le type des produits, leurs quantités, le temps de transport, et leur urgence. Une fois arrivés au port/aéroport, et dédouanés, le transitaire se charge de transporter les produits vers leurs lieux de stockage.

Pour le transport de liquides, généralement les produits chimiques évoqués précédemment, le transport doit se faire à l'aide de camions citernes certifiés.

B. Identification, évaluation et agrégation des ressources

L'entreprise sous-traite l'ensemble de sa flotte pour assurer le transport domestique. Elle dispose pour cela de deux types de ressources :

- **Monthly Rental truck** : ce sont des véhicules loués pour une période déterminée, généralement d'un mois. Durant cette période, l'entreprise paie un coût journalier fixe. L'entreprise se doit alors de maximiser l'utilisation de ces véhicules durant cette période pour les rentabiliser. De ce fait, il est nécessaire d'avoir une bonne visibilité et donc, de bonnes prévisions.
- **Call out Rental truck** : ce sont des véhicules loués pour un trajet donné. Le coût de la location est fonction de la destination, du trajet emprunté et du nombre de jours d'immobilisation du véhicule. L'entreprise a recours à ce type de ressource lorsqu'aucun « Monthly Rental » n'est disponible lorsqu'il n'y a pas de visibilité sur le besoin au cours du mois ou lorsque le besoin en transport est faible. Le coût journalier d'utilisation de cette ressource est nettement plus conséquent que celui de la première.

Pour sélectionner ses fournisseurs de véhicules, SLB signe des contrats sur le critère du mieux disant grâce à un appel d'offre. Ces fournisseurs sont audités régulièrement et leurs véhicules doivent être certifiés selon les exigences de la compagnie avant qu'ils ne puissent être utilisés.

Il est également à noter que, dans le cas du Monthly Rental, il n'y a pas de délai d'attente pour le traitement de la commande, notamment pour l'obtention de l'approbation du prestataire. Ce qui n'est pas le cas pour le Call out Rental truck.

C. Équilibre entre les besoins et les ressources

Selon la disponibilité des ressources de transport, SLB essaye de satisfaire son besoin en transport afin s'assurer la continuité de son activité tout en veillant à minimiser les coûts et à rentabiliser la location des Monthly Rental.

D. Génération d'un plan de transport/distribution

Dans le cas des Monthly Rental, le plan de distribution est élaboré chaque mois par le responsable du service « Transport domestique ». Quant au cas des camions en Call out Rental, aucun plan de transport n'est établi, et les bons de commande sont envoyés au transporteur dès l'expression du besoin de la part des segments.

3.3.3. Caractérisation des dysfonctionnements du processus de planification

▪ Dysfonctionnements selon SCOR

- Suivi des indicateurs de performance proposés par SCOR pour la planification :

La plupart des indicateurs de performance définis par le référentiel SCOR ne sont pas calculés pour les 2 axes : fiabilité et réactivité comme le montre le tableau n°6.

Tableau 6 Synthèse des indicateurs SCOR suivis : Processus de planification

Performance	Indicateurs contrôlés / Total des indicateurs	% des indicateurs calculés selon SCOR
Fiabilité	1/5	20%
Réactivité	1/7	14,3%
Flexibilité	-	-
Coûts	-	-
Actifs	-	-

- **Absence des processus de planification de la logistique, de l'entrepôt et de l'amélioration de la précision de la gestion de la commande :** Pas de prévision des réceptions et d'expéditions, et de calcul du niveau des stocks des entrepôts.
- **Non utilisation de la méthode ABC :** L'entreprise ne classe pas ses articles selon la méthode ABC, elle utilise une autre classification (runners, strangers movers...).
- **Non utilisation de la méthode de réapprovisionnement Min-Max :** l'entreprise n'utilise pas la méthode du point de commande. Elle utilise une autre méthode plus adaptée à son activité qui consiste à faire des prévisions de son besoin, l'ajuste par rapport au budget disponible puis passe commande.
- **Acceptation des commandes non planifiées :** Les commandes non planifiées sont acceptées sans mesurer leur impact sur l'activité globale.
- **Absence de collaboration avec les fournisseurs et de partage d'informations avec les parties prenantes :** L'entreprise ne communique pas les niveaux de ses stocks à ses fournisseurs. Ces fournisseurs ne partagent donc pas la responsabilité d'équilibrer entre les ressources et les besoins par un accord de service commun. Elle ne partage également pas d'informations liées à la production et aux commandes avec les parties prenantes.
- **Non utilisation de méthodes de prévision :** L'évaluation des besoins futurs se fait par rapport à l'historique des consommations et ne se base pas sur une méthode scientifique.
- **Absence de contrôle de nomenclature :** Les M&S ne sont pas décomposables en sous-ensembles.
- **Absence de méthode de « picking parfaite » :** Le picking est réalisé par les prestataires logistiques de transport.
- **Absence de gestion des tâches :** L'activité de l'entreprise est très complexe à cause du nombre important d'acteurs et de tâches interdépendantes, il n'y a alors pas eu de décomposition de l'activité en tâches.

- **Absence de logistique accélérée (Locale) :** il n'y a pas d'alternative pour le moment pour accélérer les processus et les activités locales, car certaines activités sont affectées par des paramètres exogènes.
 - **Autres dysfonctionnements**
- **Rupture de stocks :** Il arrive qu'il y ait des ruptures de stocks pour les M&S.
- **Utilisation inappropriée de la ressource « call out rental » :** Pour certains produits à grande et régulière consommation, l'entreprise utilise des « call out rental » pour assurer le transport depuis le fournisseur ce qui engendre des coûts logistiques importants relativement au montant de l'achat. La planification de l'approvisionnement de tels produits et leur transport à l'aide des « monthly rental » pourrait faire économiser des sommes non négligeables à l'entreprise.
- **Délais de paiement grand :** Le paiement règlementaire est de 70 jours à partir du jour de réception de la facture relative au PO en question. Cependant, il arrive que des entreprises avec qui SLB traite exigent des délais plus courts (7jours), ce qui déséquilibre le bilan financier.
- **Entrées sur SI non balisées :** Il existe des erreurs de saisie dans le système d'information (SI) « ON TRACK » qui permet le suivi des commandes en cours, ce qui se répercute sur l'exactitude des informations pouvant être obtenus à travers ce SI (date de livraison, état de la commande, etc.).

3.4. Processus d'approvisionnement

Le tableau n°7 montre la décomposition, selon le référentiel SCOR (V12.0), du processus d'approvisionnement en niveau 2 et niveau 3.

Tableau 7 Niveaux du processus d'approvisionnement (SCOR 12.0, 2017)

Niveau 1	sS Approvisionnement		
Niveau 2	sS1. Source Stocked Product	sS2. Source Make-to-Order Product	sS3. Source Engineer-to-Order Product
Niveau 3	sS1.1 Schedule Product Deliveries	sS2.1 Schedule Product Deliveries	sS3.1 Identify Sources of Supply
	sS1.2 Receive Product	sS2.2 Receive Product	sS3.2 Select Final Supplier and Negotiate
	sS1.3 Verify Product	sS2.3 Verify Product	sS3.3 Schedule Product Deliveries
	sS1.4 Transfer Product	sS2.4 Transfer Product	sS3.4 Receive Product
	sS1.5 Authorize Supplier Payment	sS2.5 Authorize Supplier Payment	sS3.5 Verify Product
			sS3.6 Transfer Product
			sS3.7 Authorize Supplier Payment

La stratégie d'approvisionnement de Schlumberger varie en fonction du type et de la catégorie du produit. A cet effet, on retrouve, au sein de l'entreprise, les 3 types d'approvisionnement énoncés par le référentiel SCOR à savoir :

- **Approvisionnement pour une production sur stock** : pour les produits stratégiques, à forte consommation et/ou présentant un risque et des contraintes d'approvisionnement ;
- **Approvisionnement pour une production à la commande** : pour les produits dont le temps de réapprovisionnement est relativement court et/ou la consommation relativement faible avec des risques d'approvisionnement maîtrisés ;
- **Approvisionnement pour une production à la conception** : pour la satisfaction de nouveaux besoins non pris en charge par les fournisseurs déjà existants dans la base de données de l'entreprise ou dans le cadre d'un projet de réapprovisionnement lors de l'expression annuelle des besoins de la part des segments opérationnels,

Les principaux éléments caractéristiques du processus en question sont identifiés dans le tableau n°8.

Tableau 8 Caractéristiques du processus d'approvisionnement

Intitulé du processus	Approvisionnement
Finalité du processus	<ul style="list-style-type: none"> - Satisfaction des besoins des segments opérationnels en termes de matières premières nécessaires à la réalisation des services et le maintien des équipements. - Identification des fournisseurs et gestion de la relation. - Suivi et évaluation des performances fournisseurs.
Responsable du processus	Fonction SSO et Moyens Généraux
Client du processus	Les segments opérationnels (PLs)
Fournisseur	Fournisseur GOLD Fournisseur non GOLD Fournisseur local
Input	Plan de réapprovisionnement
Output	Satisfaction des besoins en réapprovisionnement

Pour éviter toute forme de répétition, les processus de niveau 3 pour les trois (03) stratégies d'approvisionnement seront décrits simultanément. Les points de différence, s'il y en a, seront relevés au fur et à mesure.

3.4.1. Identification des fournisseurs

Input : Besoins segments.

Output : Liste de fournisseurs pré-qualifiés.

Responsables : Equipe P&S, parties prenantes.

▪ Identification des fournisseurs

Cette phase commence par le benchmarking et l'évaluation des fournisseurs existants. Si aucun ne correspond aux besoins, un « nouveau » fournisseur doit être identifié. Ces derniers sont recensés par :

- Concertation avec les parties prenantes du projet ;
- Consultation de la base de données interne des fournisseurs approuvés par Schlumberger « ASL » (Approved Supplier List) et qui ont précédemment exprimé leur intérêt à travailler avec l'entreprise ;
- Analyse de la taxonomie du fournisseur ;
- Recherche Internet, consultation des sites commerciaux locaux et/ou des organisations spécialisées dans le domaine, comme le Better Business Bureau.

▪ **Présélection des fournisseurs**

Après avoir identifié les fournisseurs potentiels, nouveaux ou existants, le fournisseur fait l'objet d'une demande de renseignements (DDR) dans le but de recueillir des informations permettant de déterminer s'il est éligible pour soumissionner à l'appel d'offres, et d'un rapport Dunn & Bradstreet qui donne un aperçu de sa santé financière et de ses litiges en suspens.

Une fois les réponses collectées, l'équipe procède à un Benchmarking des résultats entre fournisseurs. Les plus qualifiés sont présélectionnés pour participer au processus d'appel d'offres et sont ajoutés à l'ASL.

3.4.2. Sélection des fournisseurs

Input : Liste de fournisseurs pré-qualifiés

Output : Catalogues fournisseurs.

Responsables : Equipe P&S, parties prenantes.

▪ **Processus d'appel d'offre**

Une fois la liste des fournisseurs pré-qualifiés établie, le processus d'appel d'offres est lancé via « Ariba ». Ce processus a pour but de garantir que la valeur maximale est obtenue pour chaque dépense décidée par Schlumberger. Cependant, le processus d'appel d'offres varie en fonction du montant de l'achat.

▪ **Sélection des fournisseurs**

Grâce à un tableau de bord recensant l'ensemble des critères d'évaluation de la DDR en plus du critère financier de l'appel d'offre et à leur pondération, l'équipe sourcing avec la collaboration des parties prenantes du projet est en mesure d'établir une liste des 2 ou 3 fournisseurs les plus qualifiés. S'en suit alors une négociation avec ces fournisseurs.

Une fois les négociations terminées, le tableau de bord est mis à jour pour l'évaluation finale avec les parties prenantes du projet. Les fournisseurs retenus à l'issue de cette dernière font l'objet d'un audit visant à déterminer s'ils sont en mesure d'atteindre les spécifications techniques des pièces, produits et services en question. Si les résultats ne sont pas satisfaisants, d'autres fournisseurs seront sélectionnés parmi ceux ayant soumissionné à l'appel d'offres et feront à leur tour l'objet d'un audit.

Sinon, les fournisseurs signent un contrat avec Schlumberger ou à défaut signent les termes et conditions générales d'achat. Un catalogue regroupant l'ensemble des articles fournis ainsi que leurs prix négociés sont élaborés pour chacun de ces fournisseurs. Les catalogues et les documents relatifs aux fournisseurs sont ensuite mis en ligne sur la plateforme d'achats SWPS et sont utilisés lors du processus de création de la commande.

3.4.3. Gestion de la commande

Input : Détails de la commande.

Output : Bon de commande (PO).

Responsables : PL, Materiel Management, PL planner, PL manager, Distribution-Logistics

- **Recherche FMT :** Si le stock de SLB n'assure pas le besoin du demandeur (PL – Client interne), la priorité se retourne vers les opportunités FMT qui consistent à rechercher la quantité du produit demandée au niveau des différentes entités de Schlumberger à travers le monde grâce au système SRT. Si la recherche débouche sur une opportunité, le processus FMT (Field Material Transfert) ou bien FAT (Field Asset Transfert), pris en charge par la Logistic Control Tower (LCT), est enclenché pour transférer le produit d'une entité Schlumberger à une autre.
- **Recherche Fournisseur :** Si aucune opportunité ne se présente, le demandeur consulte les catalogues fournisseurs disponibles sur le système SWPS et la liste des fournisseurs approuvés par Schlumberger (ASL). Si aucun des fournisseurs ne correspond à son besoin, il demande au « Procurement & Sourcing » d'effectuer une recherche de fournisseurs pouvant satisfaire sa demande.
- **Création d'un PO :** Sinon, il constitue son panier de produits et renseigne toutes les informations concernant sa demande. Ce panier doit passer par une chaîne d'approbation. Une fois celle-ci obtenue, un bon de commande (PO) est créé sur le système.

S'il s'agit d'un achat international respectant les critères d'une commande GOLD, le PO est pris en charge par une équipe d'achat basée à Bucarest, en Roumanie. Cette équipe identifie la possibilité de regrouper plusieurs commandes reçues de segments et Geomarkets différents et qui concernent un même produit et un même fournisseur.

S'il s'agit d'un achat international Non- GOLD, la commande est considérée comme spéciale et passe alors par le processus de commande spéciale.

S'il s'agit d'un achat local, le PO est envoyé automatiquement par SWPS au fournisseur sélectionné sous la forme d'un courrier électronique, celui-ci peut accepter ou refuser la commande.

3.4.4. Transfert de la commande

A. Cas du fournisseur GOLD

Input : Bon de commande (PO), y compris les Bon de commandes de GOLD.

Output : Expéditions vers le GeoMarket.

Responsables : Département « Distribution-Logistique », Entité GOLD, Prestataire logistique (3PL), ARAMEX, Douane.

GOLD, pour répondre aux besoins de ses clients internes, fait appel à deux stratégies d'approvisionnement :

- **Buy to Order** : GOLD effectue les achats auprès des fournisseurs en se basant sur la commande émise par le PL concerné puis la lui vend.
- **Buy to Stock** : GOLD achète auprès des fournisseurs à l'avance pour constituer un stock de certains articles critiques et/ou à forte fréquence de consommation. Ceci afin de faciliter la réponse aux demandes des PL avec un lead time réduit.

Dans ce qui suit nous allons dérouler les étapes du transfert de la commande depuis les fournisseurs vers GOLD, puis depuis GOLD vers les lieux de stockage (Base des opérations).

Etape 01 : Transfert depuis le fournisseur vers le GOLD

A la création d'un PO en provenance d'un PL ou lors d'un besoin de reconstitution de son stock, GOLD transfère la commande avec tous ses détails au fournisseur concerné. Ce dernier se charge de préparer la commande et une fois prête, il transmet une préalerte au GOLD pour prévenir de l'arrivée de la commande au niveau du HUB le plus proche de sa localisation.

Selon les termes du contrat et incoterm, DAP ou Ex-Works, le fournisseur assure ou non le transport vers le HUB. Dans le second cas, GOLD fait appel à un prestataire logistique pour assurer ce transfert.

A l'arrivée de la marchandise au Hub, une vérification de l'état ainsi que de la quantité est effectuée. Dans le cas où s'il s'agit d'une commande propre à GOLD pour alimenter son stock, les articles sont stockés par ce même prestataire logistique (3PL) dans l'attente d'une commande en provenance des PL.

Sinon, s'il s'agit de la commande d'un PL, GOLD transmet la facture au service « Distribution – Logistics » en notifiant le prestataire logistique. Elle stocke ensuite la commande dans l'attente d'une approbation d'envoi (Green light) de leur part, ceci après vérification des types de marchandise via leur HTC code afin d'être en accord avec les requis de la douane du pays importateur.

Le service « Distribution-Logistique » avec la collaboration du prestataire logistique vérifie un certain nombre de critères. Si tout est en règle, le feu vert est donné à GOLD. Celui-ci autorise, après consolidation de la commande, son transfert depuis le point de stockage (Hub Gold ou air d'entrepôt du prestataire 3PL) vers le point d'entrée choisi par le département logistique (Port /aéroport/route). Sinon, les articles commandés resteront stockés au niveau du GOLD en attendant d'être expédiés vers une autre localité ayant exprimé le besoin de s'approvisionner en cette marchandise (Rerouting procedure).

Etape 02 : Transfert du GOLD vers les ports/aéroports

Une fois le feu vert reçu et la commande consolidée, GOLD envoie une première préalerte lorsque la commande quitte le HUB/3PL entrepôt. Le scope de gold s'arrête une fois la marchandise arrivée au point d'arrivée choisi par le GeoMarkert recevant la marchandise (Port / Aéroport). La pré-alerte est accompagnée des factures des articles expédiés ainsi que leurs Packing Lists. Toujours par le biais d'un 3PL, le transfert de la marchandise est effectué par voie maritime ou aérienne.

10 à 15 jours avant l'arrivée de la commande au port/aéroport, GOLD envoie une seconde préalerte pour notifier de l'arrivée de la commande et transmet le reste des documents nécessaires au dédouanement.

Le transitaire (entreprise mandatée par Schlumberger pour la représenter auprès de la douane, dans le cas de l'Algérie il s'agit de l'entreprise ARAMEX) effectue le dédouanement dès la réception des documents nécessaires (facture originale, document de transport) et le complètement du paiement des droits et taxes, magasinage.

Etape 03 : Transfert depuis les ports/aéroports vers les lieux de stockage

Une fois le dédouanement terminé le 3PL est notifié, dans le cas d'un incoterm DAP, pour continuer l'opération de transfert jusqu'au lieu de stockage, sinon, dans le cas d'un incoterm DAT, le transitaire se charge d'effectuer ce transfert selon des termes contractuels .

B. Cas du fournisseur Local

Si les termes du contrat d'approvisionnement spécifient que le transfert des commandes est assuré par le fournisseur, alors celui-ci livre les produits ou équipements au lieu spécifié. Si, au contraire, le transport n'est pas assuré par le fournisseur, SLB dispose de deux (02) types de ressources. Comme expliqué dans la partie planification, l'entreprise ne dispose pas de flotte propre. Ceci pour des raisons stratégiques. Elle préfère se concentrer sur son cœur de métier et sous-traiter tout ce qui n'y touche pas.

La ressource de type « monthly rental » est sous la direction du département « Domestic logistic ». Il se charge de réaliser un plan de transport pour les commandes en bénéficiant. Ceci dans le but de rentabiliser au maximum la location de ces camions citernes, car, utilisés 30jrs/30 ou 1jr/30, le montant à payer à la fin du mois reste le même.

La ressource de type « call out rental » est sous la direction du département « Moyens généraux ». Il se charge d'émettre et transmettre, au fur et à mesure de l'expression du besoin, les bons de commande pour le transport de ces dernières depuis le fournisseur de MP vers les lieux de consommation et/ou de stockage. Le fournisseur exécute l'opération dès la réception du bon de commande, mais seulement s'il y'a des camions disponibles. Les produits/équipements concernés par cette ressource ne font l'objet d'aucun plan de transport. Son coût d'utilisation est nettement supérieur à celui de la première.

3.4.5. Réception de la commande

Input : marchandise commandée + documents (bon de commande, bon de livraison...).

Responsables : gestionnaire de stocks, transitaire, agents de manutention.

- **Réception au niveau du port :** Dans le cas d'une commande GOLD, la marchandise est dans un premier temps réceptionnée par le transitaire au niveau du port/aéroport qui va se charger de les stocker en attendant la fin de la procédure de dédouanement. Une fois le dédouanement effectué, l'Import/Export Specialist envoie une notification par mail au Material Management l'informant de la date d'arrivée des articles dédouanés. Cette notification est accompagnée des Packing Lists ainsi que des factures originales.
- **Réception au niveau des bases :** Le gestionnaire des stocks commence par vérifier les documents accompagnant le chargement. Les agents de manutention procèdent ensuite aux déchargements de la commande au niveau des zones de réception. La marchandise est réceptionnée au niveau de trois entrepôts : magasins de la base MD1, magasins de la base MD2, et magasins de la « Base 2 ».

3.4.6. Vérification de la commande

Input : Bon de commande (PO), articles commandés.

Output : Articles déclarés sur SWPS et prêts à la consommation/utilisation.

Responsables : gestionnaire de stocks, transitaire

- **Vérification au niveau de GOLD :** Pour une commande GOLD, une première vérification de l'état, de la qualité ainsi que de la quantité des articles est effectuée au niveau du Hub logistique où elle est reçue. Après sa consolidation et avant son expédition la commande fait l'objet d'une deuxième vérification.
- **Vérification au niveau du port/aéroport :** Toujours dans le cas d'une commande GOLD, à son arrivée au port/aéroport le transitaire se charge de faire une vérification visuelle de l'état de la marchandise et vérifier les quantités. Après la vérification, la marchandise est stockée par le transitaire en attendant la fin de la procédure de dédouanement et son transfert vers les bases.
- **Vérification au niveau des bases :** Lors de la réception physique de la marchandise au niveau des entrepôts des bases, le gestionnaire des stocks effectue une vérification de celle-ci en se basant sur les spécifications contenues dans le bon de commande (PO).

Pour les produits, les matériels et les pièces de rechange, il vérifie le type, l'état, la qualité et les quantités. Pour les équipements, en plus de ce qui précède s'ajoute la vérification du numéro de série. Lorsque la vérification de la qualité s'avère compliquée pour le gestionnaire de stocks, il fait appel au segment concerné par l'article reçu pour constater si ce dernier correspond aux spécifications de sa demande. Si la marchandise est conforme, le gestionnaire déclare la bonne réception des articles sur le système SWPS. Sinon, il enclenche le processus de retour des articles non conformes.

3.4.7. Processus d'entreposage

Après avoir réceptionné et procédé à la vérification des articles livrés, les employés du MM sont chargés de ranger chaque article dans son emplacement et les segments concernés par les équipements réceptionnés sont appelés à les récupérer.

3.4.8. Processus de paiement des fournisseurs

Input : Facture, PO.

Output : Paiement fournisseur effectué.

Responsables : Finance, P&S-Procurement, Distribution-Logistic, MM, fournisseur.

- **Fournisseurs GOLD :** Schlumberger Worldwide procède au paiement du fournisseur dès la réception du feu vert de la part du département « Distribution - Logistic », puis facture l'ensemble des coûts logistiques associés à l'expédition de la commande additionnée au montant de la marchandise en elle-même au PL du Geomarket concerné.
- **Fournisseur local :** Après que le gestionnaire de stocks (GDS) ait déclaré la bonne réception de la marchandise sur le système SWPS, le département « Finance » compare le PO à cette déclaration et à la facture. Cette comparaison est appelée : Three Ways Match. Si tout est conforme, il procède au paiement du fournisseur. Pour le paiement des différentes factures, la fonction « Finance » utilise trois ERPs : Oracle, Lawson et Smith.

3.4.9. Caractérisation des dysfonctionnements du processus d'approvisionnement

▪ Dysfonctionnements selon SCOR

- **Suivi des indicateurs de performance proposés par SCOR pour l'approvisionnement** : La plupart des indicateurs de performance définis par le référentiel SCOR ne sont pas calculés pour les 3 axes : fiabilité, réactivité et actifs comme le montre le tableau n° 9.

Tableau 9 Synthèse des indicateurs SCOR suivis : Processus d'approvisionnement

Performance	Indicateurs contrôlés / Total des indicateurs	% des indicateurs calculés selon SCOR
Fiabilité	4/11	36%
Réactivité	3/10	30%
Flexibilité	Non identifié	-
Coûts	Non identifié	-
Actifs	1/3	33%

- **Non-respect du processus de réception de MP** : La charge de travail, le déséquilibre lors des réceptions tout au long de la journée et de la semaine et les réceptions tardives en dehors des heures de travail ont entraîné le non-respect du processus de réception.
- **Absence de collaboration avec les fournisseurs** : L'image de roulement n'est pas donnée aux fournisseurs.
- **Non utilisation du Vendor-managed inventory (VMI)** : Dans le sens où le mécanisme n'est pas valorisé.
- **Vérification des lots** : En dépit du fait que les fournisseurs soient certifiés, le gestionnaire des stocks doit vérifier tous les lots réceptionnés.
- **Livraisons non-équilibrées** : Les livraisons ne sont pas réparties sur tout le long de la journée de travail et tout au long de la semaine. Ceci entraîne la surcharge des employés et des zones de réception des magasins.
- **Paiement à la réception** : Le paiement à la réception ne s'effectue que pour les commandes locales. Le paiement des commandes internationales s'effectue lors de la réception au niveau des hubs GOLD et non pas au niveau des bases opérationnelles.

▪ Autres dysfonctionnements

Cette partie concerne les dysfonctionnements détectés ne figurant pas dans les grilles d'évaluation SCOR.

- **Durée du processus de commande** : La création d'une commande passe par plusieurs étapes, plusieurs intervenants et par une chaîne d'approbation qui peut varier selon le montant du PO. Ceci affecte la durée de ce processus qui, actuellement, dépasse 3 mois dans certains cas.

- **Contrôle qualité :** Le contrôle de la marchandise reçue est effectué par les MM. De ce fait, la vérification de la qualité de celle-ci n'est pas vraiment fiable dans le sens où les MM ne possèdent pas de toutes les compétences et éléments requis pour effectuer cette vérification. Il faut attendre qu'elle soit transférée au segment concerné pour s'assurer de sa qualité. Aussi, aucune méthode d'échantillonnage n'est utilisée.
- **Création d'une commande hors système :** Il arrive qu'une commande soit envoyée sans passer par le système d'information SWPS. En effet, parfois les demandeurs procèdent sans PO, la régularisation vient par la suite via SWPS.
- **Non fiabilité de l'information concernant l'état d'avancement de la procédure de dédouanement :** Cette non-traçabilité de l'information est une source de perte de temps pour les Import/Export Specialists pour la recherche de la bonne information.
- **Accessibilité complexe à l'information :** L'accessibilité à l'information a été déterminée par une charte de sécurité établie par l'entreprise Schlumberger Monde.
- **Sous-traitance d'un seul transitaire :** L'entreprise travaille avec un seul transitaire, ce qui rend difficile l'opération de la déclaration des articles importés auprès de la douane, surtout dans le cas de l'arrivée simultanée de plusieurs lots importés.
- **Dépendance aux fournisseurs internationaux :** L'option locale est toujours consultée en premier lieu avant de se tourner vers l'option internationale. Cependant, l'offre locale est souvent limitée voire inexistante. Ceci est essentiellement dû au marché local qui n'arrive pas à couvrir les besoins de l'entreprise. Ce qui augmente le nombre d'importations provoquant ainsi une lenteur dans l'approvisionnement comparativement à un approvisionnement local.

3.5. Recensement et catégorisation des dysfonctionnements

Grâce à l'audit mené sur la SC amont de l'entreprise SLB, plusieurs dysfonctionnements furent détectés. Parmi ces derniers, certains, spécifiquement à SLB, peuvent être considérés comme résolus alors que d'autres constituent des dysfonctionnements à part entière. Nous verrons les solutions alternatives utilisées par l'entreprise pour les premiers et nous classifions les seconds en trois (03) catégories (Almansba, Braham Chaouche, 2013) :

- **Catégorie 1 : Dysfonctionnements pouvant être résolus avec des méthodes et modèles de résolution scientifiques**

Ce sont les problèmes qui requièrent l'utilisation d'outils scientifiques permettant de les résoudre. Ils peuvent être classés en trois sous-catégories :

- **Sous-catégorie A :** problèmes de pilotage : ces problèmes sont dus essentiellement à l'absence d'outils de pilotage et de suivi de la chaîne logistique tel que le tableau de bord logistique.
- **Sous-catégorie B :** problèmes de planification : ce sont les problèmes qui se traduisent par l'absence de méthode mathématique de planification, prévision ou de lissage des ressources.

- **Sous-catégorie C** : problèmes de contrôle de la qualité : ils représentent les dysfonctionnements se traduisant par l'absence d'une méthode de contrôle statistique de la qualité qui permettrait d'alléger le processus de vérification.
- **Catégorie 2 : Dysfonctionnements nécessitant de simples réajustements dans l'exécution des activités ou processus**

Ce sont les dysfonctionnements qui peuvent être résolus par des réajustements dans leurs processus d'exécution. Les processus, leurs activités et leurs déroulements doivent être revus, repensés ou reconçus d'une façon plus optimale afin de résoudre ces problèmes.

- **Catégorie 3 : Dysfonctionnements pouvant être résolus avec des méthodes inventives**

Ce sont des problèmes qui pourraient être résolus à l'aide d'une méthode inventive. Ces dysfonctionnements peuvent être classés en deux sous catégories :

- **Sous-catégorie A** : Problèmes qui peuvent être résolus par l'utilisation d'une des meilleures pratiques de SCOR. Cependant, même si elle permet de résoudre le problème, son utilisation fait apparaître d'autres problèmes d'importance moindre.
- **Sous-catégorie B** : Problèmes dont la meilleure solution n'est pas apparente. Ils nécessitent donc l'utilisation d'une méthode inventive pour les résoudre.

A. Dysfonctionnements ayant été résolus

Parmi les dysfonctionnements soulevés par le référentiel d'audit SCOR, ceux que l'entreprise a résolus par des pratiques plus adaptées à son activité et à son positionnement sur le marché se résument comme suit :

- **Manque d'indicateurs de performance** : L'entreprise possède une banque d'indicateurs de performance établis au niveau international et ceux établis au niveau national pour mesurer l'activité au niveau de Schlumberger Algérie.
- **Non utilisation de VMI** : Il relève de la fonction d'un seul fournisseur de service « GOLD » de gérer et d'optimiser les stocks, et d'anticiper les situations de toutes les entités SLB.
- **Absence de collaboration avec les fournisseurs** : Ceci a pour cause la fluctuation du marché et le changement d'exigences de travail avec les fournisseurs.
- **Non existence des processus de planification de la logistique, de l'entrepôt et de l'amélioration de la précision de gestion des commandes** : Le marché pétrolier où l'entreprise exerce son activité n'est pas stable et il est difficile de prédire les activités de chaque segment. De ce fait, l'entreprise travaille en juste à temps sans établir un plan de production.

B. Autres dysfonctionnements

Le tableau n°10 regroupe l'ensemble des dysfonctionnements par processus en indiquant leur catégorie. Ainsi, un dysfonctionnement de catégorie 1.A est un dysfonctionnement de catégorie 1 et de sous-catégorie A.

Tableau 10 Catégorisation des dysfonctionnements

Processus de planification		
Catégorie	Sous-catégorie	Dysfonctionnements
1	B	Non utilisation de méthodes de prévision
		Rupture de stocks
		Utilisation inappropriée de la ressource « call out rental »
2		Acceptation des commandes non planifiées
		Absence de méthode de picking
		Délais de paiement grand
3	B	Entrées sur SI non balisées
Processus d'approvisionnement		
Catégorie	Sous-catégorie	Dysfonctionnements
1	B	Livraisons non-équilibrées
		Non-respect du processus de réception de la MP
	C	Pas d'utilisation de méthode statistique de contrôle de la qualité
2		Paiement à la réception
		Création d'une commande hors système
		Accessibilité complexe à l'information
		Lenteur dans la vérification de la marchandise
		Durée du processus de commande
3	A	Absence de logistique accélérée (Locale)
		Absence de gestion des tâches
	B	Sous-traitance d'un seul transitaire
		Dépendance aux fournisseurs internationaux
		Non fiabilité de l'information concernant l'état d'avancement de la procédure de dédouanement

4. Description de la problématique

4.1. Discussion

Une fois l'audit mené sur les processus de planification et d'approvisionnement, les dysfonctionnements détectés furent présentés au corps managérial de l'entreprise. La réunion ainsi tenue avait pour principaux objectifs de déterminer les problématiques dont la résolution est prioritaire pour SLB, étudier la disponibilité des données, et enfin estimer la difficulté ainsi que le temps requis pour la mise au point d'une solution, notamment dans les conditions exceptionnelles engendrées par la pandémie COVID-19 qui touche le monde en cette année 2020.

Durant cette séance la discussion s'est très vite orientée vers l'utilisation inappropriée de la ressource « call out rental » pour le transport de certains produits. En effet, les coûts engendrés par ce dysfonctionnement préoccupent l'entreprise dans un contexte où elle se doit d'optimiser ses dépenses par souci de rentabilité et compétitivité. Ainsi, un produit en particulier s'est démarqué par la part importante que représentent les dépenses en transport dans son coût d'acquisition global. Le produit en question est le gasoil consommé par les bases pétrolières situées dans le Sahara Algérien pour la réalisation des services pétroliers. Il sert notamment à alimenter les machines utilisées sur site mais aussi à être mélangé à d'autres produits chimiques utilisés pour le nettoyage des puits de pétrole. L'entreprise a alors émis le souhait de réduire les coûts logistiques liés à son processus d'approvisionnement tout en assurant des délais de livraison convenables.

4.2. Etat des lieux du processus d'approvisionnement de Gasoil

Parmi les bases au niveau desquelles intervient SLB nous retrouvons les bases de « Hassi Berkine », « In Aminas », et « Hassi Messaoud ». Ces trois bases sont indépendantes, c'est à dire que chacune effectue par elle-même ses commandes et gère ses activités de façon à répondre à son propre besoin. Pour assurer leurs activités, ces bases utilisent du « gasoil ». Cependant, ce produit n'est pas disponible dans la région pour une consommation à l'échelle industrielle, l'entreprise s'oriente donc vers des sources avec des capacités plus importantes pour approvisionner ses bases.

Pour son achat, l'entreprise dispose d'un contrat avec l'entreprise qui lui fournit le gasoil. Le prix d'achat est actuellement fixé à 28.06DZD/L. Ce prix va bien évidemment fluctuer selon l'évolution du prix du gasoil sur le territoire national, il sera renégocié lors d'une hausse du prix sur le territoire. Pour effectuer l'achat, SLB doit d'abord envoyer à son fournisseur les quantités de consommation estimées qu'il devra lui livrer. Ces quantités sont estimées en faisant la moyenne des consommations (selon le nombre de « purchase orders ») par mois de l'année précédente. Pour mieux illustrer ça, nous faisons cette estimation pour l'année 2020 :

Tableau 11 Données des commandes de gasoil pour l'année 2019

Année	2019	
PO	Nombre de PO sur 3 bases	Consommation en L selon le PO sur 3 bases
Janvier	8	216000
Février	8	216000
Mars	8	216000
Avril	9	243000
Mai	9	243000
Juin	5	135000
Juillet	7	189000
Aout	9	243000
Septembre	8	216000
Octobre	10	270000
Novembre	8	216000
Décembre	9	243000
Moyenne	8,16	220500

Selon les résultats de cette méthode, le fournisseur « Naftal » devra ainsi assurer 220 500 L/mois durant l'année 2020.

L'approvisionnement du gasoil peut se faire depuis différentes sources proposées par « Naftal ». Pour choisir une source, SLB doit connaître les transporteurs existants, les prix proposés, leurs délais ainsi que leur qualité de service. Actuellement, le transporteur de SLB propose la ressource de type « Call out Rental truck » avec une capacité citerne de 27m³. La source d'approvisionnement quant à elle est située dans la ville de « Annaba ».

La ressource de type « Monthly Rental » est utilisée uniquement pour des compagnes de fracturation hydraulique et par les « well services » pour transporter le carburant car leur besoin est calculé d'avance et est planifiable. Ce que nous retenons de ceci, c'est qu'il n'y a donc pas, à première vue, de prévision et de planification du besoin en gasoil des bases pour établir un modèle en « Monthly Rental ».

4.3. Analyse des coûts liés au transport de gasoil

Afin d'évaluer la pertinence de la problématique retenue, nous allons réaliser une analyse sommaire des coûts de transport liés au processus d'approvisionnement du gasoil en calculant le pourcentage que représentent ces coûts dans le coût total d'acquisition du gasoil. Pour cela nous prenons comme référence les trois dernières années à compter de l'année 2019. Le tableau en figure n°12 montre le coût engendré par le transport (Ct) des PO commandés avec la méthode actuelle utilisée par l'entreprise, à savoir le « call out » ainsi que le coût total d'acquisition (CT) à raison de 28.06DZD le litre de gasoil. Le tableau en figure n°13, quant à lui, synthétise le pourcentage du premier type de coût par rapport au deuxième.

Tableau 12 Tableau des coûts de transport en call out et du coût total d'acquisition

Base	2017		2018		2019	
	Ct	CT	Ct	CT	Ct	CT
Hassi-Berkine	2,730,000	22,428,120	2,730,000	22,428,120	2,730,000	22,428,120
In-Amenas	3,120,000	21,302,880	3,120,000	21,302,880	3,120,000	21,302,880
Hassi-Messaoud	4,950,000	46,619,100	4,590,000	43,228,620	4,320,000	40,685,760
Total (DZD)	10,800,000	90,350,100	10,440,000	86,959,620	10,170,000	84,416,760

Tableau 13 Tableau des pourcentages du coût de transport dans le coût total d'acquisition

Base	% coût transport dans coût total		
	2017	2018	2019
Hassi-Berkine	12%	12%	12%
In-Amenas	15%	15%	15%
Hassi-Messaoud	11%	11%	11%
Total	12%	12%	12%

Le calcul réalisé permet de constater le pourcentage important que le coût de transport engendré par l'utilisation des « call out » représente dans le coût total d'acquisition du gasoil. En effet, l'absence de planification de l'approvisionnement et l'absence de l'estimation de la consommation obligent l'entreprise à faire appel à ce type de ressource très coûteux.

4.4. Enoncé de la problématique

La gestion du transport est considérée comme une activité stratégique pour certaines entreprises. Ceci, en vue des coûts qu'elle engendre et qui peuvent très vite constituer une part importante du coût d'acquisition de la matière première, ce qui influence fortement la marge de l'entreprise. Aussi, car elle nécessite une certaine réactivité et engendre des pertes financières importantes en cas d'arrêt de production. C'est en l'occurrence le cas pour le gasoil qui doit être livré au bon endroit, au bon moment et en bonne quantité aux bases pétrolières, sous peine de faire perdre des jobs¹ à SLB. La gestion du transport d'un tel produit devient d'autant plus complexe si l'on considère le fait que l'activité des entreprises de services pétroliers dépend fortement de l'intensité de l'activité de ses clients, les entreprises d'exploration pétrolière.

De ce fait, l'amélioration de la structure et des processus en lien avec ce volet peut avoir un effet levier sur l'activité. Une question principale s'impose alors à travers cette problématique :

Comment réduire les coûts engendrés par le transport du gasoil utilisé par les bases de SLB ?

De nombreuses questions peuvent découler de cette interrogation :

- Peut-on anticiper le besoin en consommation gasoil des bases ?
- Peut-on déterminer le nombre de commandes par mois et par base ?
- Peut-on envisager un autre type de modèle de transport ? Ce modèle a-t-il de meilleurs délais ? Est-il plus rentable qu'un modèle en call out ?
- Comment peut-on améliorer la performance de gestion de transport des bases ?

C'est dans ce cadre que s'inscrit notre présent travail. L'objectif est de contribuer à l'amélioration de la Supply Chain amont grâce à une meilleure gestion et planification du transport pour l'approvisionnement du gasoil, notamment par la réduction des coûts et des délais de livraison.

Pour répondre à cette problématique, il sera, dans un premier temps, question de traiter la partie interne qui concerne la prévision de la consommation de gasoil pour chaque base afin de déterminer le nombre de commandes par base. Puis, dans un second temps, la partie externe, qui, elle, consiste à planifier le transport à travers un nouveau modèle, et à évaluer la performance de ce modèle en terme de lead time et de coûts.

Conclusion

Dans ce chapitre nous nous sommes tout d'abord familiarisés avec les spécificités du marché pétrolier et la nature de la demande en Algérie. Puis, après avoir mieux compris le contexte dans lequel évolue l'entreprise d'accueil, nous l'avons présentée et étudié sa structure. Ensuite, nous avons audité, en nous basant sur le référentiel SCOR la SC amont de cet organisme avant de conclure avec l'énoncé de la problématique retenue dans le cadre de notre projet.

Chapitre II: Etat de l'art

Chapitre II : Etat de l'art

Introduction

Dans ce chapitre, les aspects théoriques fondamentaux relatifs à notre travail sont présentés. Les quatre parties le composant ont pour but de familiariser le lecteur avec les différents concepts et terminologies utilisés et lui faciliter, ainsi, la compréhension des solutions proposées.

Pour commencer il est question de donner quelques définitions en rapport avec la Supply Chain. Ensuite, dans la seconde partie, nous rappelons les bases de la prévision de la demande et les différentes méthodes utilisées à cet effet. Le troisième point est quant à lui consacré à la planification et l'optimisation combinatoire. Il constitue la base de la démarche de planification développée dans le dernier chapitre de ce projet. Enfin, nous concluons l'état de l'art par des notions sur le suivi de la performance et les tableaux de bord.

1. Définitions et vocabulaire relatifs à la Supply Chain

Dans cette partie nous aborderons quelques définitions clés de notions relatifs à la SC en général, puis, plus spécifiquement, à celle amont et celle dans l'industrie pétrolière.

1.1. Définitions

▪ Définition de la Supply Chain

« Une chaîne logistique représente un ensemble d'acteurs, où chacun est à la fois le client de l'acteur amont et le fournisseur de l'acteur aval, qui interagissent et enchaînent un certain nombre de processus de façon cohérente. » (Dupont, 2003).

Ainsi, la chaîne logistique est un ensemble d'acteurs où chacun est à la fois fournisseur de l'aval et client de l'acteur de la phase amont qui le précède.

▪ Définition du Supply Chain Management

Douglas M. Lambert, 2008 définit « la SC comme étant l'intégration des processus d'affaires clés depuis les derniers utilisateurs jusqu'aux premiers fournisseurs, ce qui permet de fournir des produits, des services et des informations qui rajoutent de la valeur aux clients et autres parties prenantes. »

Pour Sunil Chopra et Peter Meindl, 2012, « le SCM implique la gestion des actifs de la supply chain, ses flux de produits, d'informations et financiers afin de permettre la maximisation de sa rentabilité globale. »

▪ Définition de la Supply Chain Amont

La supply chain amont est définie, selon Michael E. Porter, 1985, « comme l'ensemble des activités liées à la réception, au stockage et à la distribution (au sein de l'entreprise) des matières premières et composants, telles que la manutention des marchandises, la gestion des entrepôts, le contrôle des stocks, l'ordonnancement des transports et le retour aux fournisseurs. »

1.2. La Supply Chain : Concepts et Structure

▪ Structure de la Supply Chain

La structure d'une chaîne logistique dépend évidemment de sa nature et des objectifs souhaités.

Lors de sa conception, plusieurs architectures ont été développées, du point de vue flux physique, elles peuvent être classées de la forme suivante (Hamdi, 2017) :

- Chaîne logistique divergente : une chaîne est dite divergente si un fournisseur alimente plusieurs clients ou un réseau des magasins.
- Chaîne logistique convergente : Une chaîne est dite convergente si un client est alimenté par plusieurs fournisseurs des différents réseaux de distribution, cette structure est également présentée dans les réseaux d'assemblage.
- Chaîne logistique réseau : C'est la combinaison des deux structures précédentes : elle peut être assimilée au réseau informatique (centralisation et distribution).
- Chaîne logistique séquentielle (ou linéaire) : Chaque entité de la chaîne alimente une seule autre entité en aval.

La figure n°12 illustre ces différentes structures de la SC.

Afin d'améliorer la performance globale d'une chaîne logistique, il est nécessaire qu'un certain nombre des décisions soient prises. Le but est d'avoir une meilleure fluidité de circulation des trois flux en réduisant les coûts de tout le système. (Hamdi, 2017)

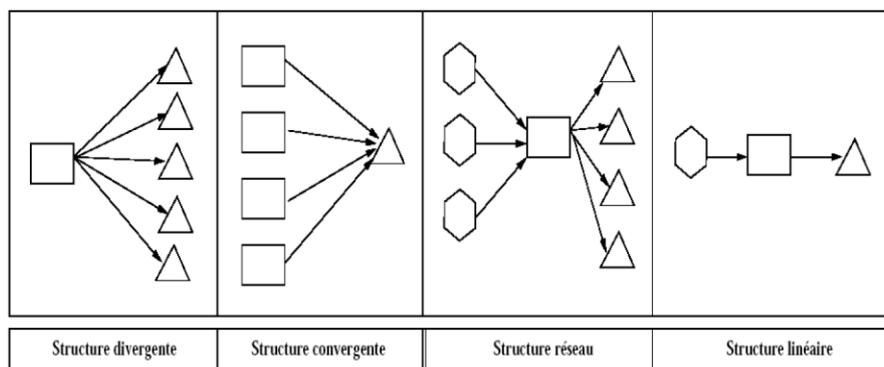


Figure 12 Structure de la chaîne logistique (Hamdi, 2017, p18)

▪ La supply chain dans l'industrie pétrolière

Selon Christopher M. Chima, 2007, « le SCM dans une industrie pétrolière est la configuration, la coordination et l'amélioration continue d'opérations organisées séquentiellement impliquées en amont, en intermédiaire et en aval ». Ainsi, la SC du pétrole est décomposée en trois segments fonctionnels à savoir l'amont, le milieu et l'aval comme le montre la figure n°13. « En amont » et « en aval » sont des termes faisant référence à l'emplacement d'une entreprise pétrolière ou gazière dans la SC.

L'extraction ou la production de matières premières sont des éléments de la SC considérés comme en amont. Les compagnies en amont identifient les gisements de pétrole et de gaz naturel et se livrent à l'extraction de ces ressources souterraines. Ces entreprises sont souvent appelées sociétés d'exploration et de production (E&P). Les raffineurs représentent l'élément en aval de la SC du pétrole et du gaz.

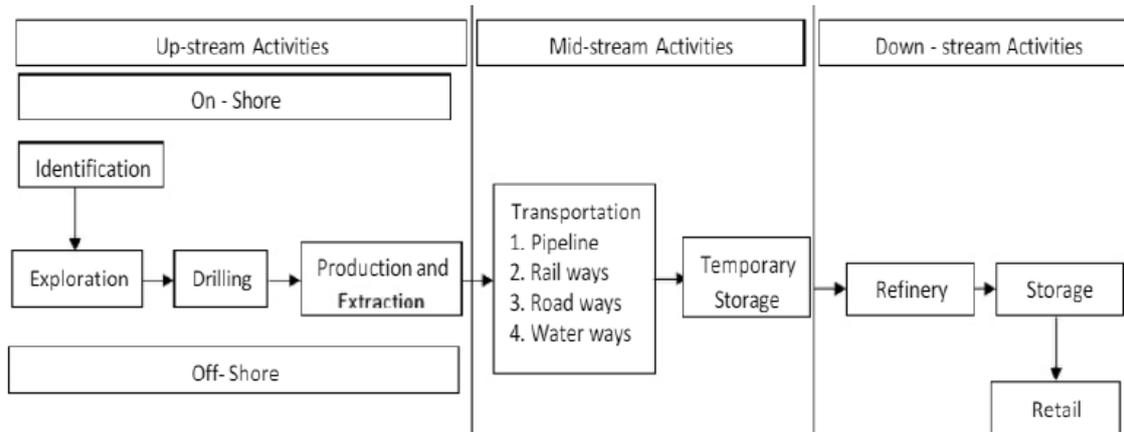


Figure 13 Les différents segments de la SC du pétrole (Lisitsa, Levina, Lepekhin 2019, p6)

2. Prédiction de la demande

La prédiction constitue le point de départ de toute planification. En effet, les activités de l'entreprise sont en très grande partie fondées sur des prévisions. Plus l'horizon de planification est grand, plus le besoin de prévision est présent. Les prévisions représentent, également mais surtout, un outil performant de gestion et d'aide à la décision. Pour cause, celles-ci permettent d'anticiper l'évolution du marché et ainsi prendre les dispositions adéquates en vue d'équilibrer les charges/capacités, tout en optimisant les coûts et la réponse à la demande.

Leveuille Estival (2009) définit la prédiction comme : « La fonction permettant d'estimer la demande future pour les biens et les services offerts par l'entreprise ». La prédiction est établie soit mathématiquement (données historiques), soit intuitivement (connaissance du marché), soit en combinant les deux méthodes.

2.1. Les méthodes de prédiction

En matière de méthodes prévisionnelles, il existe de nombreuses possibilités pour estimer les besoins futurs. On distingue généralement deux grandes familles : celle regroupant les méthodes plutôt qualitatives, fondées sur l'expérience et le jugement, et celle regroupant les méthodes plutôt quantitatives faisant systématiquement appel aux outils statistiques des mathématiques. La figure n°14 recense les différentes méthodes de prédiction.

2.1.1. Les méthodes qualitatives (évaluation)

Les méthodes qualitatives de prédiction, aussi appelées les méthodes technologiques, font appel à l'opinion subjective des personnes (vendeurs, consommateurs, experts...), sans qu'il soit nécessaire d'exprimer la prédiction à l'aide d'équations mathématiques. L'homme devient ainsi l'agent principal de traitement des faits, de la connaissance, et de l'information et remplace ainsi les modèles mathématiques. Les experts doivent parvenir à la prédiction optimale par l'application de processus mentaux bien plus que par l'utilisation de formules.

L'utilisation de telles méthodes est jugée pertinente dans des situations dans lesquelles les données sont non quantifiables ou ne sont pas immédiatement disponibles ou applicables. Elles peuvent également servir à compléter les prévisions faites à partir de méthodes quantitatives grâce à des sources de données non numériques. Les méthodes qualitatives permettent aussi aux événements récents d'influencer les perceptions des événements futurs et peuvent ignorer les informations pertinentes susceptibles d'entrer en conflit avec leur vision de l'avenir. Elles sont ainsi principalement utilisées pour la prévision à moyen ou à long terme.

Plusieurs méthodes de ce type existent, pour en citer les plus connues :

- Etude de marché ;
- Méthode de sondage ;
- Analogie Historique ;
- Méthode Delphi ;
- Les panels d'experts.

Cependant, bien que les méthodes qualitatives permettent d'avoir des conclusions satisfaisantes avec peu de données, leur fiabilité dépend fortement de l'expérience et l'expertise de ceux en charge de la réalisation de ces prévisions. Le risque d'avoir des prévisions biaisées ou arbitraires est dès lors non-négligeable. De plus, elles sont caractérisées par un coût et une consommation temps élevés et sont donc peu recommandées si ce n'est lors de l'introduction d'un nouveau produit ou lors de la pénétration d'un nouveau marché.

2.1.2. Les méthodes quantitatives (extrapolation)

Contrairement aux méthodes qualitatives qui sont fondées sur l'opinion des experts et l'expérience, les méthodes quantitatives sont basées sur l'analyse statistique du comportement et de l'évolution de séries de données historiques, appelées « séries chronologiques » et/ou sur des associations entre les variables de l'environnement. Ceci, de façon à établir une relation de cause à effet entre une variable Y_t expliquée à prédire, dite endogène, et des variables explicatives : $(X_t = (x_{1t} ; x_{2t} ; \dots ; x_{nt}))$ prédictrices, dites exogènes. Les techniques quantitatives de prévision peuvent être regroupées en deux grandes classes :

- Les méthodes causales (cause-effet) : qui permettent d'établir des relations de causes à effet entre des variables exogènes pour expliquer une variable endogène.
- Les méthodes auto-projectives (séries chronologiques) : qui permettent de prévoir la demande en fonction du temps et des historiques.

Chacune de ces classes est adaptée lors d'élaboration de prévision à moyen et court terme. Ces outils constituent le point de départ des méthodes de planification des besoins dans la gestion industrielle.

2.1.2.1. Les Méthodes causales (explicatives)

Les méthodes causales constituent une première classe des méthodes quantitatives. Le principe de ces méthodes est de déterminer, à partir d'une théorie économique, les relations cause à effet (liens de causalité) entre certaines variables indépendantes (variables exogènes) et l'objet de la prévision (variable endogène). Puis, à partir de ces variables et de leurs séries chronologiques,

développer des modèles de régression permettant de prévoir le comportement de la variable endogène selon l'évolution de variables explicatives. Ainsi, il est supposé que le comportement de la première est fortement corrélé avec un ou plusieurs facteurs environnementaux.

Cependant, ces méthodes sont généralement difficiles à appliquer en raison de la complexité qui découle de l'identification des variables explicatives, nécessitant ainsi plus de temps et d'énergie, comparativement aux autres approches.

2.1.2.2. Les Méthodes auto-projectives (extrapolatives)

Contrairement à la modélisation causale, qui reposent sur l'observation de variables explicatives et sur des théories économiques, les méthodes auto-projectives sont fondées presque exclusivement sur des données historiques. Son concept de base consiste à filtrer la série y avec des outils mathématiques et statistiques pour trouver les valeurs futures y_{t+h} . Il s'agit, en effet, de prévoir la valeur de l'endogène y à partir de sa série chronologique uniquement d'où la qualification « auto-projection ». Chaque chronique ou série temporelle a ses composantes comme suit :

$$Y_t = S(t) + M(t) + U(t)$$

Où S : fonction de saisonnalité M : fonction de tendance U : fonction aléatoire

Les étapes principales de cette méthode sont résumées dans la Figure n°15.

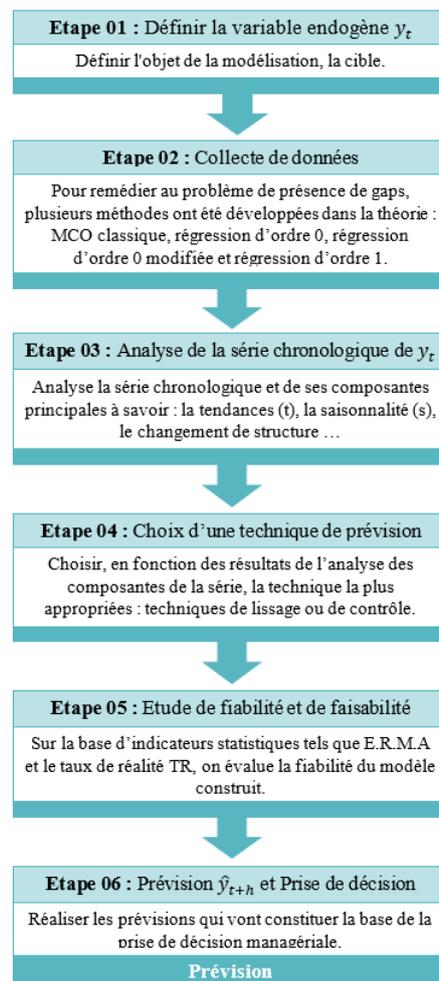


Figure 14 Etapes des méthodes auto-projectives

A. Les techniques de lissage

Les techniques de lissage, aussi appelées filtres linéaires, sont les plus fréquemment employées pour des prévisions à court terme. Leur but est de faire la distinction entre les fluctuations aléatoires et la loi de base des données en « filtrant » les valeurs historiques pour éliminer ces variations. Avant d'introduire les filtres les plus utilisés pour le traitement d'un historique de données, nous allons tout d'abord introduire la notion de filtre linéaire.

Un filtre linéaire f_t est en fait la combinaison linéaire de « s » anciennes données de la série chronologique initiale.

Les deux grandes familles de filtres utilisées pour le traitement des séries chronologiques sont : les moyennes mobiles et les lissages exponentiels.

- **Moyenne Mobile (MM)** : Elle consiste à faire la moyenne arithmétique des s dernières données. Cette méthode est utilisée lorsque la demande est quasi constante avec une faible variance (ni saisonnalité, ni changement de structure). Elle peut également être utilisée pour réduire les perturbations dans la série chronologique. (Hubert, 2013)
- **Lissage Exponentiel** : Le lissage permet une pondération particulière des données passées. Il est adéquat pour des séries sans saisonnalité ni tendance apparentes (séries stationnaires). Par lissage des observations historiques, nous parvenons à éliminer leur contenu aléatoire et estimer une valeur de prévision. La méthode accorde le plus grand poids à l'observation la plus récente et des poids décroissants aux valeurs les plus anciennes. (Hubert, 2013)
 - **Lissage exponentiel simple (LES)** : Ce type de modèle est généralement utilisé dans le cas où la série ne présente aucun caractère ni de saisonnalité ni de tendance. Cette méthode permet de donner un poids dégressif aux données passées en fonction de leur antériorité, suivant le paramètre $\alpha \in [0,1]$.
 - **Lissage exponentiel double (LED)** : ou modèle de Holt, cette technique consiste à effectuer un lissage de la série déjà lissée en utilisant le même principe que celui du LES. L'avantage de cette méthode est qu'elle peut prendre en compte le caractère tendanciel de la série chronologique mais en faisant abstraction du caractère saisonnier de celle-ci. Ce type de lissage est aussi connu sous le nom de lissage de Brown.
 - **Lissage exponentiel triple (Holt-Winters)** : Les techniques de Holt-Winters sont des améliorations des techniques de moyennes mobiles et du lissage exponentiel. Elles traitent toujours des chroniques homogènes par rapport à la tendance et la saisonnalité. Il s'agit d'un lissage exponentiel double de Holt à deux paramètres pour la partie non saisonnière et d'un lissage exponentiel saisonnier à un paramètre de Winters. Elle comporte donc, trois paramètres à estimer : α paramètre de tendance, γ paramètre de variation et δ paramètre de saisonnalité tel que $\alpha, \gamma, \delta \in [0,1]$. Il en existe deux versions : une version multiplicative et une version additive.

B. Les techniques de contrôle (Box et Jenkins)

A contrario des techniques de lissage, adaptées au traitement de chroniques bien particulières, présentant une certaine stabilité par rapport aux composantes tendancielle et saisonnière, la méthode de prévision de Box -Jenkins (BJ) permet quant à elle de traiter des séries chronologiques perturbées et beaucoup plus complexes. Cependant, bien qu'elle permette d'atteindre des prévisions dont la précision est bien supérieure à celle du reste des méthodes quantitatives, son coût reste d'autant plus élevé.

Afin de mieux saisir cette technique, ses principes et ses fondements de base, il convient de définir, dans un premier temps, quelques-uns de ces concepts (les caractéristiques statistiques, les différents tests, les propriétés des modèles AR, MA et ARMA). Puis, dans un second temps, il s'agira de présenter la méthodologie de traitement d'une chronique selon Box-Jenkins.

a. Concept de stationnarité : Une série x_t pour $t = 1, \dots, T$ est dite stationnaire si ses caractéristiques stochastiques sont invariants, c'est-à-dire qu'ils ne changent pas par changement d'origine (Gourieroux & Monfort, 1995). Ceci implique que la série ne comporte ni tendance, ni saisonnalité et, plus généralement, aucun facteur évoluant avec le temps. Dans le cas contraire, la série est non stationnaire et est soit de type DS ou de type TS. De manière formalisée, le processus stochastique x_t est stationnaire si :

- $E(x_t) = \mu \forall t.$
- $Var(x_t) = \sigma^2 < \infty \forall t.$
- $Cov(x_t, x_{t-k}) = E[(x_t - \mu)(x_{t-k} - \mu)] = \gamma_k.$

b. Notion de bruit blanc : la notion de « bruit blanc » peut être définie par la série stationnaire de résidus ε_t indépendants et de même loi $N(0, \sigma_\varepsilon^2)$ tel que :

- $E(\varepsilon_t) = 0 \forall t.$
- $Var(\varepsilon_t) = \sigma_\varepsilon^2 \forall t.$
- $Cov(\varepsilon_t, \varepsilon_{t-k}) = 0 \forall t.$

c. Test de Dickey-Fuller simple et augmenté : Les tests de Dickey-Fuller permettent non seulement de détecter l'existence d'une tendance mais aussi de déterminer la bonne manière de stationnariser une chronique (Gourieroux & Monfort, 1995). Pour ce faire, deux types de processus sont distingués :

- **Processus TS (Trend Stationary) :** Un processus TS s'écrit sous la forme $x_t = f_t + \varepsilon_t$ où f_t est une fonction polynômiale du temps, linéaire ou non linéaire et ε_t un processus à bruit blanc représentant l'erreur du modèle à la période t . Ce processus est de nature déterministe et non stationnaire, il peut être stationnarisé en retranchant la valeur estimée $\hat{\alpha} + \hat{\beta}t$, généralement grâce à la méthode des moindres carrés ordinaires, de la valeur de x_t en t .

- **Processus DS (Differency Stationary) :** Les processus DS présentent une non stationnarité de type stochastique et peuvent s'écrire $x_t = x_{t-1} + \beta + \varepsilon_t$ ou encore $x_t = x_0 + \beta t + \sum_{i=1}^t \varepsilon_i$ avec $\varepsilon_t \sim \text{idd}(0, \sigma_\varepsilon^2)$ et β est une constante. Ce type de processus peut être stationnarisé par l'utilisation d'un filtre aux différences : $(1 - D)^d x_t = \beta + \varepsilon_t$ où ε_t est un processus à bruit blanc, β une constante réelle, D l'opérateur décalage et d l'ordre du filtre aux différences. L'introduction de la constante β dans le processus DS permet de définir deux processus différents :
 - $\beta = 0$: Le processus DS est dit sans dérive.
 - $\beta \neq 0$: Le processus DS est dit avec dérive.

Test de Dickey-Fuller simple : test de racine unitaire

Dans ce cas de figure, l'erreur de la série, ε_t , suit une loi normale. Les modèles servant de base à la construction de ces tests sont au nombre de trois :

[1] $X_t = \phi_1 X_{t-1} + \varepsilon_t$ Modèle autorégressif d'ordre 1.

[2] $X_t = \phi_1 X_{t-1} + c + \varepsilon_t$ Modèle autorégressif d'ordre 1 avec constante.

[3] $X_t = \phi_1 X_{t-1} + bt + c + \varepsilon_t$ Modèle autorégressif d'ordre 1 avec tendance et constante

Les hypothèses du test sont les suivantes :

$$\left\{ \begin{array}{l} H_0: \phi_1 = 1 \text{ la série est non stationnaire} \Leftrightarrow \text{existence d'une racine unitaire} \\ H_1: |\phi_1| < 1 \text{ la série est stationnaire} \Leftrightarrow \text{absence de la racine unitaire} \end{array} \right.$$

Avec :

ϕ_1 : la racine unitaire ;

c : la constante ;

b : coefficient de la tendance ;

ε_t : l'erreur prévisionnelle à bruit blanc.

Grâce à la méthode des moindres carrés ordinaires, on estime le paramètre ϕ_1 noté $\hat{\phi}_1$ et l'écart type σ_{ϕ_1} noté $\hat{\sigma}_{\phi_1}$ pour les modèles [1], [2] et [3]. Ces estimations vont permettre le calcul de la statistique du test, donnée par $t_{\hat{\phi}_1} = \frac{\hat{\phi}_1 - 1}{\hat{\sigma}_{\phi_1}}$.

Une fois $t_{\hat{\phi}_1}$ estimé, le choix du modèle se fait selon les règles de décision qui suivent :

- Si $t_{\hat{\phi}_1} > t_{DF}$ où t_{DF} désigne la valeur critique donnée par la table de DF \Rightarrow On accepte l'hypothèse H_0 . Le coefficient de la variable explicative est significativement différent de 0.
- Si b est significativement différent de 0, on retient le modèle [3], et le test s'arrête là, sinon on passe au modèle afin de tester c [2].
- Si c est significativement différent de 0 le modèle est retenu [2], sinon on passe au modèle [1] et on teste la significativité de la racine unitaire.

Test de Dickey-Fuller Augmenté : Ce test, qui est similaire au précédent mais ne suppose pas que l'erreur est à Bruit Blanc.

Le schéma de la figure n°16 est un récapitulatif de l'ensemble des étapes à suivre lors du test de racine unitaire de Dickey Fuller.

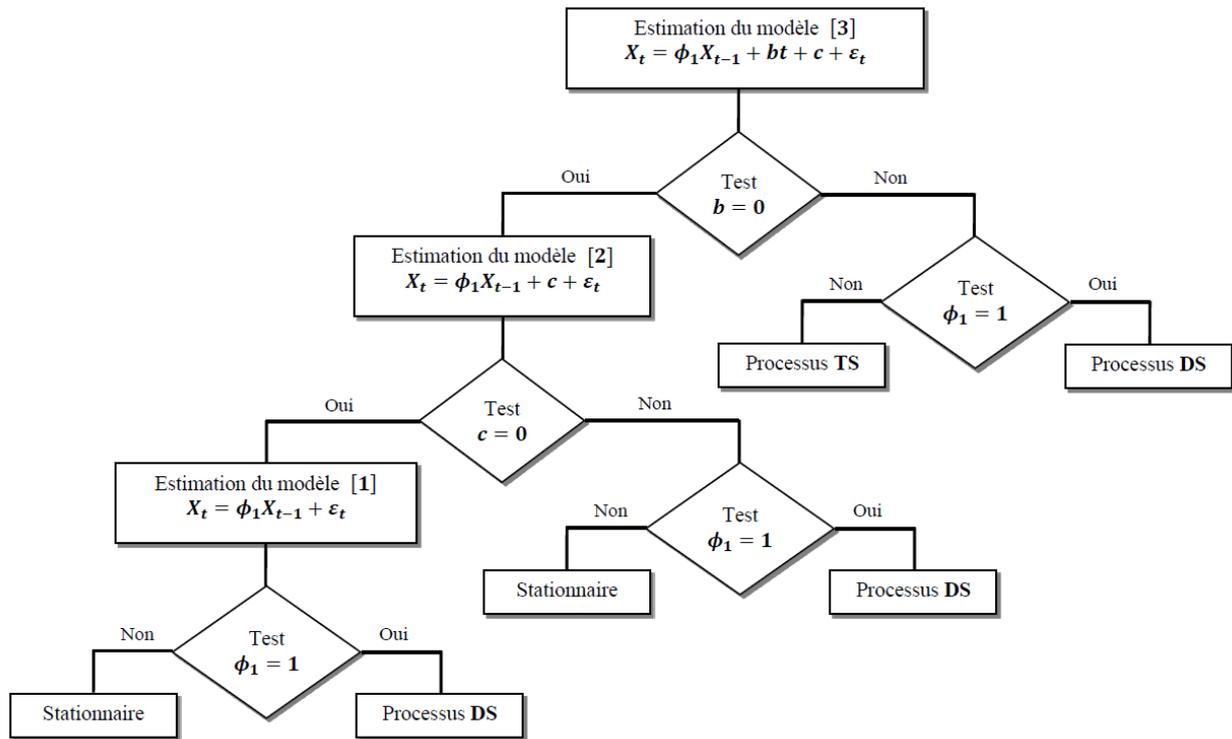


Figure 15 Stratégie simplifiée des tests de racine unitaire

d. Typologie des modèles AR, MA et ARMA

Les modèles AR, MA, ARMA ne sont représentatifs que pour des chroniques :

- stationnaires en tendance ;
- corrigées des variations saisonnières.

Modèle AR (Autoregressive : Autorégressif)

Dans le processus autorégressif d'ordre p, l'observation est générée par une moyenne pondérée des observations passées jusqu'à la p-ième période sous la formule suivante (Gourieroux & Monfort, 1995) : $AR(p) : x_t = \theta_1 x_{t-1} + \theta_2 x_{t-2} + \dots + \theta_p x_{t-p} + \epsilon_t$

Où $\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_p$ sont des paramètres à estimer positifs ou négatifs, ϵ_t est un aléa Gaussien.

Modèle MA (Moving Average : Moyenne Mobile)

Dans le processus de moyenne mobile d'ordre q, chaque observation x_t est générée par une moyenne pondérée d'aléas jusqu'à la q-ième période (Gourieroux & Monfort, 1995) :

$$MA(q) : x_t = \epsilon_t - \alpha_1 \epsilon_{t-1} - \alpha_2 \epsilon_{t-2} - \dots - \alpha_q \epsilon_{t-q}$$

Où $\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_q$ sont des paramètres à estimer positifs ou négatifs, ϵ_t est un aléa Gaussien.

Dans ce processus, tout comme le modèle autorégressif AR, les aléas sont supposés être engendrés par un processus de type bruit blanc.

Modèle ARMA (mélange de processus AR et MA)

Les modèles ARMA sont donc représentatifs d'un processus généré par une combinaison des valeurs passées et des erreurs passées. Ils sont définis par l'équation (Gourieroux & Monfort, 1995) :

$$ARMA(p, q): (1 - \theta_1 D - \theta_2 D^2 - \dots - \theta_p D^p) x_t = (1 - \alpha_1 D - \alpha_2 D^2 - \dots - \alpha_q D^q) \epsilon_t$$

e. La méthodologie de Box et Jenkins

L'approche de Box et Jenkins (1976) consiste en une méthodologie d'étude systématique des séries chronologiques à partir de leurs caractéristiques afin de déterminer, dans la famille des modèles ARIMA, le plus adapté à représenter le phénomène étudié. La procédure à suivre lors d'une prévision par Box-Jenkins est présentée dans la figure n°17.

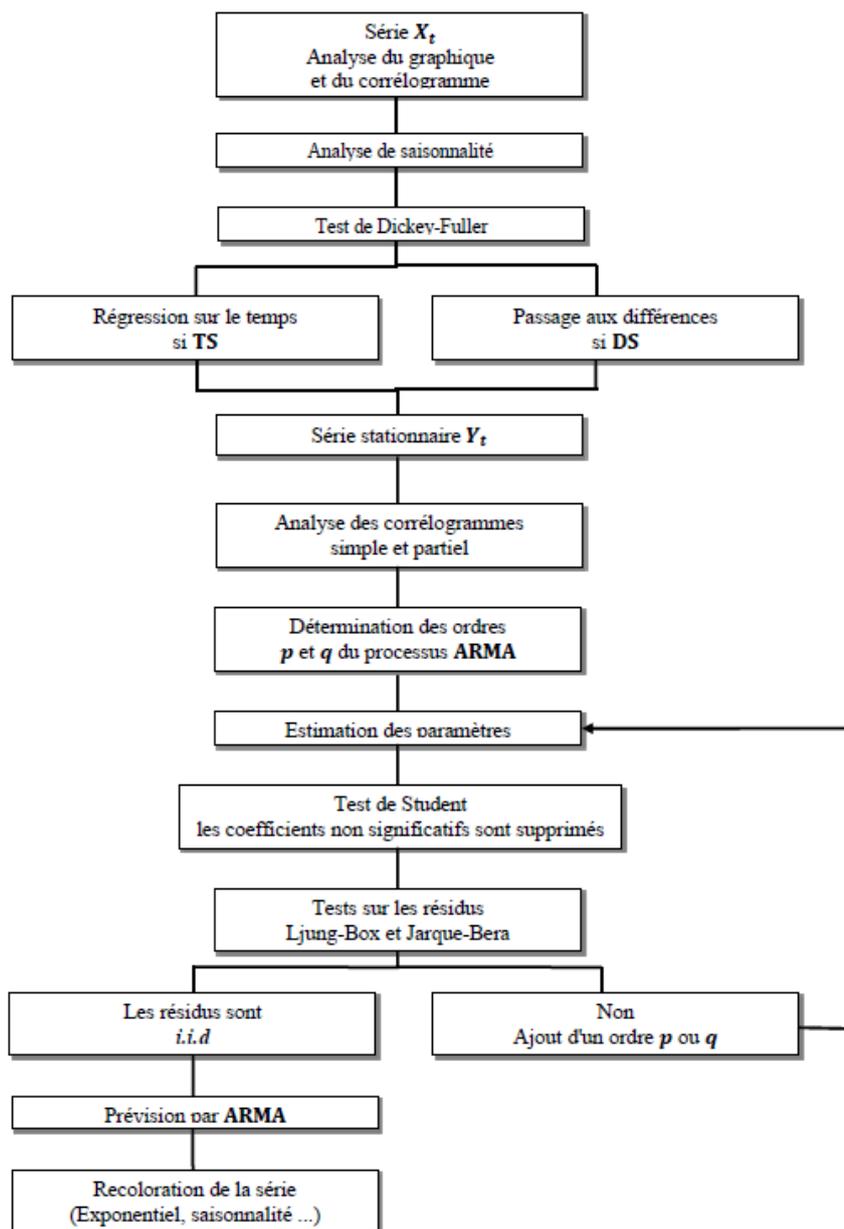


Figure 16 Processus de prévision par Box et Jenkins

f. Indicateurs de qualité des prévisions

Pour observer et constater la pertinence et la fiabilité des prévisions réalisées et des modèles utilisés plusieurs indicateurs existent (Chopra & Meidl, 2000). Parmi ceux retenus, nous citons :

Erreur brute de prévision (E_t) : tel que $E_t = F_t - D_t$ où F_t est la prévision pour la période t et D_t la réalisation pour la période t .

Somme des carrés des résidus (MSE Mean Squared error) : Correspond à la moyenne arithmétique des carrés des écarts entre les prévisions et les observations. Cette moyenne n'est autre que la variance résiduelle que l'on cherche à minimiser. Sa formule est la suivante :

$$MSE_n = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n E_t^2$$

Erreur absolue moyenne (MAD Mean Absolute Deviation) : Il s'agit de la moyenne arithmétique des valeurs absolues des écarts. Elle est utile pour estimer la variance de l'erreur en supposant que l'erreur suit une loi normale.

$$MAD_n = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n |E_t|$$

Erreur absolue moyenne en pourcentage (MAPE Mean Absolute Percentage Error) : ou moyenne des écarts en valeur absolue par rapport aux valeurs observées. Le MAPE ne peut s'appliquer qu'à des valeurs strictement positives. Cette méthode devient particulièrement pertinente pour la mesure de l'erreur dans le cas où il existe une forte saisonnalité avec des grandes variations de la demande.

$$MAPE_n = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \left| \frac{E_t}{D_t} \right| 100$$

2.2. Les cinq (05) visions du futur

Les méthodes de prévision présentées plus haut nécessitent l'existence de bases de données. Or, ces séries chronologiques ne sont pas toujours disponibles au niveau des entités économiques. C'est pour cela qu'il existe d'autres types de modèles dits conceptuels purs ou hybrides. La démarche prévisionnelle est alors structurée comme schématisé sur la figure n°17.

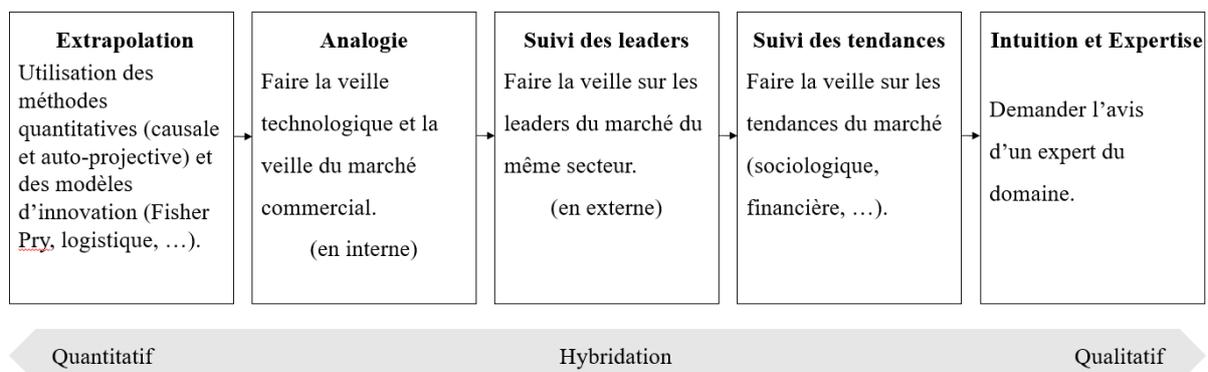


Figure 17 Les 5 visions du futur de la démarche prévisionnelle

2.3. Tableau de synthèse

Afin de synthétiser l'ensemble des méthodes de prévision décrites et des principes abordés dans ce chapitre, le tableau n°15 apporte des éléments de comparaison permettant d'identifier selon le contexte et la nature des données, la meilleure méthode quantitative pour la réalisation des prévisions.

Tableau 14 Tableau de synthèse des méthodes de prévision

Type	Méthode	Tendance	Saisonnalité	Changement de structure	Complexité de la méthode (échelle de 1 à 7)	Avantages	Inconvénients/limites
Lissage	MMS	Non	Non	Non	1	- Permet de réduire l'effet du hasard et les fluctuations aléatoires ; - Simple à appliquer, ne nécessite pas beaucoup de calcul.	- Champs d'application limité ; - Stockage important de données ; - Ne prend en compte qu'un nombre limité de périodes ; - Affecte un poids égale à chacune des s observations considérés et un poids nul aux observations précédentes ; - Prend du retard par rapport à la réalité ; - Applicables uniquement pour le court terme.
	MMD	Oui (linéaire)	Non	Non	2		
	LES	Non	Non	Oui	3	- Permet de réduire l'effet du hasard et les fluctuations aléatoires ; - Applicable pour tous types de série ; - Règle le changement de structure, en choisissant la constante du lissage α ; - Prise en compte de l'ensemble des données connues du passé ; - Affecte un poids différent, qui décroît en fonction de l'ancienneté des données.	
	LED	Oui (linéaire)	Non	Oui	4		
	HW Non-Saisonnier	Oui (linéaire)	Non	Oui	5		
	HW Saisonnier	Oui (linéaire)	Oui	Oui	6		
Contrôle	BJ	Oui (quelconque)	Oui	Oui	7	Adaptée au traitement de série chronologique complexe dont la loi de base n'est pas immédiatement apparente.	- Difficile à appliquer et nécessite beaucoup de temps.

3. Les problèmes de planification

La planification est un aspect important de la stratégie de l'entreprise. Afin d'atteindre les objectifs commerciaux qu'elle s'est fixée, elle doit s'assurer de bien planifier les flux internes et externes afin de pouvoir s'approvisionner, produire et distribuer ses produits dans les bonnes conditions et les délais requis. Elle doit être en mesure de coordonner un grand nombre de décisions, de natures variées, et à plusieurs niveaux hiérarchiques. Les entreprises doivent se doter d'outils et de méthodes afin mieux planifier leur chaîne logistique (Stadtler, 2005).

La planification peut être définie comme un processus systématique, rationnel et guidé par la théorie pour analyser et résoudre des problèmes d'ordonnement de tâches complexes nécessitant des ressources variées. Cette notion est intimement liée à celle de l'optimisation puisqu'une grande partie du processus de planification met en œuvre les principes de modélisation mathématique pour la résolution d'un problème. En effet, le processus de planification se déroule selon les étapes suivantes :

1. Reconnaître le problème : c'est-à-dire détecter et reconnaître la sous-optimalité de la méthode actuelle de travail.
2. Définir le problème : en termes d'alternatives de décision, de critères d'évaluation, d'objectifs, de variables exogènes, de variables endogènes et de contraintes.
3. Construire un modèle pour le problème : décrire et concevoir de manière abstraite mais fiable un phénomène réel avec des variables et des contraintes, en vue de l'analyser pour comprendre son fonctionnement et pour prévoir ; en utilisant une ou plusieurs théories ; des résultats avec une certaine marge d'erreur.
4. Résoudre le modèle : grâce à un algorithme capable de trouver une solution optimale globale ou locale en un temps acceptable.
5. Valider les solutions obtenues : grâce à une analyse de sensibilité et des tests rétrospectifs.
6. Mettre en œuvre une solution : soit par une implémentation unique ou bien itérative.

3.1. La planification du transport

L'objectif de la planification des opérations de transport apparaît comme la réduction des coûts logistiques, en maintenant un niveau de service défini avec précision, par l'obtention des avantages suivant (Tixier, et al., 1998) :

- Répartition optimale du trafic entre les différents types et modes de transport ;
- Choix des opérateurs de transport ;
- Composition la plus économique du parc de véhicules ;
- Planification des livraisons permettant d'utiliser au mieux les ressources et le temps de travail disponible, dans le respect de la réglementation sociale ;

- Ordonnancement journalier des livraisons avec l'établissement des comptes rendus prévisionnels d'activités et choix sélectif entre les diverses catégories de véhicules ;
- Contrôle de la gestion des transports : consommation, entretien...

Aussi, avec un outil de planification de la capacité logistique, les décideurs peuvent répondre à des enjeux comme (Corriveau, 2013) :

- Leurs besoins en capacité de transport pour la prochaine période ;
- Négocier les contrats avec les prestataires logistiques ;
- Faire les réservations des transporteurs.

3.2. Approche de la planification du transport

Lorsqu'un problème de planification logistique se pose, il est nécessaire de considérer toute la chaîne logistique amont d'une entreprise. Le problème considère alors un certain nombre de produits utilisés comme intrants dans les installations et qui doivent être distribués à plusieurs endroits différents. Ces produits sont utilisés à diverses fins, et donc un approvisionnement correct de ces produits est nécessaire pour assurer une activité régulière et stable. C'est pour cela qu'il faut prendre en compte des caractéristiques du monde réel pour modéliser le problème, on peut citer certains paramètres :

- Le site de la demande : les nœuds de demande, c'est-à-dire les installations à desservir, qui peuvent ne pas être statiques.
- Temps de trajet maximum : La principale raison à cela est l'utilisation de main d'œuvre issue de prestataire, qui peut changer et cela selon leurs conventions de travail par exemple.
- Pilotes et flottes hétérogènes : La société dispose d'une flotte de différents camions, qui varient en capacité, rapidité, fiabilité etc... Mais aussi aux chauffeurs disponibles, leurs horaires de travail, ainsi que leur nombre, qui n'est pas forcément égale à celui des camions.
- Restrictions de sécurité : En raison de restrictions sécuritaires, certains produits ne peuvent pas être chargés ensemble. Ils sont appelés produits « non-compatibles ».
- Capacité de stockage des installations : Chaque installation à une capacité de stockage propre à elle. De toute évidence, une installation ne peut pas recevoir de charge supérieure à ce qu'elle est autorisée par sa capacité de stockage.

3.3. Méthodes de résolution des problèmes d'optimisation

Dans la résolution des problèmes d'optimisation, il est souvent important de pouvoir formuler le problème étudié sous forme d'un programme linéaire pour lequel il existe de nombreuses méthodes de résolution.

Les méthodes d'optimisation sont classées selon deux (02) axes : les méthodes exactes et les méthodes approchées.

- **Méthodes exactes**

Généralement efficace quand l'évaluation de la fonction est très rapide, ou quand la forme de la fonction est connue a priori, cette méthode permet de trouver une solution optimale à un problème donné. Toutefois, les méthodes exactes peuvent devenir rapidement coûteuses en temps d'exécution, notamment pour les problèmes NP-difficiles.

Les méthodes exactes les plus connues et utilisées sont présentées comme suit :

- **Programmation linéaire : Méthode du SIMPLEXE** : Le simplexe est la méthode la plus connue et utilisée. Elle se présente comme une procédure itérative permettant d'effectuer une exploration dirigée de l'ensemble des solutions réalisables de base, pour l'utiliser, il est nécessaire de connaître une solution de base réalisable dès le départ pour ensuite calculer à chaque itération une solution réalisable voisine au moins aussi bonne jusqu'à trouver la solution optimale, si elle existe (Perrot, 2014).
- **Programmation dynamique** : La programmation dynamique est une méthode algorithmique utilisant l'approche « bottom-up ». Le concept de cette méthode stipule que pour résoudre un problème, on commence par résoudre les plus petits sous-problèmes et on conserve les valeurs de ces sous-problèmes dans une table de programmation dynamique. On utilise ensuite ces valeurs pour calculer la valeur de sous-problèmes de plus en plus grands, jusqu'à obtenir la solution de notre problème global.
- **Méthode Branch & Bound** : Utilisée pour les problèmes NP-complets, la procédure par évaluation et séparation progressive consiste à énumérer toutes les solutions d'un problème de manière intelligente. Cela, en utilisant certaines propriétés du problème en question. Cette technique arrive à éliminer des solutions partielles qui ne mènent pas à la solution que l'on recherche. De ce fait, on arrive souvent à obtenir la solution recherchée en des temps raisonnables. Bien entendu, dans le pire cas, on retombe toujours sur l'élimination explicite de toutes les solutions du problème. Pour ce faire, cette méthode se dote d'une fonction qui permet de mettre une borne sur certaines solutions pour soit les exclure soit les maintenir comme des solutions potentielles (Feautrier, 2005).

- **Les méthodes approchées**

Les méthodes approchées (i.e. Heuristiques) permettent de trouver de manière rapide une solution réalisable à un problème donné. Cependant cette solution n'est pas forcément la solution optimale. L'objectif d'une heuristique est donc de trouver une solution la plus proche possible de celle d'une méthode exacte tout en étant plus rapide.

Des heuristiques plus poussées ont été mises au point et ont données naissance à une nouvelle famille d'algorithmes : les méta-heuristiques. Le but d'une méta-heuristique, est de réussir à trouver un optimum global. Pour cela, l'idée est à la fois de parcourir l'espace de recherche, et d'explorer les zones qui paraissent prometteuses ; mais sans être « piégé » par un optimum local (Mille, 2014).

Un schéma récapitulatif de la classification des méthodes de résolution des problèmes d'optimisation combinatoire est repris sur la figure 18.

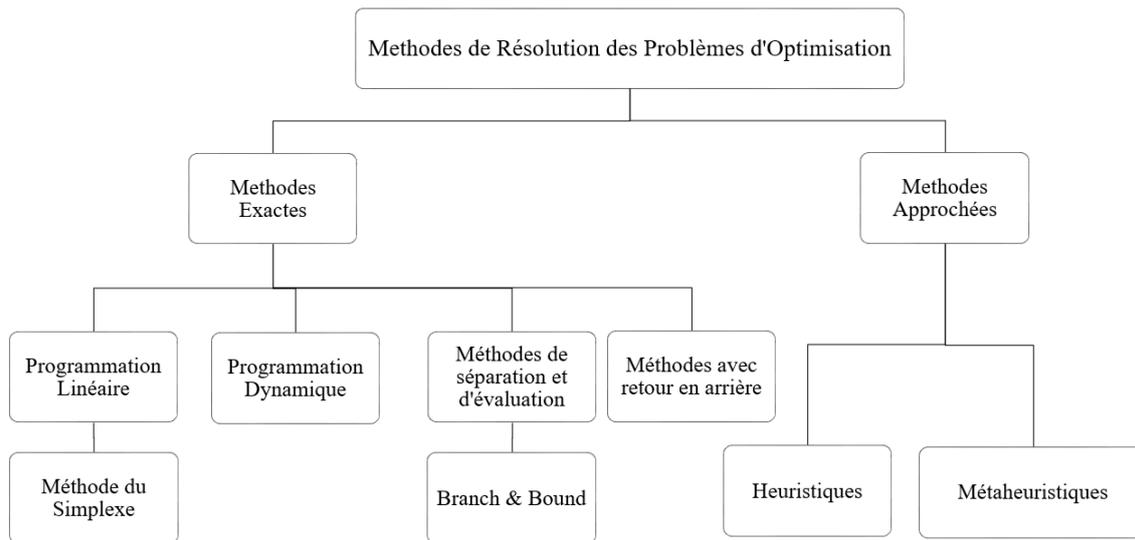


Figure 18 Classification des méthodes de résolution des problèmes d'optimisation combinatoires

3.4. Résolution des problèmes d'optimisation à l'aide des outils informatiques

La résolution manuelle des problèmes d'optimisation peut parfois s'avérer complexe voir même impossible lorsque le nombre de variables endogènes et exogènes est grand. C'est dans ces cas-là que l'outil informatique devient indispensable. Pour en citer quelques-uns dans le contexte :

- **EXCEL** : Le solveur d'EXCEL est un outil puissant d'optimisation et d'allocation de ressources. Il aide à déterminer l'utilisation des ressources pour maximiser les objectifs souhaités et minimiser une perte donnée. En résumé, il permet de trouver le minimum, le maximum ou la valeur au plus près d'une donnée tout en respectant les contraintes qu'on lui soumet. (Dedun, 2004)
- **CPLEX** : Initialement, CPLEX est un solveur de programmes linéaires. A ce titre, il repose donc sur une implémentation performante du simplexe primal. Il dispose également du simplexe dual et du simplexe de réseau. Il peut aussi résoudre des programmes linéaires mixtes, en combinant le simplexe, le branch and bound et la génération de coupes. Il intègre également une technique à base de points intérieurs et peut traiter des problèmes quadratiques. Actuellement, CPLEX est l'un des solveurs les plus performants disponibles. (Duhamel, 2009)
- **Matlab : Optimization Toolbox** : L'Optimisation Toolbox propose des fonctions permettant d'optimiser les objectifs tout en répondant aux contraintes. Elle inclut des solveurs adaptés à la programmation linéaire de réels et/ou d'entiers mixtes, la programmation quadratique, l'optimisation non-linéaire et la résolution par moindres carrés non-linéaires. Ces solveurs peuvent être utilisés pour résoudre des problèmes continus et discrets de manière optimale, effectuer des analyses de compromis et incorporer des méthodes d'optimisation aux différents algorithmes et applications.¹⁰

¹⁰ Source: www.mathworks.com, consulté le 20/07/20.

4. Performance et Tableaux de bord

Dans cette partie nous nous intéressons, dans un premier temps, à la notion de performance et ce qui pivote autour puis, dans un second temps, nous définissons des concepts relatifs aux tableaux de bord.

4.1. La performance

A travers ce point, nous définissons les concepts de performance, d'indicateurs de performance, de KPI et de performance logistique.

4.1.1. Définition de la performance

Selon Notat (2007), la performance est définie comme « un constat officiel enregistrant un résultat accompli à un instant T, toujours en référence à un contexte, à un objectif et un résultat attendu, et ce quel que soit le domaine ». Une définition plus récente décrit cette notion comme « le processus de quantifier l'efficacité et l'efficacité d'une action ». (Liebetruh, 2017)

Sachant que l'efficacité fait référence à l'idée d'entreprendre et de mener une action à son terme et l'efficience, à l'idée que les moyens utilisés pour mener une action à son terme ont été exploités avec un souci d'économie. La figure n°19 représente la pyramide des performances selon Cross et Lynch (1989).

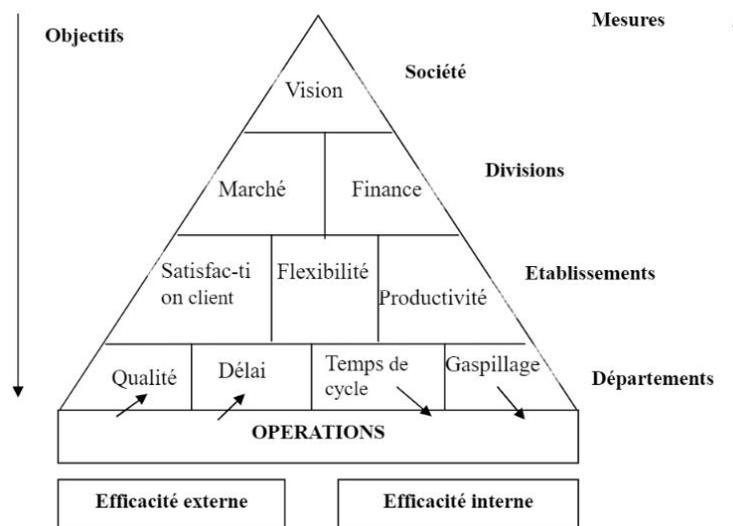


Figure 19 La pyramide des performances (Cross et Lynch, 1989)

4.1.2. Les indicateurs de performance

La Commission de l'Association Française de Gestion Industrielle définit un indicateur de performance comme étant : « une donnée quantifiée qui mesure l'efficacité et/ou l'efficience de tout ou une partie d'un processus ou d'un système (réel ou simulé), par rapport à une norme, un plan ou un objectif, déterminé, accepté dans le cadre d'une stratégie d'entreprise ».

Les indicateurs de performance clés (KPIs) : pour faire simple, les KPIs (Key Performance Indicators) sont des chiffres qui sont censés faire passer de manière succincte un maximum d'information à travers des taux, des quotients, des pourcentages, des moyennes...

4.1.3. La performance logistique

La performance logistique peut être vue comme un sous-élément de la notion élargie de performance de la firme ou de l'organisation. Elle peut être définie comme l'extension de chaque objectif achevé, comme ceux suggérés dans la Figure n°20.

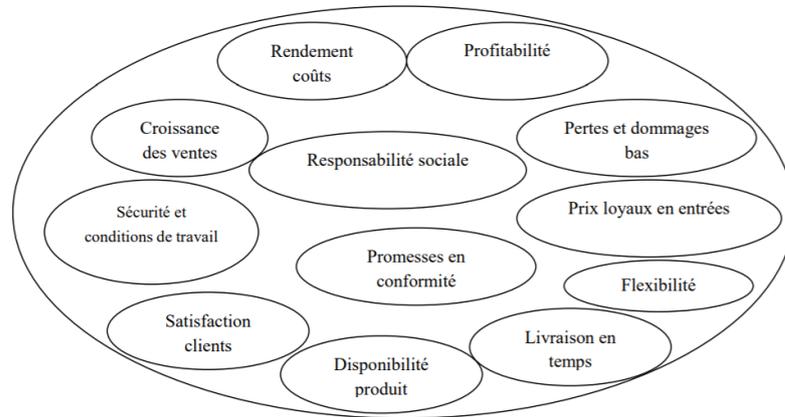


Figure 20 Les différentes façons d'envisager la performance logistique (Chowet al., 1994)

Selon Caplice et Sheffi (1994), la métrique ainsi choisie pour l'évaluation de la performance logistique doit être constituée de huit critères qui présentent un caractère :

- (1) **de validité**, reflet et contrôle précis des événements et des activités,
- (2) **de robustesse**, correctement interprétée par tous les acteurs et répétée à travers le temps, le lieu et les organisations,
- (3) **d'utilité**, apte à faire comprendre et à fournir un guide pour toutes les actions et décisions entreprises,
- (4) **d'intégration** de tous les composants et aspects des processus dans et hors de la firme,
- (5) **d'économie** à retracer aisément et fidèlement les coûts représentatifs,
- (6) **de compatibilité** avec les systèmes comptables et d'informations détenus par la firme,
- (7) **de niveau de détail** suffisamment clair et explicite à l'utilisateur, et
- (8) **de neutralité comportementale** en vue de minimiser les actes ou jeux individuels et improductifs.

Les indicateurs clé de la performance logistique : Les KPIs logistiques sont des données chiffrées qui montrent le rendement d'un processus en le comparant avec un moment déterminé de l'historique de l'entreprise. De cette manière, il est possible d'identifier les évolutions positives ou négatives et d'agir en conséquence.

Les KPIs logistiques permettent de mesurer la performance d'un large éventail de processus : réception des marchandises, stockage, préparation des commandes, gestion des stocks, expéditions, livraisons, transport et gestion des retours, entre autres. L'objectif attendu par l'utilisation de KPIs logistiques est d'améliorer la productivité, d'optimiser les coûts, tout en maintenant ou en augmentant la qualité du service.

La Figure n°21 recense les indicateurs de la logistique proposés par Gunasekaran et Kobu (2007) et Griffis et al. (2007).

INDICATEURS ECONOMIQUES (coût / qualité / délai) (nombre = 33)	
Précision de l'ordonnancement ; Temps moyen de remplissage des commandes en souffrance ; Taux moyen de remplissage par ligne de commande ; Temps moyen de cycle de commande ; Temps de cycle de gestion de l'offre ; Utilisation des capacités ; Taux de remplissage de la commande complète ; Jours de retard sur la commande ; Fiabilité de la livraison ; Précision des prévisions ; Coût des inventaires ; Taux de rotation des inventaires ; Délai d'approvisionnement ; Délai de production ; Ratio coûts logistiques sur ventes ; Coûts logistiques par unité ;	Coûts d'obsolescence ; Pourcentage de livraison dans les délais ; Variabilité du temps de cycle de la commande ; Temps de cycle du process ; Temps de développement du produit ; Variété des produits/services ; Flexibilité de la production ; Retour sur investissement ; Pertes de ventes dues aux ruptures de stock ; Prix de vente ; Coût de rupture ; Temps de réponse de la chaîne logistique ; Coût du transport ; Valeur ajoutée ; Semaines d'approvisionnement ; Coût de garantie ; Frais généraux.
INDICATEURS ENVIRONNEMENTAUX	
Non énumérés	
INDICATEURS SOCIAUX / SOCIETAUX (nombre = 7)	
Conformité aux spécifications ; Conformité aux réglementations ; Articles prélevés par personne et par heure ; Efficacité du travail.	Qualité perçue ; Valeur perçue du produit ; Pourcentage d'erreur de prélèvement.

Légende : en foncé, les indicateurs économiques de nature quantitative, issus des documents comptables.

Figure 21 Les indicateurs phares de la logistique (Gunasekaran et Kobu, 2007 et Griffis et al., 2007)

La mesure de la performance dans le modèle SCOR

Le modèle SCOR développé par le Supply Chain Council (SCC), également utilisé comme référentiel logistique pour réaliser notre étude de l'existant, propose un ensemble d'indicateurs permettant de mesurer la performance à différents niveaux de la Supply Chain. Cette performance est mesurée à travers cinq attributs : fiabilité, réactivité, agilité, coûts et efficacité.

Dans le cadre du processus de transfert des produits vers leurs lieux de stockage, les indicateurs de performance listés sur la figure n°22 sont ceux proposés dans le modèle SCOR.

Metrics	
RL.3.25	% Product Transferred On-Time to Demand Requirement
RL.3.26	% Product Transferred without Transaction Errors
RS.3.139	Transfer Product Cycle Time
AM.2.2	Inventory Days of Supply

Figure 22 Indicateurs de performance du processus de transfert (SCOR Version 12, 2017)

4.2. Tableau de bord

A travers ce point nous définissons la notion de tableau de bord avant de nous intéresser à la typologie de ces derniers puis les outils de visualisation existants.

4.2.1. Définition du Tableau de Bord

Fernandez (2007), dans son ouvrage intitulé, Tableaux de bord, introduit sa définition du tableau de bord par cette phrase qui résume bien la problématique des tableaux de bord : « La prise de température n'a jamais guéri qui que ce soit. Elle reste cependant indispensable pour établir un diagnostic et conduire à la guérison » avant d'en donner une définition :

« Un tableau de bord est un instrument de mesure de la performance facilitant le pilotage "proactif" d'une ou plusieurs activités dans le cadre d'une démarche de progrès. Le tableau de bord contribue à réduire l'incertitude et facilite la prise de risque inhérente à toutes décisions. Le tableau de bord est un instrument d'aide à la décision ».

4.2.2. Typologie des Tableaux de Bord

Les tableaux de bord peuvent être utilisés à différents niveaux de décisions de l'organisme considéré. En effet, ils se déclinent suivant les trois niveaux de décision communément adoptés, le niveau stratégique concernant les décisions prises sur le long terme, le niveau tactique concernant les décisions prises à moyen terme et enfin le niveau opérationnel concernant les décisions prises à court terme. Ainsi, trois types de tableaux de bord subsistent (Berrah, 97) :

- **Tableaux de bord stratégiques** : aussi appelés tableaux de bord prospectifs « balanced scorecards ». Ils donnent une vision globale de la situation de l'organisme sur une période assez longue aux dirigeants leur permettant ainsi de la piloter. Sa fréquence de réalisation est généralement annuelle, semestrielle, trimestrielle ou mensuelle, il s'agit d'un outil de pilotage à long terme.
- **Tableaux de bord tactiques** : aussi appelés tableaux de bord de contrôle ou de gestion. Ils donnent les performances des processus pilotés. Pour des raisons de réactivité, ce type de tableau de bord est établi de manière assez régulière, c'est-à-dire de manière hebdomadaire ou mensuelle. C'est un outil de pilotage à moyen terme.
- **Tableaux de bord opérationnels** : aussi appelés tableaux de bord de performance. Ils donnent la possibilité d'un pilotage à court terme réactif en fonction des aléas rencontrés quotidiennement par le système. Ce type de tableau de bord est réalisé de manière journalière, hebdomadaire ou mensuelle. Il représente un outil de pilotage à court terme.

4.2.3. Technologie de visualisation de la performance

En nous basant sur les outils ainsi vus dans ce chapitre et compte tenu de la nature de la problématique, le chapitre qui suit, traite de notre proposition pour la résolution de la problématique énoncée dans le Chapitre 1.

- **QuickScore** : c'est un logiciel de tableau de bord équilibré et un outil de gestion des indicateurs clés de performance KPI basé sur le web. Il est le seul logiciel de ce type formellement recommandé par le Balanced Scorecard Institute. Il est doté d'un outil d'intégration permettant l'extraction des données à partir de plusieurs sources différentes et d'autres fonctionnalités puissantes notamment : Analyse ad hoc, Analyse qualitative et quantitative, Consolidation et regroupement, scorecards, KPIs, Planification stratégique, Rapports ad hoc et Tableau de bord.
- **Sisense** : il s'agit d'une solution « Business Intelligence » (BI) agile comprenant des fonctionnalités pour les tableaux de bord et les « scorecards », l'entreposage de données, l'extraction, la transformation et le chargement (ETL) et de « reporting » et l'interrogation de la BD grâce aux requêtes. Cette solution utilise la technologie Crowd Accelerated BI qui fournit des capacités de partage d'analyse avec les utilisateurs, à la fois à l'intérieur et à l'extérieur de l'organisation.

- **Microsoft Power BI** : représente une suite de solution de Business Intelligence Cloud qui couvre la gestion et l'analyse des données. Elle convient aux entreprises de toutes tailles et leur fournit des outils pour analyser, transformer et visualiser rapidement leurs données, et générer des rapports qui peuvent être coédités, publiés et partagés.

Ces principales fonctionnalités peuvent être résumées à travers les points suivants :

- **Données visuelles** : permet de modéliser et visualiser les données, en créant des rapports personnalisés avec des indicateurs de performances clés, d'obtenir des réponses rapides alimentées par l'IA aux questions commerciales, même si elles sont posées en langage conversationnel.
- **Insights à grande échelle** : permet de tirer le meilleur parti des investissements de l'entreprise en Big Data en se connectant à toutes ses sources de données selon l'échelle nécessaire pour analyser, partager et promouvoir les insights au sein de l'entreprise, tout en maintenant l'exactitude, la cohérence et la sécurité des données.
- **Décisions stratégiques et exploitables** : permet aux utilisateurs de travailler facilement ensemble sur les mêmes données, collaborer sur des rapports et partager leurs connaissances à travers les applications Microsoft Office les plus répandues, telles que Microsoft Teams et Excel.

Conclusion

Le but de ce chapitre était d'introduire les concepts utilisés dans ce projet. Pour cela, nous avons commencé par définir quelques notions clés abordées dans notre étude puis nous avons présenté une revue de la littérature sur les différents modèles de prévisions et sur la manière de procéder au choix du modèle le plus adéquat. Enfin nous avons conclu par l'outil important que représente le tableau de bord dans le suivi de la performance des processus et des solutions implémentées.

Chapitre III : Proposition et application des solutions

Chapitre III : Proposition et application des solutions

Introduction

Ce chapitre est consacré à la résolution de la problématique énoncée dans le chapitre 1 et qui concerne le développement d'un modèle de planification pour le transport du gasoil vers les bases de SLB. La première section traite ainsi du développement d'un outil de prévision dans le but de prévoir la consommation. Puis, dans la deuxième section, nous expliquons en détail la démarche de réalisation du plan de transport de gasoil. Une discussion des résultats obtenus s'en suit alors. Pour finir, nous présenterons dans la dernière section le tableau de bord que nous avons conçu pour améliorer la gestion et le suivi des performances du processus en question.

1. Développement d'un outil statistique de prévision

Dans cette partie, Il est question de développer un modèle de prévision fiable. La prévision de la consommation de chacune des trois bases concernées par cette étude représente une étape préalable primordiale pour la suite de nos travaux, à savoir la planification des envois et de l'approvisionnement en gasoil. Nous allons ainsi prendre comme référence la consommation mensuelle de gasoil des trois dernières années à partir du mois de janvier 2017 pour ce qui est des bases « In Aminas » et « Hassi Berkine », et des quatre dernières années à partir du mois de janvier 2016 en ce qui concerne la base de « Hassi Messaoud ». Pour effectuer cette prévision, nous optons pour le logiciel « Eviews » car il représente un des outils les plus utilisés pour l'analyse des séries chronologiques et celui que nous maîtrisons le mieux.

Cette partie se déroule en deux étapes. La première concerne l'analyse de l'évolution de la consommation pour chacune des bases. La seconde, elle, traite de la modélisation de la demande grâce à deux méthodes distinctes, adaptées à la nature de la série chronologique.

1.1. Prévision de la consommation : base de « Hassi Messaoud »

A. Etude de la série temporelle « consohm »

La série temporelle « consohm » représente l'évolution mensuelle de la consommation de gasoil de la part de la base de Hassi Messaoud, et cela à partir de l'année 2016 jusqu'à l'année 2019.

▪ Analyse des graphiques et du corrélogramme

Dans un premier temps, nous commençons l'étude par la visualisation et l'analyse du graphe de la consommation ainsi que du graphe saisonnier de la série puis du corrélogramme. Ceci, dans le but d'avoir une première idée des caractéristiques de celle-ci. Les figures n°23, 24 et 25 représentent respectivement, l'évolution de la consommation de la base de Hassi Messaoud de 2016 à 2019, le graphe saisonnier de la série "consohm" et le corrélogramme de la série "consohm".

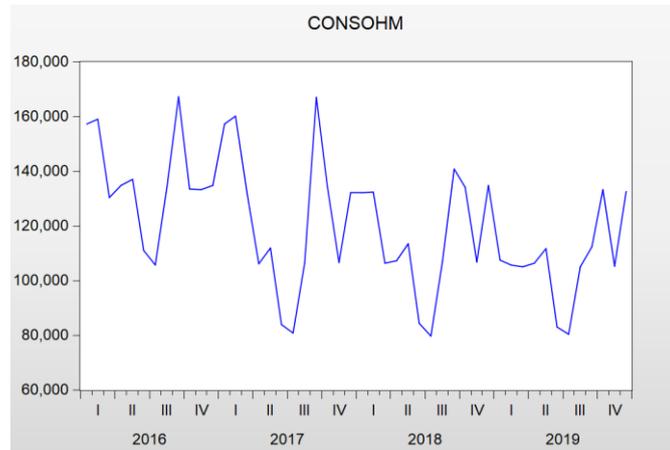


Figure 23 Evolution de la consommation de la base de Hassi Messaoud de 2016 à 2019

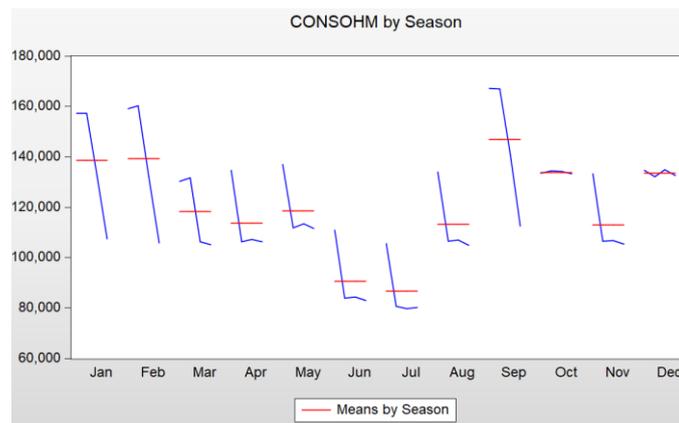


Figure 24 Graphe saisonnier de la série "consohm"

L'analyse de ces deux graphes a permis la détection d'une éventuelle tendance et la présence d'une saisonnalité.

Date: 07/25/20 Time: 01:01
 Sample: 2016M01 2019M12
 Included observations: 48

Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob	
		1	0.507	0.507	13.144	0.000
		2	0.108	-0.201	13.754	0.001
		3	0.062	0.138	13.959	0.003
		4	0.093	0.021	14.433	0.006
		5	-0.063	-0.185	14.656	0.012
		6	-0.187	-0.071	16.645	0.011
		7	0.058	0.291	16.839	0.018
		8	0.159	-0.063	18.352	0.019
		9	-0.014	-0.120	18.363	0.031
		10	0.036	0.252	18.443	0.048
		11	0.281	0.179	23.552	0.015
		12	0.595	0.494	47.132	0.000
		13	0.288	-0.325	52.815	0.000
		14	-0.079	-0.287	53.259	0.000
		15	-0.085	0.010	53.778	0.000
		16	-0.148	-0.206	55.425	0.000
		17	-0.265	0.053	60.873	0.000
		18	-0.279	0.017	67.103	0.000
		19	-0.003	-0.077	67.103	0.000
		20	0.111	-0.058	68.169	0.000

Figure 25 Corrélogramme de la série "consohm"

La présence de plusieurs pics significatifs sur les corrélogrammes simple et partiel, confirme la présence de saisonnalité. Aussi, le critère AC est décroissant et converge vers 0, preuve de l'existence d'une tendance.

De plus le critère de probabilité « prob » est inférieur à la valeur de 0.05, ce qui indique une potentielle stationnarité de la série étudiée.

▪ **Test de saisonnalité de Fisher (Anova)**

Afin de confirmer l'existence de la saisonnalité, un premier test ANOVA est réalisé sous Excel. Le tableau n°26 illustre les résultats obtenus.

ANALYSE DE VARIANCE						
Source des variations	Somme des carrés	Degré de liberté	Moyenne des carrés	F	Probabilité	Valeur critique pour F
Entre Groupes	5604527480	3	1868175827	4.154983627	0.011218457	2.816465817
A l'intérieur des groupes	19783408012	44	449622909.4			
Total	25387935491	47				
Total	3.97483E+11	59				

Figure 26 Résultats du test de saisonnalité de Fisher

La probabilité est égale à 0.011 ce qui est inférieur à 0.05 et la valeur F =4.155 est supérieure à la valeur critique du test qui est de 2.816. On accepte donc l'hypothèse de présence de saisonnalité.

▪ **Identification du Schéma**

Dans le but de déterminer le type de cette saisonnalité, en l'occurrence additive ou bien multiplicative, une régression linéaire sur l'écart type de la série est effectuée sur Excel, toujours.

Après le calcul des moyennes ainsi que des écarts types de chaque année, nous estimons la validité de la relation $\sigma_x = a|\bar{X}| + b$ grâce à la méthode des moindres carrés ordinaires (MCO).

Les hypothèses de ce test sont ainsi présentées comme suit :

$$\begin{cases} H_0: a \text{ est non significativement différent de } 0 \text{ si } P > 0.05 \rightarrow \text{Schéma additif} \\ H_1: a \text{ est significativement différent de } 0 \text{ si } P < 0.05 \rightarrow \text{Schéma multiplicatif} \end{cases}$$

Les résultats de cette méthode, appliquée à la série « consohm » sont présentés dans la figure n°27.

	Coefficients	Erreur-type	Statistique t	Probabilité	Limite inférieure pour seuil de confiance = 95%	Limite supérieure pour seuil de confiance = 95%	Limite inférieure pour seuil de confiance = 95.0%	Limite supérieure pour seuil de confiance = 95.0%
Constante	8319.517268	37886.80734	0.219588766	0.846565897	-154694.2578	171333.2923	-154694.2578	171333.2923
Variable X 1	0.102161202	0.313217961	0.326166488	0.775265109	-1.245506914	1.449829319	-1.245506914	1.449829319

Figure 27 Résultats de la régression linéaire effectuée sur l'écart type de la série "consohm"

La probabilité de la variable X1, ici représentant la moyenne en valeur absolue, est égale à 0.775. Cette valeur est supérieure à 0.05. De ce fait, l'hypothèse H₀ est acceptée, le schéma est par conséquent additif.

B. Modèles de prévision

Modèle 1 : Lissage exponentiel triple « Holt Winter »

L'étude menée sur la série dans le précédent point a montré que cette dernière comporte une tendance et est à caractère saisonnier. Ainsi, nous avons sélectionné, comme première méthode pour la modélisation de la demande gasoil de la base « Hassi Messaoud », la méthode de Holt Winter saisonnière et à schéma additif.

L'estimation des paramètres du modèle Holt Winter additif avec saisonnalité grâce à l'outil « Eviews » pour la période allant de Janvier 2016 à Décembre 2019 est représentée sur la figure n°28.

```

Date: 07/25/20 Time: 01:28
Sample: 2016M01 2019M12
Included observations: 48
Method: Holt-Winters Additive Seasonal
Original Series: CONSOHM
Forecast Series: CONSOHSM

```

Parameters:	Alpha	0.0000
	Beta	0.0000
	Gamma	0.0000
	Sum of Squared Residuals	4.24E+09
	Root Mean Squared Error	9394.883

End of Period Levels:	Mean	102857.5
	Trend	-809.8148
	Seasonals:	
	2019M01	13600.00
	2019M02	15213.06
	2019M03	-4969.623
	2019M04	-8925.308
	2019M05	-3221.743
	2019M06	-30336.68
	2019M07	-33502.61
	2019M08	-6097.799
	2019M09	28408.02
	2019M10	16176.83
	2019M11	-3855.854
	2019M12	17511.71

Figure 28 Modèle Holt Winter retenu par l'outil Eviews

Les prévisions obtenues pour l'année 2020 en se basant sur ce modèle sont illustrées dans le tableau n°16.

Tableau 15 Prévisions réalisées par la technique de HW : Base Hassi Messaoud

Mois	Jan-20	Fév-20	Mars-20	Avr-20	Mai-20	Juin-20	Jul-20	Août-20
Prévision HW	115648	116451	95458	90693	95587	67662	63686	90281
Sep-20	Oct-20	Nov-20	Déc-20					
123977	110936	90094	110651					

Modèle 2 : Méthodologie de Box et Jenkins

Etant donné que la série présente une saisonnalité, nous procédons à une correction des facteurs saisonniers en dessaisonnant à l'aide des moyennes mobiles. A l'issue de cette étape, nous obtenons la série « consohma », série qui avec laquelle nous continuons la démarche.

▪ Etape 1 : Test de stationnarité (test de Dickey-Fuller) sur la série « consohma »

Pour pouvoir procéder à la prévision, nous devons préalablement nous assurer de la stationnarité de la série chronologique. Si elle ne l'est pas, il faudra déterminer la meilleure façon de la stationnariser. Pour cela nous appliquons les tests de Dickey Fuller augmentés, tels que présentés dans l'état de l'art.

Nous commençons donc par estimer le modèle 3 à travers le test du coefficient de la tendance « test de b » qui est le suivant :

$$\begin{cases} H_0: b = 0 \rightarrow b \text{ n'est pas significativement différent de } 0 \\ H_1: b \neq 0 \rightarrow b \text{ est significativement différent de } 0 \end{cases}$$

Avec la condition que si le t-statistic calculé relatif au coefficient de la tendance b est supérieur à 0.05 nous acceptons l'hypothèse H_0 et rejetons H_1 . Les hypothèses et les conditions sont les mêmes pour la constante c.

Après avoir appliqué le test de Dickey Fuller sur la série chronologique « consohma » les résultats du test sont illustrés dans la Figure n°29.

Null Hypothesis: CONSOHMA has a unit root				
Exogenous: Constant, Linear Trend				
Lag Length: 0 (Automatic - based on SIC, maxlag=9)				
			t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic			-5.758955	0.0001
Test critical values:	1% level		-4.165756	
	5% level		-3.508508	
	10% level		-3.184230	
Augmented Dickey-Fuller Test Equation				
Dependent Variable: D(CONSOHMA)				
Method: Least Squares				
Date: 07/25/20 Time: 01:38				
Sample (adjusted): 2016M02 2019M12				
Included observations: 47 after adjustments				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
CONSOHMA(-1)	-0.889265	0.154414	-5.758955	0.0000
C	123088.8	21912.15	5.617376	0.0000
@TREND("2016M01")	-685.4881	168.4702	-4.068899	0.0002

Figure 29 Test racine unitaire modèle 3 pour la série "consohma"

L'interprétation des résultats obtenus par Eviews est la suivante :

$$\text{Consohma} = \Phi * \text{Consohma}_{t-1} + b * t + c + \varepsilon_t$$

- Prob (@Trend("2016M01")) = 0.0002 (inférieur à 0.05) ; donc $b \neq 0$ et H_1 acceptée;
- Prob (C) = 0.000 (inférieur à 0.05) ; donc $c \neq 0$ et H_1 acceptée;
- Prob (Augmented Dickey-Fuller test statistic) = 0,0001 (inférieur à 0,05) ; De plus, t-statistic (5%) = -5.756 < t-tabulée = -3.508 ; donc $\varphi=0$ et absence de racine unitaire.

A partir des résultats obtenus ($b \neq 0$; $c \neq 0$; $\varphi=0$), la série chronologique répond aux critères de la stationnarité. Cependant, il s'agit d'un processus TS dont nous devons retirer la tendance en soustrayant la tendance de la série.

▪ **Étape 2 : Régression sur le temps de la série « consohma »**

Afin d'éliminer la tendance, nous estimons cette dernière à l'aide de la méthode des moindres carrés. L'annexe n°10 représente les résultats obtenus grâce à Eviews. Nous obtenons l'équation suivante :

$$\text{TREND} = 139057.524376 - 790.691640131 * t$$

En soustrayant cette équation à la série « consohma », nous générons une nouvelle série chronologique sans tendance que l'on nomme « consohmd » telle que :

$$\text{consohmd} = \text{consohma} - (139057.524376 - 790.691640131 * t)$$

- **Test de stationnarité (test de Dickey-Fuller) sur la série « consohmd »**

Pour nous assurer que la série générée « consohmd » est bien stationnaire, elle est, à son tour, tester à l'aide du test de DF :

Modèle 3 (Tendance & Constante)

Augmented Dickey-Fuller Test Equation
 Dependent Variable: D(CONSOHMD)
 Method: Least Squares
 Date: 07/25/20 Time: 02:14
 Sample (adjusted): 2016M02 2019M12
 Included observations: 47 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
CONSOHMD(-1)	-0.889265	0.154414	-5.758955	0.0000
C	-482.6619	2988.728	-0.161494	0.8724
@TREND("2016M01")	17.64634	108.5560	0.162555	0.8716

Figure 30 Test Racine Unitaire modèle 3 pour la série "consohmd"

Les résultats illustrés sur la figure n°30 montrent que nous avons : Prob (@Trend("2016M01")) = 0.8716 (supérieur à 0.05) ; ainsi b=0 et H₀ acceptée donc absence de tendance. Nous passons donc au modèle 2.

Modèle 2 (Constante)

Augmented Dickey-Fuller Test Equation
 Dependent Variable: D(CONSOHMD)
 Method: Least Squares
 Date: 07/25/20 Time: 02:18
 Sample (adjusted): 2016M02 2019M12
 Included observations: 47 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
CONSOHMD(-1)	-0.890866	0.152424	-5.844666	0.0000
C	-59.70007	1454.487	-0.041045	0.9674

Figure 31 Test Racine Unitaire modèle 2 pour la série "consohmd"

D'après les résultats de la figure n°31, P(C)=0.9674 (supérieur à 0.05) ainsi c=0 et H₀ acceptée donc absence de constante. Nous passons donc au modèle 1.

Modèle 1

Null Hypothesis: CONSOHMD has a unit root
 Exogenous: None
 Lag Length: 0 (Automatic - based on SIC, maxlag=9)

	t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic	-5.911482	0.0000
Test critical values: 1% level	-2.615093	
5% level	-1.947975	
10% level	-1.612408	

Figure 32 Test Racine Unitaire modèle 1 pour la série "consohmd"

La figure n°32 montre que le t-statistique de la racine unitaire (t-calculé= -5.911) est supérieure, en valeur absolue, au seuil critique de 5%, nous rejetons donc l'existence d'une racine unitaire, la nouvelle série est par conséquent stationnaire.

▪ **Étape 3 : Analyse du corrélogramme de la série « consohmd »**

A partir du corrélogramme de la série stationnaire générée nous identifions les modèles potentiellement exploitables pour la réalisation des prévisions. Ces modèles correspondent aux pics significatifs observables sur la figure n°33.

Date: 07/25/20 Time: 02:27
 Sample: 2016M01 2019M12
 Included observations: 48

Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob
		1 0.103	0.103	0.5425	0.461
		2 0.002	-0.009	0.5426	0.762
		3 -0.215	-0.216	3.0025	0.391
		4 -0.059	-0.016	3.1956	0.526
		5 -0.047	-0.038	3.3176	0.651
		6 0.109	0.076	3.9981	0.677
		7 0.301	0.287	9.3112	0.231
		8 0.146	0.085	10.584	0.226
		9 -0.160	-0.178	12.161	0.204
		10 -0.023	0.131	12.193	0.272
		11 -0.126	-0.083	13.225	0.279
		12 0.039	0.004	13.326	0.346
		13 -0.029	-0.043	13.385	0.419
		14 -0.007	-0.186	13.388	0.496
		15 -0.012	-0.027	13.398	0.572
		16 -0.124	-0.073	14.547	0.558
		17 -0.041	-0.051	14.676	0.619
		18 -0.000	0.031	14.676	0.684
		19 -0.054	-0.094	14.921	0.728
		20 0.004	0.000	14.922	0.781
		21 0.056	0.195	15.199	0.813
		22 0.011	-0.032	15.210	0.853
		23 -0.142	-0.115	17.137	0.802
		24 -0.325	-0.320	27.726	0.272
		25 -0.057	-0.094	28.064	0.305
		26 -0.025	0.025	28.130	0.352
		27 0.067	-0.078	28.642	0.378
		28 0.082	-0.046	29.445	0.390
		29 0.038	-0.020	29.624	0.433

Figure 33 Corrélogramme de la série « consohmd »

L'analyse des fonctions d'autocorrélation simple et partielle a permis d'identifier les modèles candidats sont : MA(7), MA(24), AR(7), AR(24), ARMA(7,7), ARMA(7,24), ARMA(24,24), ARMA(24,7).

De ces modèles, nous ne retenons que ceux dont les termes sont significativement différents de 0, cela correspond à une probabilité P inférieure à 0.05 (voir annexe n°11). A l'issue de cette étape nous retenons les modèles suivants : MA(7), AR(7), AR(24), ARMA(24,24), ARMA(24,7).

Afin de départager ces modèles, nous effectuons une comparaison à l'aide des indicateurs de pouvoir prédictif de Box&Jenkins à savoir le « R-carré », le critère « d'Akaike » et enfin le critère de « Schwarz », sachant que l'objectif est de maximiser le premier et de minimiser les deux autres. Les résultats sont présentés dans le tableau suivant :

Tableau 16 Résultat des critères de Choix du meilleur modèle

	R ²	Akaike	Schwarz
MA(7)	0.1888	21.125	21.203
AR(7)	0.147	21.153	21.231
AR(24)	0.425	21.011	21.089
ARMA(24,24)	0.641	21.053	21.170
ARMA(24,7)	0.480	20.937	21.054

▪ Etape 4 : Estimation des paramètres

A partir des résultats obtenus dans l'étape précédente, nous retenons le modèle ARMA(24,24), et nous estimons ses paramètres grâce à l'outil « Eviews ». L'équation s'écrit alors comme suit :

$$Y_t = U_t - 0.971966U_{t-24} + 0.999783Y_{t-24}$$

Après avoir réalisé les tests sur les résidus et avoir conclu le fait qu'ils soient à bruits blancs (voir annexe n°12), nous pouvons réaliser les prévisions à l'aide du modèle ARMA(24,24) retenu.

▪ Etape 5 : Prévision par ARMA(24,24)

Les prévisions en terme de consommation de gasoil de la part de la base de « Hassi messaoud » durant l'année 2020 sont présentées dans le tableau n°18.

Tableau 17 Prévisions réalisées par la méthodologie de BJ : Base Hassi Messaoud

Mois	Jan-20	Fév-20	Mars-20	Avr-20	Mai-20	Juin-20	Jul-20	Août-20
ARMA(24,24)	149218	154296	133894	131656	140649	117197	117503	150916
Sep-20	Oct-20	Nov-20	Déc-20					
192947	161813	148376	160798					

Les étapes et la méthodologie utilisées pour la réalisation des prévisions pour les bases « Hassi Berkine » et « In Aminas » sont présentées en annexes (voir annexes n°13 et 14).

1.2. Mesure de la fiabilité des prévisions

Dans le but de déterminer, pour chacune des bases, qui des deux modèles développés permet d'obtenir les meilleures prévisions nous allons mesurer la fiabilité de ces dernières grâce aux indicateurs de performance MSE_n , MAD_n , $MAPE_n$ présentés dans la partie état de l'art. Nous allons également considérer les prévisions réalisées par le service « Facility » de Schlumberger afin de mesurer, à elles aussi, leur fiabilité. Le calcul effectué concerne les six premiers mois de l'année 2020.

Les résultats obtenus pour chacune des bases sont présentés dans les tableaux n°19, 20 et 21.

Tableau 18 Tableau comparatif des différentes prévisions pour la base de "Hassi Messaoud"

Modèle	Holt Winter	ARMA(24,24)	Prévision Schlumberger
MSE	2.45E+08	9.55E+08	9.23E+08
MAD	1.53E+04	2.91E+04	2.66E+04
MAPE	14.20%	28.03%	27%

Tableau 19 Tableau comparatif des différentes prévisions pour la base de "Hassi Berkine"

Modèle	Holt Winter	ARMA(11,2)	Prévision Schlumberger
MSE	4.01E+08	4.59E+08	3.01E+09
MAD	1.58E+04	1.73E+04	5.12E+04
MAPE	36.97%	39.95%	85%

Tableau 20 Tableau comparatif des différentes prévisions pour la base de "In Amenass"

Modèle	Holt Winter	ARMA(12,1)	Prévision Schlumberger
MSE	3.80E+06	1.03E+06	3.60E+08
MAD	1.87E+03	7.81E+02	1.42E+04
MAPE	3.50%	1.41%	26%

Nous remarquons, pour les trois bases, une nette amélioration des prévisions par rapport aux prévisions réalisées par SLB. Pour les bases de « Hassi Messaoud » et « Hassi berkine », nous retiendrons les prévisions obtenues grâce aux modèles se basant sur la technique du lissage exponentiel triple, à savoir « Holt Winters » avec un taux de réalité de, respectivement, 85.80% et 63.03%. Pour ce qui est de la base de « In Amenass », le modèle généré à travers la méthodologie de « Box & Jenkins » est celui qui donne les meilleurs résultats avec un taux de réalité supérieur à 98%, nous utiliserons donc les prévisions qui en ont découlées pour réaliser la suite de nos travaux.

Etant donné le taux de réalité relativement faible des prévisions de la base de « Hassi Berkine » nous proposons les deux alternatives d'amélioration suivantes :

- Un contrôle de la consommation au niveau de la base ;
- Etablir des profils de consommation par Product Line ou par projet, ceci dans le but d'identifier et faire ressortir une logique de consommation.

Ces recommandations peuvent également être appliquées aux deux autres bases.

2. Développement d'outils de planification

Dans cette partie nous allons développer un outil permettant de planifier l'approvisionnement en gasoil de façon à optimiser les coûts de transport. Pour cela, nous allons, en premier lieu, identifier les fournisseurs en mesure d'assurer le transport à des critères coûts qualité délais raisonnables et proposant un service en « Monthly Rental » en plus de celui en « Call Out Rental ». Ceci, dans le but d'étudier les intérêts pouvant être exploités à travers cette piste. L'appel d'offre alors lancé par SLB a débouché sur les prestataires de services de transport présentés dans le tableau n° 22.

Tableau 21 Prestataires de transport

Prestataire	Prestataire 1	Prestataire 2	Prestataire 3	Prestataire 4
Prix journalier « Monthly Rental »	15,800 DZD	18,000 DZD	22,500 DZD	19,000 DZD
Prix journalier « Call out Rental »	22,500 DZD	25,000 DZD	29,500 DZD	28,000 DZD
Capacité des Camions	27m ³	27m ³	27m ³	27m ³
Camions disponibles	12	30	12	9
Capacité Total du fournisseur	324m ³	810m ³	324m ³	243m ³
Localisation du prestataire	Hassi Messaoud	Hassi Messaoud	Hassi Messaoud	Hassi Messaoud

Les délais d'approvisionnement sont les mêmes pour tous les prestataires et sont présentés dans le tableau n°23.

Tableau 22 Délais de livraison des bases

Base	Source d'approvisionnement		
	Remchi	Skikda	Annaba
Hassi Berkine	6 jours	5 jours	4 jours
In Aminos	7 jours	6 jours	5 jours
Hassi Messaoud	5 jours	4 jours	3 jours

D'après les informations obtenues grâce à l'appel d'offre, nous retenons la ville de « Annaba » comme principale source d'approvisionnement puisqu'elle présente les meilleurs délais de livraison, et le prestataire de services « Fournisseur 1 » pour assurer le transport du gasoil, étant celui qui offre les prix les plus bas avec la même qualité de service.

2.1. Démarche de résolution

Pour la résolution de notre problématique, nous disposons des informations suivantes :

- Un camion doit obligatoirement démarrer avec un taux de remplissage de 100%, ceci sous contrainte imposée par le département HSE de l'entreprise ;
- Nous disposons de données de consommation mensuelle et pas de données journalières ;

- Un camion livre une et une seule base par voyage, les camions citernes ne disposant pas de débitmètre et chaque base faisant sa demande de manière indépendante : ce n'est donc pas un problème de tournée ;
- Les dates correspondantes à l'apparition du besoin de livraison sont inconnues : il faudra les déterminer ;
- Nous avons comme entrée les prévisions réalisées dans la première partie de ce chapitre ;
- Nous disposons de la capacité de stockage de chaque base ainsi que du niveau de ce réservoir à la fin du mois de décembre 2019.

En partant de ces informations, nous devons :

- Établir une hypothèse pour générer des données journalières permettant la construction de notre modèle ;
- Déterminer les dates de livraison pour chaque base ;
- Déterminer le retard critique de livraison pour les bases qui en ont besoin ;
- Déterminer le nombre de camions nécessaires, en « Monthly Rental » et en « Call out Rental », pour assurer les livraisons de façon à minimiser les coûts de transport ;
- Affecter les camions aux bases.

Pour cela nous proposons une méthode de résolution en trois étapes :

1. La première étape consiste à déterminer les dates de livraison, par mois, de chaque base grâce à un algorithme. Il permet également de faire ressortir les délais de retard critique ;
2. La deuxième étape permet, à travers un second algorithme qui utilise un PLNE, de faire ressortir le nombre de camions en « Monthly Rental » et en « Call out Rental », qui permet d'assurer les livraisons avec coût minimal ;
3. La troisième étape consiste, à partir des résultats obtenus aux étapes précédentes, à réaliser l'affectation des camions « Monthly » et « Call out » grâce à une heuristique.

2.1.1. Algorithme pour la détermination des dates de livraison

Cette partie concerne le développement d'un algorithme permettant de déterminer, par mois, les dates d'apparition du besoin de livraison de chaque base. Cette étape est cruciale car elle nous permet d'obtenir les dates pour faire l'affectation des camions.

▪ Mode de réflexion

Pour chaque base, nous avons :

- Une capacité de stockage max à ne pas dépasser ;
- Un niveau de réservoir qui varie au cours du temps ;
- Une consommation mensuelle variable.

En partant de ces paramètres, il est question de déterminer les dates à partir desquelles les bases ont besoin de se faire livrer. Pour cela, nous devons calculer, dans un premier temps, la consommation journalière pour chaque mois et chaque base, ensuite nous procédons comme suit :

Au début du mois, au jour $j=1$, la valeur du niveau du réservoir de ce mois est égale à celle enregistrée à la fin du mois précédent. Dans le cas des autres jours du même mois, elle est égale à celle de la journée précédente. A cette valeur, on soustrait la consommation enregistrée au cours de la journée. Le niveau du réservoir s'actualise et baisse ainsi jour après jour.

Si la différence entre la capacité max du réservoir de la base et le niveau du réservoir au jour j dépasse les 27m^3 , un besoin de livraison est nécessaire. 27m^3 étant la capacité de la citerne des camions de livraison. Dans le cas où cette différence est dépassée, la valeur du niveau du réservoir est actualisée en lui ajoutant 27m^3 car idéalement la base doit être livrée. La journée correspondante à cette opération ainsi que la base concernée par la livraison sont retenues.

Ces mêmes étapes sont déroulées pour le reste des jours d'un même mois, puis pour l'ensemble des mois de l'année.

- **Les indices**

- $i \in I$: indices des bases tels que :

$i = 1$: Base de "Hassi Berkine"

$i = 2$: Base de "In Aminas"

$i = 3$: Base de "Hassi Messaoud"

- $j \in J$: indices des jours
- $t \in T$: indices des mois

- **Les paramètres connus**

- La consommation mensuelle en litre au mois t de la base i : $CS_{t,i}$
- Niveau initial du réservoir en litre en début du 1^{er} mois de l'année de la base i : $V_{1,i}$
- Capacité max en litre du réservoir de la base i : C_{max_i}
- Nombre de jour max du mois : M_t

- **Les paramètres inconnus**

- La consommation journalière en litre de la base i : $CS_{j,t,i}$
- La demande en litre au mois t de la base i : $D_{t,i}$
- Nombre de livraison nécessaire au mois t pour la base i : $N_{t,i}$
- Niveau du réservoir en litre en début du mois t de la base i : $V_{t,i}$
- Niveau journalier du réservoir en litre au jour j du mois de t de la base i : $V_{j,i}^t$
- Les jours j de l'apparition du besoin de livraison de la base i au mois de t : $X_{j,i}^t$

- **Hypothèse**

- La consommation mensuelle pour chaque base est linéaire distribuée au cours du temps (jours).

▪ **L'algorithme**

1. Déterminer la consommation journalière pour tous les mois :

$$Cs_{j,t,i} = \frac{Cs_{t,i}}{M_t} \quad \forall i \in I, t=1...12$$

2. Initialiser les valeurs de t et j à 1:

$$\begin{aligned} t &= 1 \\ j &= 1 \end{aligned}$$

3. Initialiser la valeur des réservoirs de toutes les bases du mois :

$$V_{t,i} = V_{1,i} \quad \forall i \in I$$

4. Initialiser à la première journée du premier mois la valeur du début du mois pour toutes les bases :

$$V_{j,i}^t = V_{t,i} \quad \forall i \in I$$

5. Actualiser le niveau du réservoir journalier de toutes les bases du mois t :

$$\text{Si } j=1 : \quad V_{j,i}^t = V_{j,i}^t - Cs_{j,t,i} \quad \forall i \in I$$

$$\text{Si } j \neq 1 : \quad V_{j,i}^t = V_{j-1,i}^t - Cs_{j,t,i} \quad \forall i \in I$$

6. Tester la validité de l'expression : $C_{max_i} - V_{j,i}^t > 27000 \quad \forall i \in I$.

Si "vrai" :

$$\begin{aligned} X_{j,i}^t &= 1 \\ V_{j,i}^t &= V_{j,i}^t + 27000 \end{aligned}$$

Sinon, passer à l'étape 7.

7. Passer au jour suivant tel que $j = j + 1$ et reprendre depuis l'étape 4 jusqu'à $j = M_t$.

Si $j = M_t$ et que $t \neq 12$, la valeur des réservoirs de toutes les bases au 1^{er} jour du mois suivant est égale à celle du niveau au dernier jour du mois en cours :

$$V_{t+1,j} = V_{j,i}^t \quad \forall i \in I$$

8. Passer au mois suivant tel que $t = t + 1$, puis re-dérouler l'algorithme depuis l'étape 4 jusqu'au dernier mois de l'année tel que $t = 12$.

La variable $X_{j,i}^t$ stocke ainsi les informations : quelle base doit être livrée quel jour. En sommant ces résultats par base sur le mois, nous obtenons le nombre de livraisons nécessaire par mois de la base.

Il est également possible de calculer ce nombre en divisant la demande d'une la base i au mois t par sa consommation journalière. Le résultat est arrondi à la valeur inférieure.

$$N_{t,i} = \text{arrondi}_{inf}\left(\frac{D_{t,i}}{27000}\right) \text{ et } D_{t,i} = (C_{max_i} - V_{t,j}) + Cs_{t,i}$$

▪ **Délai de retard critique : Base « Hassi Messaoud »**

A la différence des deux autres bases concernées par l'étude, la base de « Hassi Messaoud » se caractérise par une grande consommation et une petite capacité de stockage. C'est dans ce sens que nous avons jugé intéressant et essentiel de déterminer un délai de retard critique qu'il ne faut en aucun cas dépasser. Car, dans le cas contraire, le réservoir se retrouvera vide et l'activité de SLB ainsi que celle de ses clients en seront par conséquent affectées.

Pour cela, nous allons d'abord déterminer la valeur minimale prise par le niveau du réservoir de la base de « Hassi Messaoud », puis nous la diviserons par la consommation journalière de cette base durant le mois. Le résultat est arrondi à la valeur inférieure. Mathématiquement cela donne :

$$\text{donne :} \quad \text{Critique}_t = \text{arrondi_inf}\left(\frac{\min(Vj_{j,i}^t)}{CS_{j,t,3}}\right)$$

Tel que Critique_t est le délai critique pour la base « Hassi Messaoud » à ne pas dépasser après la date d'apparition du besoin de livraison.

2.1.2. Nombre de camions

Dans cette partie nous allons développer un modèle mathématique, grâce à la programmation linéaire en nombres entiers (PLNE), permettant de déterminer, de manière approximative, le nombre nécessaire de camions à louer en « Monthly Rental » et en « Call Out Rental » de façon à minimiser les coûts de transport. Le but est d'avoir un nombre de camions en « Monthly Rental » et en « Call Out Rental » qui couvre la totalité des délais.

▪ **Paramètres**

La durée des trajets est donnée comme suite :

$Dt_1 = 4 \text{ jours pour « Hassi Berkine » ;}$

$Dt_2 = 5 \text{ jours pour « In Aminos » ;}$

$Dt_3 = 3 \text{ jours pour « Hassi Messaoud » .}$

➤ **Pour les camions « Monthly Rental »**

- Nous avons Y camions monthly rental ;
- Chacun de ces camions y est disponible durant M(t) jours avec M(t) le nombre de jours au courant du mois t ;
- Chaque camion a un coût journalier de $C_m = 15800 \text{ DZD}$.

➤ **Pour les camions « Call out Rental »**

- y_1, y_2 et y_3 sont respectivement le nombre de camions « Call Out Rental » disponibles pour les bases de « Hassi Berkine », « In Aminos » et « Hassi Messaoud » ;
- Chaque camion ne peut être utilisé qu'une seule fois
- Les coûts par trajet pour chacune des bases de « Hassi Berkine », « In Aminos », « Hassi Messaoud » sont respectivement :

$$Cr_1 = 105000\text{DZD}, Cr_2 = 130000\text{DZD}, Cr_3 = 85000\text{DZD}$$

▪ **La fonction objectif**

- **Montant « Monthly Rental » :** Pour Y monthly rental SLB doit payer un montant égale à Y fois le prix journalier multiplié par le nombre de jours du mois : $M(t)*15800*Y$.

➤ **Montant « Call Out Rental » :**

- Base de « Hassi Berkine » : SLB doit payer les « call out rental » de la base de « Hassi Berkine » à un montant égale au nombre de call out utilisé par la base de « Hassi Berkine », y_1 , multiplié par le prix du « call out rental » de « Hassi Berkine » Cr_1 : $Cr_1 * y_1 = 105000 * y_1$
- Base de « In Aminas » : $Cr_2 * y_2 = 130000 * y_2$
- Base de « Hassi messaoud » : $Cr_3 * y_3 = 85000 * y_3$

Notre fonction objectif doit donc minimiser la somme de tous ces montants tel que :

$$F.O : \min z = M(t) * 15800 * Y + 105000 * y_1 + 130000 * y_2 + 85000 * y_3$$

Il s'agit ainsi d'un problème de minimisation.

▪ **Les contraintes**

Ce modèle mathématique est à contrainte unique. Cette contrainte couvre le besoin en jours de transport.

Nous savons que la contrainte s'écrit sous la forme de : $A * x \geq b$
où :

- A est la matrice contenant les coefficients des contraintes ;
- x est le vecteur contenant les valeurs des variables ;
- b est le vecteur contenant les valeurs des constantes des contraintes.

▪ **Le vecteur b**

Pour déterminer le vecteur b, nous devons nous assurer du besoin en jours de livraison pour chaque base. C'est à dire que chaque base a effectivement besoin d'au moins ce nombre de jours pour pouvoir livrer la quantité demandée. Ce besoin est égale au nombre de livraisons multiplié par la durée du trajet pour la base i au mois t : $N_{i,t} * Dt_i$

Pour les trois bases, nous avons donc : $b = \sum_{i=1}^3 N_{t,i} * Dt_i = 4 * N_{t,1} + 5 * N_{t,2} + 3 * N_{t,3}$.

Notre vecteur $x = [Y \ y_1 \ y_2 \ y_3]^T$.

▪ **La matrice A**

- **Cas du « Call out Rental » :** c'est la durée du trajet donc Dt_1 pour y_1 , Dt_2 pour y_2 , Dt_3 pour y_3 .
- **Cas du « Monthly Rental » :** c'est le nombre de jours de « disponibilité ». Ce nombre est égale au nombre de jours du mois de t, moins (si cette valeur est positive) la différence entre la date de livraison de la première base à livrer et le nombre de jours nécessaire pour la livraison de cette base.

Nous prendrons un exemple pour mieux comprendre ce point :

Au mois d'avril, on dispose de $M(1) = 30$ jours. D'après le planning, la première base devant être livrée est la base 3 durant la journée 5. Etant donné que le temps de trajet du camion est de trois jours, pour arriver à la 5ème journée, le camion-citerne devra démarrer le 3ème jour du mois d'avril. Par conséquent, sur les 30 jours du mois de Janvier, le « monthly rental » sera utilisé au maximum 28 jours (30-2).

Nous avons donc :

$$(M_t - e_t) * Y$$

avec :

$$e_t = \max(0, \text{date première livraison mois } t - \text{durée livraison vers base concernée})$$

Notre contrainte s'écrit donc :

$$(M_t - e_t) * Y + Dt_1 * y_1 + Dt_2 * y_2 + Dt_3 * y_3 \geq Dt_1 * N_{t,1} + Dt_2 * N_{t,2} + Dt_3 * N_{t,3}$$

Qui est égale, dans notre cas, à :

$$(M_t - e_t) * Y + 4 * y_1 + 5 * y_2 + 3 * y_3 \geq 4 * N_{t,1} + 5 * N_{t,2} + 3 * N_{t,3}$$

Il est à noter que cette solution nous permet surtout d'avoir le nombre de camions « monthly rental » pour choisir la grille d'affectation à utiliser par la suite. Aussi, il se peut que les camions en « call out rental » ne soient pas affectés aux bases auxquels ils devraient l'être, car le camion « monthly rental » ne couvrira pas nécessairement toute la durée de sa disponibilité. En effet, il y aura probablement des périodes où le camions « monthly rental » est à l'arrêt dû à la non apparition d'un besoin de livraison à un délai proche. Pour pallier à cela, nous considérerons que les camions « call out rental » sont attribuables à n'importe quelle base.

Par exemple, si nous avons $Y = 1$, $y_1 = 0$, $y_2 = 1$, $y_3 = 1$, nous essayerons, dans un premier temps, d'affecter les camions « call out rental » à leur base respective tel que les résultats du modèle le veulent. Cependant, si cela n'est pas possible, nous considérerons le nombre de camions « call out rental » égale à $y_1 + y_2 + y_3$ et effectuerons leurs affectations grâce à l'algorithme proposé dans le point suivant..

2.1.3. Affectation des camions

Pour répondre au mieux à toutes les contraintes et spécificités de notre problème, nous allons développer un algorithme propre à ce dernier donnant des résultats relativement satisfaisants. La démarche consiste à construire une grille avec $M(t)$ colonnes et $3*Y$ lignes (3 lignes pour un camion « monthly rental », et 6 pour 2 camions « monthly rental ») puis suivre les étapes ci-dessous.

▪ Etapes

1. Colorier en vert les cases des dates de livraison pour chaque base.
2. Colorier en rouge les cases des dates critiques de livraison pour la base de « Hassi Messaoud ». Si la date critique dépasse la date fin du mois, colorier la dernière date du mois.

3. Commencer par affecter le camion à la base qui a la date de livraison la plus proche en respectant les règles suivantes :
 - Si la date de livraison est à une date supérieure à la durée du trajet de la base : La base se fait livrer à la journée prévue et on colorie en bleu la date de livraison et les cases d'avant. Le nombre de cases colorés est égale à celui de la durée du transport.
 - Si la date de livraison se trouve être à une date inférieure à la durée du trajet de la base : on démarre le plus tôt possible, et on essaye de livrer la base.
 - Si une base fut livrée, on efface la couleur verte de la case.
 - Si une base avec un délai critique a été livrée, on efface la couleur rouge qui correspond au délai critique.
 - Dans le cas où deux (02) bases ou plus doivent se faire livrer à la même date, ou dans un intervalle de temps proche (avoisinant les trois (03) jours), nous privilégierons celles permettant de couvrir une plus grande période, mais toujours sans dépasser les dates critiques.
 - S'il n'est pas possible d'affecter une base en « monthly rental », nous utiliserons la ressource camion « call out rental ». On la colorie en couleur jaune. Elle ne couvre que la journée de livraison.
 - Dans le cas de deux (02) camions « monthly rental », on affecte les deux au même moment.

2.2. Application de la solution

Etape 1 : Déterminer les dates de livraison et des délais de retard critiques

Nous avons développé l'algorithme pour la détermination des dates de livraison en langage MATLAB. C'est un langage de programmation à la fois puissant et simple d'utilisation. Il permet d'exprimer les problèmes et d'obtenir leurs solutions de façon aisée, permettant leur calcul numérique et leur visualisation graphique.

Pour exécuter notre programme, nous avons utilisé le logiciel « Octave ». Il s'agit d'un logiciel open source léger et complet, qui nous a, à la fois, permis de faire notre programmation informatique et d'assurer la résolution de notre modèle mathématique en programmation linéaire en nombres entiers grâce à son optimisation toolbox. En plus des consommations mensuelles prévisionnelles obtenues dans la première partie de ce chapitre, nous avons les données d'entrée suivantes :

$I = \{1,2,3\}$ tel que :

$i = 1$: Base de "Hassi Berkine"

$i = 2$: Base de In Aminas

$i = 3$: Base de "Hassi Messaoud"

$T = 1 \dots 12$

$C_m = 15800, Cr_1 = 105000, Cr_2 = 130000, Cr_3 = 85000$

$$Dt_1 = 4, Dt_2 = 5, Dt_3 = 3$$

$$V_{1,1} = 124026, V_{1,2} = 70178, V_{1,3} = 37922$$

$$C_{max_1} = 150000, C_{max_2} = 74000, C_{max_3} = 48000$$

$$M_1 = 31, M_2 = 29, M_3 = 31, M_4 = 30, M_5 = 31, M_6 = 30, M_7 = 31, M_8 = 31, M_9 = 30,$$

$$M_{10} = 31, M_{11} = 30, M_{12} = 31$$

Les résultats obtenus après l'exécution du programme sur Octave représentent les dates de livraison pour chaque base. Les dates retenues pour le premier mois sont présentées dans le tableau ci-dessous. Les résultats obtenus pour le reste des mois sont présentés en annexe (voir annexe n°15).

Tableau 23 Dates de livraison pour Janvier 2020

Mois 1									
Base	i=1			i=2		i=3			
date	1	16	30	14	29	5	12	20	27

Le nombre de besoins en livraison pour chaque base et pour chaque mois est donné en annexe (voir annexe n°17).

▪ **Délais critiques : Base de « Hassi Messaoud »**

Les délais critiques générés par le logiciel Octave sont ceux représentés dans le tableau n°25.

Tableau 24 Délais de retard critique pour la base de "Hassi Messaoud"

mois	critique _t
t=1	5
t=2	5
t=3	6
t=4	7
t=5	7
t=6	9
t=7	10
t=8	7
t=9	5
t=10	5
t=11	7
t=12	6

Etape 2 : Déterminer le nombre de camions

Le nombre de camions à louer en « monthly rental » et en « call out rental » durant chaque mois et pour chaque base, obtenu grâce au logiciel Octave est présenté dans le tableau n°26.

Tableau 25 Camions requis par mois et par base

t	Y	y1	y2	y3	zmin
t=1	1	0	0	1	574800
t=2	1	0	0	1	543200
t=3	1	0	0	0	489800
t=4	1	0	0	0	474000
t=5	1	0	0	0	489800
t=6	1	0	0	0	474000
t=7	1	0	0	0	489800
t=8	1	0	0	0	489800
t=9	1	0	0	1	559000
t=10	1	0	0	1	574800
t=11	1	0	0	1	559000
t=12	1	0	0	0	489800

Etape 3 : Procéder à l'affectation des camions

Nous allons dérouler, étape par étape, l'heuristique développée, ceci pour le premier mois :

1-Colorier en vert les cases des dates de livraison pour chaque base :

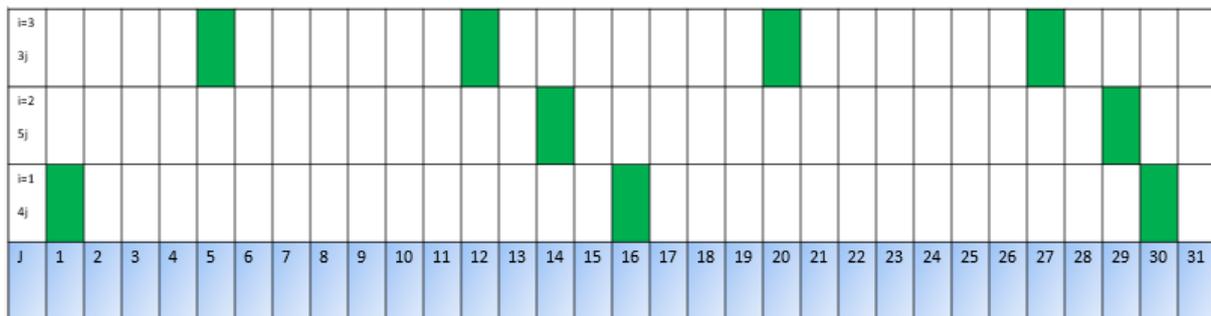


Figure 34 Résultat de l'étape 1 : algorithme d'affectation

2- Colorier en rouge les cases des dates critiques de livraison pour « Hassi Messaoud » :

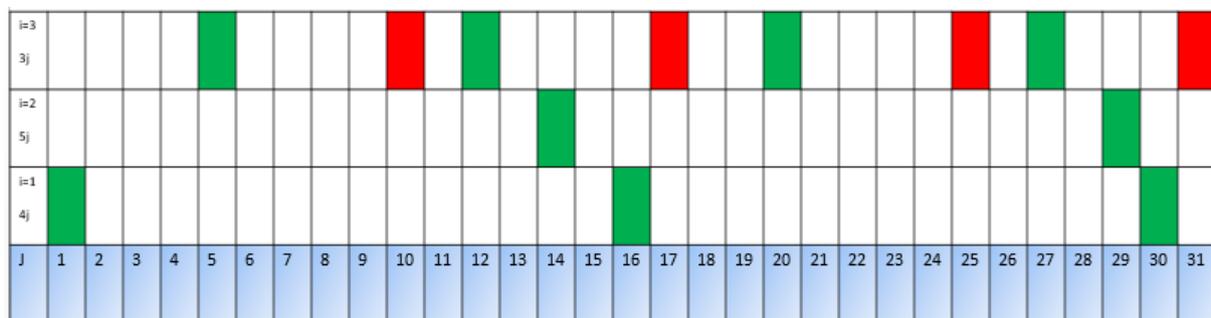


Figure 35 Résultat de l'étape 2 : algorithme d'affectation

On livre ensuite la base 2 :

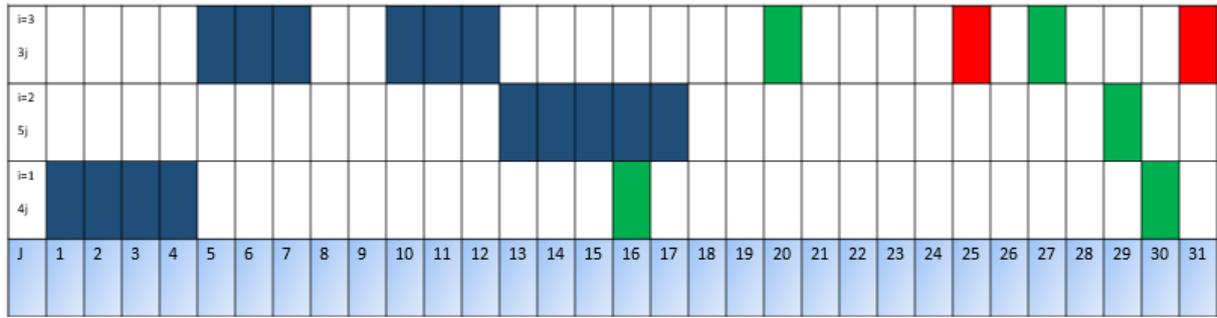


Figure 39 Résultat de l'étape 3 itération 4 : algorithme d'affectation

On va livrer la base 1 :

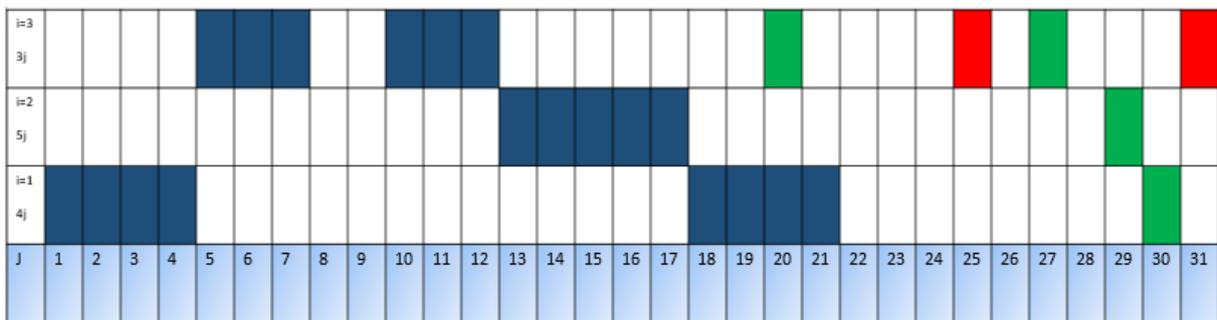


Figure 40 Résultat de l'étape 3 itération 5 : algorithme d'affectation

On livre ensuite la base 3 :

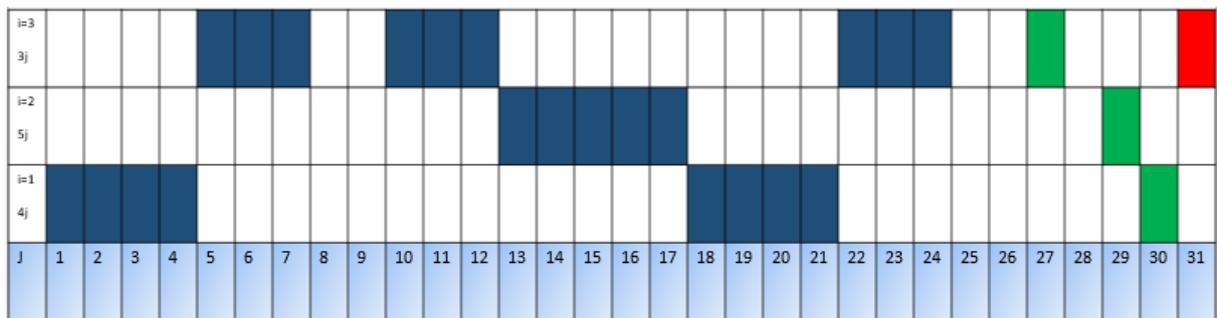


Figure 41 Résultat de l'étape 3 itération 6 : algorithme d'affectation

On a maintenant le choix entre livrer la base 1, 2, ou 3.

On privilégie celle qui permet de couvrir la plus grande période. Il nous reste 7 jours. On peut donc livrer les bases 1 et 3, puis affecter un « call out » pour la base 2. Cela toujours par souci de minimisation des coûts de transport :

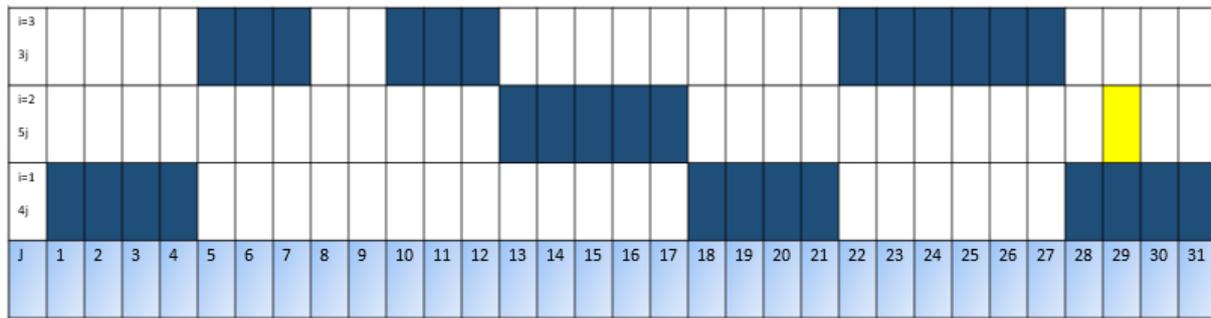


Figure 42 Résultat de l'étape 3 itération 7 : algorithme d'affectation

On voit qu'à la journée 8 et à la journée 9, le camion n'est pas utilisé. Ceci explique pourquoi au lieu d'avoir besoin d'un « call out rental » couvrant une période de 3 jours, on se retrouve avec un « call out rental » qui a besoin de 5 jours.

D'après le modèle mathématique, on avait la contrainte $31*Y + 4*y_1 + 5*y_2 + 3*y_3 > 34$.

La durée effective du camion est de 29 jours, car non utilisé le 8eme et 9eme du mois. La contrainte devient ainsi : $29*Y + 4*y_1 + 5*y_2 + 3*y_3 >= 34$. La nouvelle solution est donc $X=(1,0,1,0)$. Avec cela on détermine la valeur de la dépense en transport, $z_{min_1} = 31*15800*1 + 130000*1$ d'où $z_{min_1} = 619800$.

Les mêmes étapes sont déroulées pour le reste des mois. Les résultats obtenus sont présentés en annexe n°16.

▪ Résumé des coûts de transport (DZD)

Nous présentons à travers le tableau n°27 les coûts de transport engendrés par le plan de transport et d'approvisionnement établi. Ce tableau illustre également le gain financier dégagé à l'aide de la démarche de planification proposée. Nous avons pris comme référence les dépenses qu'aurait engendré l'utilisation du modèle de transport actuel en « Call out Rental ».

Tableau 26 Coûts de transport pour l'année 2020

Mois	Liste des opérations	Coût monthly+call out (DZD)	Coût call out (DZD)	Gains par mois (DZD)	% baisse des coûts
1	1 monthly 1 call out In aminos	619,800.00	915,000.00	295,200.00	32%
2	1 monthly 1 call out hassi berkine	563,200.00	810,000.00	246,800.00	30%
3	1 monthly 1 call out in aminos	619,800.00	810,000.00	190,200.00	23%
4	1 monthly 1 call out hassi messaoud	559,000.00	725,000.00	166,000.00	23%
5	1 monthly 1 call out hassi messaoud	574,800.00	810,000.00	235,200.00	29%
6	1 monthly	474,000.00	640,000.00	166,000.00	26%
7	1 monthly	489,800.00	725,000.00	235,200.00	32%
8	1 monthly	489,800.00	725,000.00	235,200.00	32%
9	1 monthly 1 call out hassi messaoud	559,000.00	895,000.00	336,000.00	37%
10	1 monthly 1 call out hassi messaoud	574,800.00	810,000.00	235,200.00	29%
11	1 monthly 1 call out hassi messaoud	559,000.00	725,000.00	166,000.00	23%
12	1 monthly	489,800.00	810,000.00	320,200.00	39%
	Annuel	6,572,800.00	9,400,000.00	3,411,400.00	30%

2.3. Discussions des résultats et recommandations

▪ Programme informatique pour l'obtention des dates de livraison

Le programme informatique mis au point repose sur l'hypothèse de linéarité de la consommation mensuelle dans le temps. Cette hypothèse est le résultat de l'absence et de la non fiabilité des données journalières. Pour cela, nous recommandons à l'entreprise une récolte de données et un suivi rigoureux de la consommation. Un fichier Excel est mis à disposition des équipes responsable du produit pour renseigner de façon journalière les quantités consommées par base. La disponibilité de telles données pourrait considérablement améliorer les résultats du programme informatique développé et permettre ainsi une meilleure planification des approvisionnements.

Aussi, en ce qui concerne la base de « Hassi Messaoud », nous avons remarqué que sa consommation est relativement plus importante et régulière que celles des deux autres bases. Néanmoins, il s'agit de la base avec la capacité de stockage la moins importante. Ceci rend plus fréquent son approvisionnement et fait que le calcul d'un délai de retard critique de livraison soit nécessaire pour éviter les ruptures de stocks. C'est dans ce sens que nous recommandons à l'entreprise de mener une étude pour le redimensionnement de la citerne de stockage.

▪ **Programme linéaire en nombres entiers et Algorithme d'affectation**

Le programme linéaire en nombres entiers conçu n'est pas optimal mais constitue une base solide pour l'affectation des camions tel qu'il permet d'obtenir le nombre de « Call out Rental » et de « Monthly Rental » requis. Les résultats obtenus grâce au PLNE sont acceptables dans le sens où, sur les douze (12) mois, sept (07) affectations sont correctes. Deux (02) « call out rental » seulement ont été affectés à la mauvaise base et trois (03) autres n'ont pas été pris en compte. Ces erreurs sont notamment dues au fait que le modèle ne prend pas en compte les jours vides qui se créent lorsque le camion « monthly rental » n'est pas utilisé. Cependant elles peuvent être facilement corrigées grâce à l'algorithme d'affectation permettant ainsi d'atteindre le résultat optimal. Le tableau ci-dessous fait la comparaison entre les résultats obtenus grâce au PLNE et ceux, optimaux, après correction grâce à l'algorithme d'affectation.

Tableau 28 Tableau comparant les résultats du PLNE et de l'algorithme d'affectation

t	Résultats du PLNE	Zmin (DZD)	Résultats de l'algorithme d'affectation	Coût monthly + call out (DZD)
t=1	1 monthly 1 call out hassi messaoud	574,800.00	1 monthly 1 call out In aminos	619,800.00
t=2	1 monthly 1 call out hassi messaoud	543,200.00	1 monthly 1 call out hassi berkine	563,200.00
t=3	1 monthly	489,800.00	1 monthly 1 call out in aminos	619,800.00
t=4	1 monthly	474,000.00	1 monthly 1 call out hassi messaoud	559,000.00
t=5	1 monthly	489,800.00	1 monthly 1 call out hassi messaoud	574,800.00
t=6	1 monthly	474,000.00	1 monthly	474,000.00
t=7	1 monthly	489,800.00	1 monthly	489,800.00
t=8	1 monthly	489,800.00	1 monthly	489,800.00
t=9	1 monthly 1 call out hassi messaoud	559,000.00	1 monthly 1 call out hassi messaoud	559,000.00
t=10	1 monthly 1 call out hassi messaoud	574,800.00	1 monthly 1 call out hassi messaoud	574,800.00
t=11	1 monthly 1 call out hassi messaoud	559,000.00	1 monthly 1 call out hassi messaoud	559,000.00
t=12	1 monthly	489,800.00	1 monthly	489,800.00

3. Gestion et suivi de la performance

En plus des moyens et modèles proposés pour réduire les coûts de transport du gasoil, nous avons conçu un outil de gestion et de contrôle capable d'assurer le suivi de la consommation de gasoil ainsi que celui des livraisons. Cet outil consiste en un tableau de bord tactique développé sur « Power BI Desktop ». Nous avons choisi cette application car, en plus d'être celle que nous maîtrisons le mieux, elle est la seule de ce type à être disponible en version gratuite.

Pour le choix de la fréquence de réalisation de ce tableau de bord nous avons opté pour une fréquence mensuelle ceci car les données ne sont que très rarement introduites de manière journalière et restent peu fiables si l'on considère le fait que la consommation sur plusieurs jours peut être ramenée à un seul jour, le jour où les données sont reportées sur le fichier Excel destiné à cet effet.

Pour le choix des informations à afficher sur le tableau de bord nous avons retenu les KPIs proposés par le modèle SCOR pour le suivi du processus de transfert à savoir :

- Le pourcentage des commandes livrées à temps depuis le début de l'année ;
- Le pourcentage des commandes livrées sans erreurs depuis le début de l'année : nous avons préféré transformer cet indicateur en un pourcentage de conformité égale à la quantité reçue divisée par la quantité commandée ;
- Le temps de cycle de transfert des produits présenté sous la forme d'un diagramme à bandes verticales. La barre est de couleur orange lorsque le délai moyen est supérieur à celui initialement annoncé par le transporteur.

De manière plus spécifique à notre problème nous avons sélectionné, après consultation de l'équipe responsable de ce produit les informations suivantes :

- Le nombre de camions « monthly » utilisé depuis le début de l'année ;
- Le nombre de camions « call out » utilisé depuis le début de l'année ;
- Les dépenses en transport calculées depuis le début de l'année ;
- Un tableau regroupant les dates de livraison, le type de ressource par livraison et le coût de la livraison.

De la même façon nous avons retenu les visualisations graphiques suivantes :

- Sur la même figure, le graphe d'évolution de la consommation mensuelle du gasoil ainsi que celui de la consommation mensuelle prévisionnelle ;
- Sur la même figure, le graphe d'évolution du niveau de la citerne de stockage ainsi que celui prévisionnel ;
- Un diagramme à barres horizontales représentant le nombre de commandes (PO) passées durant le moins ainsi que celui prévu pour le même mois ;
- Le niveau actuel de la citerne de stockage ainsi que sa capacité maximale et point de commande.

Etant donné que chaque base est gérée de façon indépendante, chacune d'elle dispose de son propre tableau de bord. Nous présentons sur la figure n°45 le tableau de bord relatif à la base de « Hassi Messaoud ».

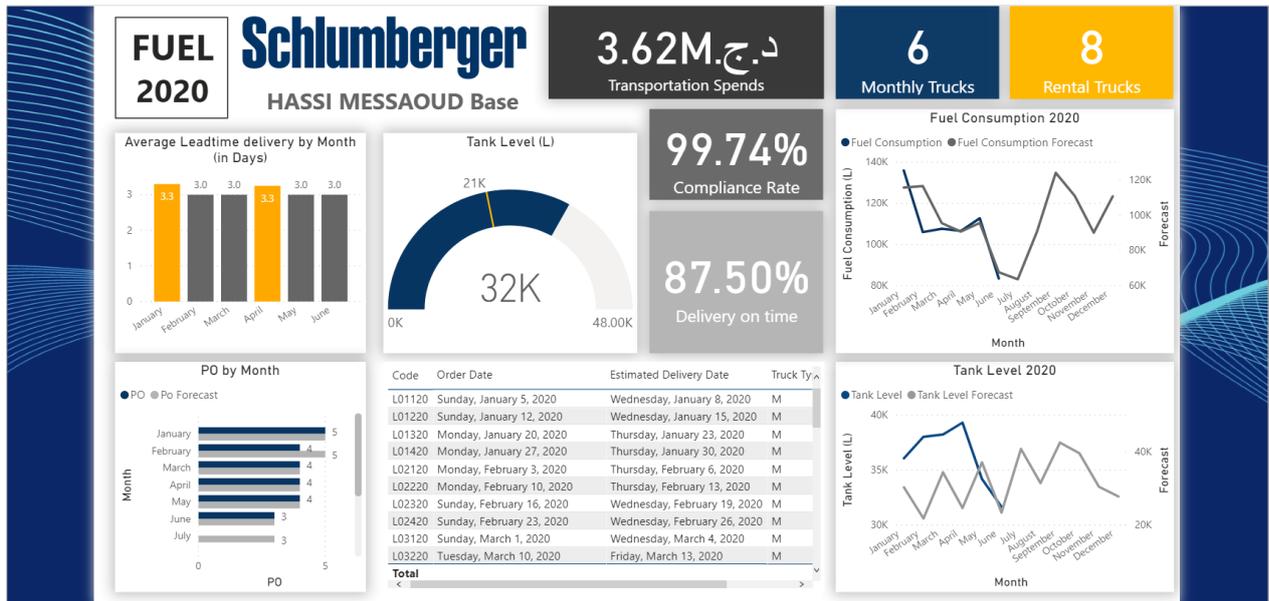


Figure 45 Tableau de bord [Fuel 2020] : Base de « Hassi Messaoud »

Conclusion

A travers ce chapitre, nous avons proposé deux solutions à l’entreprise SLB, ceci dans le but de lui permettre d’améliorer la performance logistique d’une partie de sa Supply Chain amont, et en l’occurrence l’approvisionnement du gasoil :

- La première solution porte sur la mise en place d’un outil statistique de prévision pour chacune des trois bases concernées par l’étude. Ceci, en nous basant sur la technique de Holt Winters ainsi que sur la méthode de Box & Jenkins
- La deuxième solution concerne la mise en place d’un outil de planification de l’approvisionnement du gasoil, de façon à optimiser les coûts de transport et les délais de livraison tout en respectant les contraintes et spécificités reliées au problème.

Ainsi, nous avons pu obtenir des résultats significatifs, et une baisse des coûts de transport considérable (~30%) pour l’ensemble des bases. Enfin, nous avons proposé un tableau de bord pour le suivi de la consommation et de l’approvisionnement en gasoil.

Conclusion Générale

Conclusion Générale

Le monde actuel est en constant changement, et subit de nombreux bouleversements, ce qui pousse les entreprises à s'adapter au changement, à s'améliorer et à rentabiliser leur activité. C'est dans ce contexte que nous avons effectué notre projet de fin d'études.

Notre travail a d'abord consisté à auditer la Supply Chain amont de l'entreprise Schlumberger, la Supply Chain qui est, rappelons-le, un axe d'amélioration très populaire car possédant un fort potentiel de développement. L'audit a été mené sur la base du référentiel SCOR, ce qui a permis de déceler des dysfonctionnements, par la suite catégorisés. S'en est suivi une discussion avec les cadres de l'entreprise. La finalité recherchée était l'évaluation de la priorité et la faisabilité de chacune des problématiques pouvant découler des dysfonctionnements relevés, ce en considérant les conditions exceptionnelles engendrées par la pandémie COVID-19. A l'issue de cette réunion, nous avons fait ressortir notre problématique, et que nous avons formulée comme suit : « Comment réduire les coûts engendrés par le transport du gasoil utilisé par les bases de SLB ? ». C'est pour apporter des réponses à cette question que nous avons divisé notre travail en plusieurs points, permettant chacun de régler une partie de la problématique.

Dans un premier temps, nous avons mis en œuvre un outil statistique de prévision. Ce dernier a permis de prévoir la consommation mensuelle en gasoil de chacune des bases de « Hassi Berkine », « In Amenass » et « Hassi Messaoud » durant l'année 2020 avec une fiabilité de, respectivement, 63.03%, 98.59% et 85.8%. Ces prévisions ont, par la suite, servi de données d'entrée au programme informatique.

Dans un second temps, nous avons développé un programme informatique ayant comme sorties les dates de livraison par mois pour chaque base, les délais de retard critique de livraison ainsi que le besoin de commande toujours par mois et par base. Puis, en se basant sur un programme linéaire en nombres entiers, nous avons fait ressortir le nombre de camions nécessaires, par type de ressource (« Monthly rental » / « Call out rental »), pour assurer les livraisons durant le mois. Ce PLNE donne un minimum à assurer.

Ensuite, pour l'affectation des camions aux bases, nous avons mis au point un algorithme prenant en compte les paramètres suivants : les dates de livraison, les délais de retard critique et le type de grille à utiliser (à 3 ou 6 lignes). Cet algorithme permet également de prioriser l'affectation en cas de besoin simultané, le but étant d'assurer une affectation qui maximise l'utilisation des camions de type « Monthly Rental » et qui respecte les délais de livraison.

Enfin pour assurer le suivi de la consommation et de l'approvisionnement du gasoil, nous avons conçu un tableau de bord dont les éléments sont, entre autres, des KPIs proposés par le modèle SCOR et des graphiques facilitant la visualisation des différentes informations liées à ce produit.

La principale contribution de cette étude réside premièrement dans les propositions pour améliorer les prévisions en se basant sur des méthodes statistiques. Et deuxièmement, dans l'optimisation des coûts de transport grâce à une meilleure planification de l'approvisionnement.

Les solutions ainsi apportées vont permettre à Schlumberger de rentabiliser le processus d'approvisionnement de gasoil pour les bases du sud, ceci grâce à une réduction des coûts de transport et une livraison assurée dans les meilleurs critères de coût qualité délais. Une première application de ces solutions pour l'année 2020 prévoit une réduction de 30% de ces coûts par rapport à ceux du modèle initialement utilisé. Cependant, les résultats de cette démarche de résolution pourraient être plus pertinents si le suivi de ce processus se fait de façon rigoureuse. En effet, la disponibilité de données journalières fiables, à l'avenir, permettrait à l'entreprise de réaliser une meilleure planification et ainsi de dégager un gain plus important.

Enfin, la démarche proposée pourrait potentiellement servir de base pour la planification de l'approvisionnement d'autres produits chimiques. En effet, nous avons identifié deux autres produits, le « REFORMA » et le « Xylene », pour lesquels le transport se fait aussi par le biais de la ressource « call out rental », toujours, sans planification ou prévision du besoin. Ainsi, l'entreprise serait en mesure de dégager un gain plus important et conséquent sur les couts logistiques de transport. Dans la même logique, elle pourrait même réaliser une planification agrégée des approvisionnements de ces trois produits assurant ainsi un taux d'utilisation des camions citernes en « monthly rental » maximal.

D'un point de vue personnel, ce travail nous a permis de nous familiariser avec le travail à grande échelle en multinationale, de constater la complexité qui en découle, des contraintes qui peuvent exister et s'imposer à nous en milieu professionnel, d'apprécier notre base polyvalente en mathématiques, recherche opérationnelle, informatique, et en gestion et économie mais nous avons, surtout et avant tout, appris que la communication, le travail d'équipe et l'esprit d'initiative sont les clés du succès.

Bibliographie

Ouvrages

[Chopra & Meindl, 2000] CHOPRA Sunil, MEINDL Peter. Supply Chain Management: Strategy, Planning and Operation. Pearson, 2000. 457p. ISBN: 978-0130264657.

[Fernandez, 2013] FERNANDEZ Alain. L'essentiel du tableau de bord. Eyrolles, 2013. 255p. ISBN: 978-2-212-55619-3.

[Gourieroux & Monfort, 1995] GOURIEROUX Christian, MONFORT Alain. Séries temporelles et modèles dynamiques. Economica, 1995. 664p. ISBN: 978-2-717-828719-3.

[Le Moigne, 2017] LE MOIGNE Rémy. Supply Chain Management. Dunod, 2017. 30p. ISBN: 978-2-10-075997-2.

[SCOR, 2017] Supply-Chain Council. Supply Chain Operations Reference Model. Version 12.0. 2017.

[Selmer, 2015] SELMER Caroline. Concevoir le tableau de bord. Dunod, 2015. 256p. ISBN: 978-2-10-072644-8.

[Snyder & Mas Shen, 2019] SNYDER Lawrence V., MAX SHEN Zuo-Jun. Fundamentals of Supply Chain Theory. Wiley, 2019. 773p. ISBN: 978-1-11-902486-6.

[Stadtler & Kilger, 2005] STADTLER Hartmut, KILGER Christoph. Supply Chain Management and Advanced Planning. Springer, 2005. 553p. ISBN: 978-3-540-24814-9.

[Tixier et al., 1998] TIXIER Daniel, MATHE Hervé, COLIN Jacques. La logistique d'entreprise. Dunod, 1998. 304p. ISBN: 978-2-10-003907-4.

Thèses

[Corriveau, 2013] CORRIVEAU Mathieu. Planification de la capacité logistique d'un réseau d'importation et de distribution. 73p. Mémoire Université du Québec à Montréal. 2013.

[Hubert, 2013] HUBERT Thibault. Prévission de la demande et pilotage des flux en approvisionnement lointain. 157p. Thèse de doctorat. Ecole Centrale de Paris 2013.

[Kande, 2015] KANDE Sona. Etude et résolution de problèmes de planification dans des réseaux logistiques multi-échelons. 181p. Thèse de doctorat Université De Technologie De Troyes. 2015.

[Renauld, 2008] RENAULD Rémi. Contribution au pilotage des organismes de formation. 203p. Thèse de doctorat Université Paul Verlaine de METZ. 2008.

Articles

[Assey Mbang, 2012] ASSEY MBANG Janvier-James. A New Introduction to Supply Chains and Supply Chain Management: Definitions and Theories Perspective. 15p. Editeur: Canadian Center of Science and Education. Janvier 2012.

[Lisitsa et al., 2019] LISITSA Svetlana, LEVINA Anastasia, LEPEKHIN Aleksander. Supply-chain management in the oil industry. 10p. EDP Sciences. 2019.

[Mandira et al., 2016] MANDIRA Agarwal, RAHUL Sharma, LIXIN Mathew Alex. Challenges in Supply Chain Management in Upstream Sector of Oil and Gas Industry. 17p. University of Petroleum & Energy Studies. 2016.

[Morana & Gonzalez-Feliu, 2010] MORANA Joëlle, GONZALEZ-FELIU Jesus. Les indicateurs de performance. HAL, 2010. 18p. halshs-01055895.

[Rossita et al., 2019] ROSSITA Diego G., GONZALEZ Mauro Ehulech, TOHMÉ Fernando, FRUTOS Mariano. Upstream logistic transport planning in the oil-industry: a case study. 14p. International Journal of Industrial Engineering Computations. Septembre 2019.

Webographie

BFM Bourse avec TradingSat. Profil de Schlumberger. Ltd. [Consulté le 25/03/2020, 08:04]. Disponible sur : <https://www.tradingsat.com/schlumberger-AN8068571086/societe.html>.

FIOULMARKET. Évolutions et tendances des prix moyens du fioul. [Consulté le 11/07/2020, 10 :07]. Disponible sur : <https://www.fioulmarket.fr/actualites/les-prix-du-petrole-continuent-leur-baisse-le-prix-du-fioul-suit-cette-tendance>.

LA CROIX. Les gagnants et les perdants de la baisse des prix du pétrole. [Consulté le 23/05/2020, 13 :10]. Disponible sur : <https://www.la-croix.com/Economie/Monde/gagnants-perdants-baisse-prix-petrole-2020-03-11-1201083359>.

LA FINANCE POUR TOUS. Le marché du pétrole. [Consulté le 23/05/2020, 14 :09]. Disponible sur : <https://www.lafinancepourtous.com/decryptages/entreprise/secteurs-dactivites/le-prix-de-l-energie/le-prix-du-petrole/le-marche-du-petrole/>.

LA TRIBUNE. Pétrole : Schlumberger rachète son concurrent américain Cameron pour 15 milliards de dollars. [Consulté le 15/08/2020, 09 :10]. Disponible sur : <https://www.latribune.fr/entreprises-finance/industrie/energie-environnement/petrole-schlumberger-rachete-son-concurrent-americain-cameron-pour-15-milliards-de-dollars-500527.html>.

LA TRIBUNE. Services pétroliers : Halliburton et Baker Hughes défient le géant Schlumberger. [Consulté le 15/08/2020, 09 :47]. Disponible sur : <https://www.latribune.fr/entreprises-finance/industrie/energie-environnement/20141117tribae15ffe40/naissance-d-un-mastodonte-des-services-petroliers-aux-etats-unis.html>.

MINISTERE DE L'ENERGIE. Produits pétroliers. [Consulté le 23/06/2020, 04 :08]. Disponible sur : <https://www.energy.gov.dz/?rubrique=produits-petroliers>.

PRIX DU BARIL. Analyses des prix du pétrole. [Consulté le 26/05/2020, 10 :20]. Disponible sur : <https://prixdubaril.com/comprendre-petrole-cours-industrie.html>.

PRIX DU BARIL. Coronavirus : l'AIE anticipe une baisse de la demande de pétrole en 2020. [Consulté le 26/05/2020, 18:31]. Disponible sur : <https://prixdubaril.com/news-petrole/68491-coronavirus-l-aie-anticipe-une-baisse-de.html>.

PRIX DU BARIL. Prévisions des cours du pétrole en 2020 (Mars 2020). [Consulté le 26/05/2020, 19:02]. Disponible sur : <https://prixdubaril.com/news-petrole/68518-mars-2020-previsions-cours-petrole-aie.html>.

REUTERS. Le chiffre d'affaires de Schlumberger est supérieur à celui de la croissance internationale en 2019. [Consulté le 30/03/2020, 10 :10]. Disponible sur : <https://www.aliqtisadia.com/fr/2019/01/18/schlumberger-revenue-beats-sees-international-growth-in-2019/>.

WIKEPEDIA. Information sur la densité API, [Consulté le 17/08/2020, 13 :40]. Disponible sur : https://fr.wikipedia.org/wiki/Densit%C3%A9_API

ZONE BOURSE. Données chiffrées de Schlumberger. Ltd. [Consulté le 30/03/2020, 12 :33]. Disponible sur : <https://www.zonebourse.com/SCHLUMBERGER-LIMITED-14411/societe/>.

ZONE BOURSE. Pétrole : Pourquoi le Brent est-il plus cher que le WTI ?. [Consulté le 12/07/2020, 13 :02]. Disponible sur : <https://www.zonebourse.com/LONDON-BRENT-OIL-4948/actualite/Petrole-Pourquoi-le-Brent-est-il-plus-cher-que-le-WTI--26980358/>.

Supports de cours

[Ait bouazza, 2016] AIT BOUAZZA Sofia. Génie Industriel : Programmation linéaire et programmation en nombres entiers. Alger : Ecole Nationale Polytechnique d'Alger, 2017, 200p.

[Boukabous, 2019] BOUKABOUS Ali. Génie Industriel : Méthodes et outils de prévision. Alger : Ecole Nationale Polytechnique d'Alger, 2019, 200p.

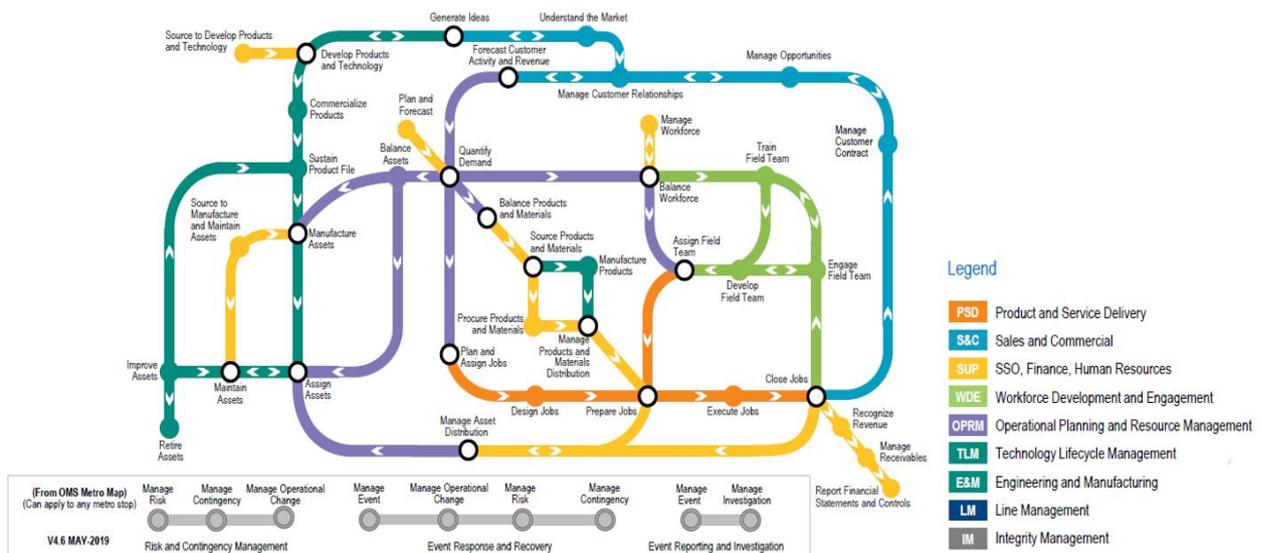
[Nibouche, 2018] NIBOUCHE Fatima. Génie Industriel : Gestion de la production. Alger : Ecole Nationale Polytechnique d'Alger, 2018, 369p.

[Zouaghi, 2016] ZOUAGHI Iskander. Génie Industriel : Audit logistique et Référentiels. Alger : Ecole Nationale Polytechnique d'Alger, 2016, 220p.

[Zouaghi, 2019] ZOUAGHI Iskander. Génie Industriel : Business Intelligence. Alger : Ecole Nationale Polytechnique d'Alger, 2019, 248p.

Annexes

Annexe n°1 : Organisation des processus SLB selon la NWW



Metro-Map des processus SLB

Annexe n°2 : Terminologie de Schlumberger

A chaque entreprise son "jargon", une terminologie bien précise et définie. Pour mieux comprendre ces termes ce qui suit constitue une brève description de ceux utilisés dans le présent document.

1. Terminologie

- **DAP** : "Incoterm multimodal, il prévoit que le vendeur prend en charge le transport des marchandises jusqu'au point de livraison convenu, donc il assume les coûts et les risques jusqu'à ce point. Les marchandises sont mises à disposition de l'acheteur à destination sur le moyen de transport, sans être déchargées. L'acheteur organise le déchargement, effectue les formalités d'importation et acquitte les droits et taxes dus en raison de l'importation."
- **Ex-Works** : "représente l'obligation minimale pour le vendeur. Sa seule obligation est de mettre à la disposition de l'acheteur les marchandises emballées pour l'export (généralement dans les locaux du vendeur) et de fournir une facture commerciale. C'est donc l'acheteur qui va supporter tous les frais et risques liés à l'acheminement de la marchandise entre vendeur et acheteur (transport, douane et assurance). C'est un incoterm valable quel que soit le moyen de transport."
- **Field Material Transfer** : Transfert de stock sur les sites de Schlumberger, impliquant un mouvement physique des marchandises et des transactions dans l'ERP et WMS
- **Green light** : "Au stade du feu vert, le LCT envoie la demande d'expédition (feu vert) via le système d'exploitation. Le lieu de réception donne son feu vert pour expédier si tout est conforme à leurs exigences, c'est-à-dire tous les conditions préalables sont en place pour importer les outils dans le pays de destination."

- **GeoMarket** : Un groupe de pays qui forment une unité commerciale.
- **Harmonized Tariff Code** : "C'est des codes qui sont utilisés pour classer et définir les marchandises faisant l'objet d'un commerce international. Dans la plupart des cas, afin d'importer ou d'exporter un produit à l'échelle internationale, le produit commercialisé doit se voir attribuer un HTC qui correspond à la liste tarifaire harmonisée du pays d'importation." hub c'est une structure logistique physique où sont acheminés plusieurs flux logistiques dans le but d'être triés, organisés, pilotés et réexpédiés.
- **Lead time** : le temps entre le début et la fin du processus
- **Logistics Control Tower** : Désigne l'organisation qui gère tous les champs mouvements internationaux
- **Operations Integrity** : c'est le service qui s'assure que la fusion des personnes, des processus et des actifs dans l'organisation soit bien définie, hautement efficace et proactive.
- **Purchase order** : "c'est un document commercial et une première offre officielle émis par un acheteur à un vendeur indiquant les types, les quantités et les prix convenus pour les produits ou services. Il est utilisé pour contrôler l'achat de produits et services auprès de fournisseurs externes"
- **Rapport Dunn & Bradstreet** : rapport donnée par une compagnie américaine qui fournit des données commerciales et financières, à la fois analytiques et synthétiques, sur les entreprises.
- **Surestaries** : "ils représentent des indemnités dues lorsque l'affréteur dépasse les délais impartis de location du navire pour les opérations de chargement et de déchargement. Chaque jour de dépassé entraîne une augmentation de la taxation."
- **Technology Lifecycle Management** : "c'est une approche en plusieurs phases qui englobe la planification, la conception, l'acquisition, la mise en œuvre et la gestion de tous les éléments composant l'infrastructure informatique."
- **Three Ways Match** : "c'est une procédure de traitement d'une facture fournisseur pour garantir qu'un paiement est complet et précis. Elle a pour objectif de mettre en évidence les écarts dans trois documents importants dans le processus d'achat : bons de commande, reçus de commande, bons de livraison et factures - afin d'éviter aux entreprises de dépenser trop ou de payer un article qu'elles n'ont pas reçu."

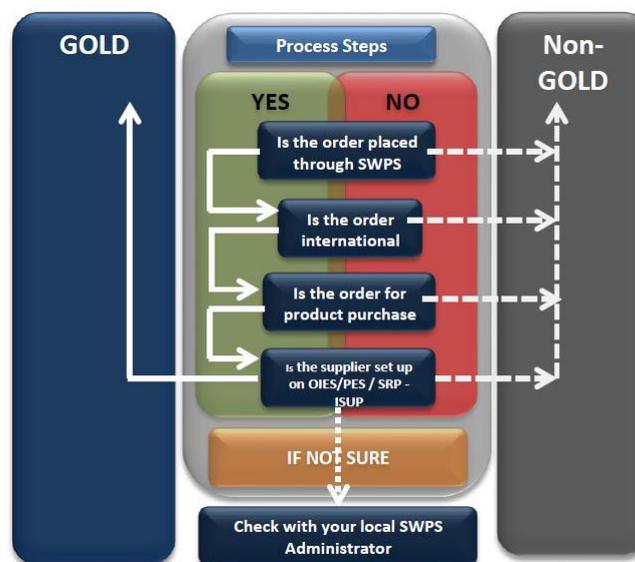
2. Systèmes d'information

Pour la gestion optimale de ses fonctions et ses départements, l'entreprise Schlumberger dispose d'un ensemble de systèmes d'informations spécifiques à chaque opération :

- **OFS Store** : Warehouse Management Système (WMS) pour la gestion des entrepôts. Il est utilisé par le MM pour répertorier l'ensemble des informations pertinentes concernant les différents produits présents dans les entrepôts de l'entreprise.
- **DFM Data Flow Manager** : Outils utilisés pour la gestion et le suivi des factures, c'est le lien avec le système de paiement.

- **Schlumberger Web based Procurement System (SWPS)** : utilisé pour faire la commande de produits / services auprès des fournisseurs, créer des bons de commande (POs) et suivre la livraison et la réception des produits et des commandes. Il s'agit également d'un outil d'analyse et de suivi des dépenses.
- **GOLD** : système qui donne une visibilité sur les commandes en cours qui sont en provenance d'un des HUB GOLD.
- **Transport Management système (TMS)** : pour la facturation des prestations logistiques de transport. Il permet également de trouver le meilleur cheminement.
- **SRT** : système permettant de trouver la quantité optimale à commander, ceci en se basant sur la consommation et les quantités commandées durant l'année précédente. Il permet aussi de trouver les quantités disponibles en FMT au sein des autres entités de Schlumberger.
- **ASL** : Système Supplier Relationship Management (SRM) utilisé par le supplier manager pour la gestion des fournisseurs de l'entreprise.
- **RITE** : système utilisé par le manager de la maintenance pour le suivi et la gestion des équipements tout au long de leur durée de vie.
- **Id-Strict** : système utilisé par le segment dans le but d'évaluer et définir le besoin des travaux à venir en termes d'équipements.
- **Ariba (SAP module)** : Il s'agit d'un ERP pour la gestion des fournisseurs, la gestion des contrats et la gestion des processus d'appel d'offres.
- **Quest** : Système pour le report et le suivi des événements /réunions HSE, la certification des employés, etc
- **Oracle, Lawson, Smith** : Il s'agit d'ERPs utilisés par la fonction « Finance » pour le paiement des différentes factures.

Annexe n°3 : Processus pour déterminer la nature d'une commande (GOLD/Non-GOLD)



Processus pour déterminer la nature d'une commande (GOLD/Non-GOLD)

Annexe n°4 : Concepts théoriques sur l'audit logistique

1. Définition d'un audit logistique

▪ La notion d'audit

La notion d'audit fait référence à l'évaluation, l'analyse, l'examen et la vérification objectifs, de la conformité d'un ensemble d'opérations et de processus par rapport à des critères préétablis dans un référentiel donné.

Il s'agit d'un processus méthodique, indépendant et documenté, permettant d'obtenir des preuves objectives et de les évaluer de manière objective pour déterminer dans quelle mesure les critères d'audit sont satisfaits (NF EN ISO 19011, 2018).

Ces deux dernières notions sont définies comme suit :

- Critères d'audit : ensemble de politiques, procédures ou exigences utilisées comme références par rapport auxquelles les preuves d'audit sont comparées.
- Preuves d'audit : enregistrements, énoncés de faits ou autres informations pertinents et vérifiables pour les critères d'audit.

▪ La notion de référentiel

Un référentiel est une représentation simplifiée issue d'une accumulation inférentielle d'informations sur des systèmes réels, comprenant un ensemble d'éléments et de faits théoriquement et pratiquement admis, qui permettent de comprendre et d'évaluer d'autres systèmes similaires.

▪ La notion de Logistique

« La logistique est une fonction qui a pour objectif de mettre à disposition, au moindre coût et avec la qualité requise, un produit, à l'endroit et au moment où la demande existe. Elle concerne toutes les opérations déterminant le mouvement des produits tels que la localisation des usines, des entrepôts, l'approvisionnement, la gestion des stocks, la manutention et la préparation de commandes, le transport et les tournées de livraison. » (ASLOG) (cours audit logistique zouaghi p24)

2. Référentiels de l'audit logistique

Afin d'analyser le fonctionnement et la performance de la Supply Chain de Schlumberger NAF, de déceler ses dysfonctionnements et de faire ressortir les possibles axes d'amélioration, nous avons effectué un audit. Pour cela, avant de réaliser notre audit, nous nous sommes intéressés aux différents référentiels d'audits existants. Cette recherche nous a ensuite permis de choisir le référentiel le mieux adapté à notre étude.

2.1. Modèle ASLOG

Le référentiel ASLOG est un référentiel d'audit logistique mis au point par l'Association Française pour la Logistique ASLOG permettant d'atteindre l'excellence logistique. Sa toute première version date de 1997, et est venue comme une amélioration du référentiel mis au point par VOLVO dans les années 1990.

Ce modèle a pour principaux objectifs le constat de la place de la logistique dans l'entreprise et de la pertinence de ce système, l'analyse des principaux processus logistiques sur le plan stratégique, tactique et opérationnel et enfin l'évaluation des performances logistiques pour aider les entreprises à les améliorer par la mise en place des bonnes pratiques.

Ce référentiel s'appuie sur 8 processus de la chaîne logistique (conception produit, achat, approvisionnement, production, livraison, stockage, ventes, maintenance et retour) et permet à une entreprise de caractériser sa situation actuelle (« as is ») ainsi que l'évaluation de sa performance logistique.

A partir de ces éléments de caractérisation, les auditeurs de l'ASLOG analysent la situation de l'entreprise au sein de sa chaîne logistique et formulent un certain nombre de recommandations permettant une amélioration à venir (« to be »).

Il compte aujourd'hui 200 questions permettant une évaluation précise et uniforme de la performance logistique et ce, quel que soit l'environnement observé. Elles sont réparties sur 10 chapitres :

- Management, Stratégie et Planification ;
- Conception et Projets ;
- Approvisionner ;
- Produire ;
- Déplacer ;
- Stocker ;
- Vendre ;
- Retours et Après-vente ;
- Indicateurs de pilotage ;
- Progrès Permanent.

Les bases et niveaux d'évaluation de ce référentiel sont au nombre de trois (03) :

- Par le risque : mesuré, contenu, maîtrisé,
- Par la méthode : existence d'une méthode, maîtrise d'une méthode, progrès continu,
- Par la performance : suffisante, régulière, progrès continu.

2.2.Modèle Global MMOG/OLE (Materials Management Operations Guideline/Odette Logistics Evaluation)

Le guide MMOG/OLE, plus communément appelé Odette EVALOG, est un référentiel d'audit logistique issu, en 1999, de la collaboration entre Odette International Limited et l'Automotive Industry Action Group. S'appuyant sur le référentiel Odette Logistics Evaluation (OLE) et le Materials Management Operations Guidelines (MMOG), utilisés respectivement en Europe et aux Etats- Unis, l'objectif des deux associations est de concevoir un référentiel mondial unique.

Le guide Odette EVALOG a pour principaux objectifs d'aider à la conception et la mise en œuvre de plans d'amélioration continue et l'établissement d'un système logistique de classe mondiale destiné aux fournisseurs de biens et de services dans l'industrie automobile. Son analyse est axée sur six thématiques/chapitres majeures dont quatre sont de type processus :

- Stratégie et amélioration,
- Organisation du travail,
- Capacité et planning de production,

- Relation client,
- Maitrise produit/processus,
- Interface fournisseur.

Les autres axes d'étude concernent la stratégie de l'entreprise ainsi que l'organisation du travail. De nombreuses questions, dont l'importance est pondérée par un système de points, sont rattachées à chacun des axes et constituent un ensemble de bonnes pratiques du secteur automobile. [EVA 2006]

Le tableau suivant renseigne le nombre de questions, de critères et de points maximum pouvant être obtenus en fonction de chacun de ces axes.

Contenu du référentiel EVALOG [EVA 2006]

	Stratégie et amélioration	Organisation du travail	Capacité et de planning de production	Interface clients	Développement produit / processus	Interface fournisseur	Total
Nombre de questions	9	10	9	11	12	10	61
Nombre de critères	34	30	23	42	43	34	206
Points maximum	63	41	39	79	69	60	351

On cite pour ces critères trois (03) niveaux de pondération :

F3 : Risque de rupture des opérations du client, avec émergence de coûts additionnels à brève échéance ;

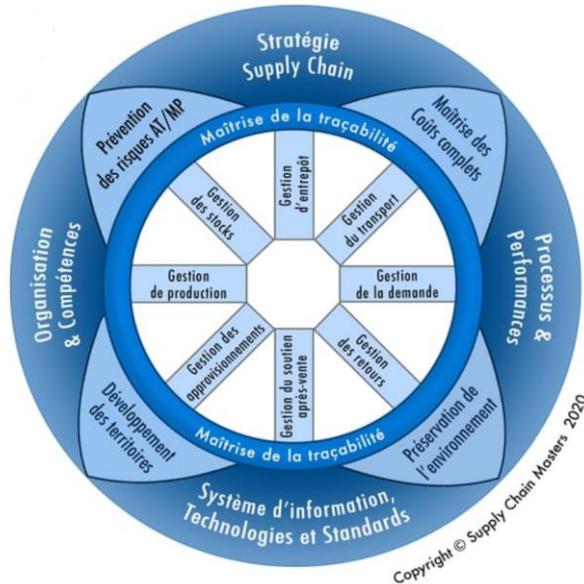
F2 : La satisfaction du client et la performance de l'organisation seront fortement affectés ;

F1 : La compétitivité de l'organisation sera affectée.

2.3. Supply Chain Master

Inauguré en 2007, le Référentiel Supply Chain Masters® (SCM) couvre l'ensemble des métiers, des processus, des bonnes pratiques, des leviers d'action et des technologies de la Supply Chain. La nouvelle version 4.0 publiée en 2019 intègre les nouvelles potentialités offertes par la Supply Chain digitale.

Symbolisé par la Roue de la Supply Chain, représentée ci-dessous, il se compose de 17 modules-clés depuis la stratégie Supply Chain jusqu'à la mesure des performances en passant par les différentes composantes fonctionnelles et techniques du Supply Chain Management.



La Roue de la Supply Chain [SCM 2020]

Appliqué aux entreprises de production et de négoce de tous les secteurs d'activité, en particulier aux PME-PMI de 20 à 250 salariés, il constitue un socle de connaissances pour comprendre les enjeux et le fonctionnement de la Supply Chain et une grille de maturité pour analyser les forces et faiblesses logistiques sur une échelle de 0 à 4.

En moins d'une journée par site, un tour de roue suffit pour faire un diagnostic précis des forces et faiblesses logistiques et établir un plan de marche efficace répondant aux attentes des entreprises.

Les indices 0, 1, 2, 3 et 4 décrivent cinq niveaux de maturité Supply Chain depuis l'absence de structure logistique (0) jusqu'au stade avancé de la Supply Chain collaborative (Supply Chain 4 *****) en passant par les étapes intermédiaires de logistique fragmentée (1*), de Supply Chain intégrée (2**) et de Supply Chain digitale (3***).



Echelle de maturité Supply Chain [SCM 2020]

2.4. Modèle SCOR® (Supply Chain Operations Reference)

SCC (Supply Chain Council) est une organisation indépendante, mondiale et à but non lucratif, créée en 1996 par Pittiglio Rabin Todd & McGrath (PRTM) et AMR Research, 2 cabinets de conseil. Comprenant initialement 69 entreprises volontaires, SCC s'est progressivement développée jusqu'à inclure plus de 1000 membres, « corporate », issus des 5 continents. Ses membres sont essentiellement des professionnels provenant de tous les types d'industries : fabricants, distributeurs, détaillants, services etc.

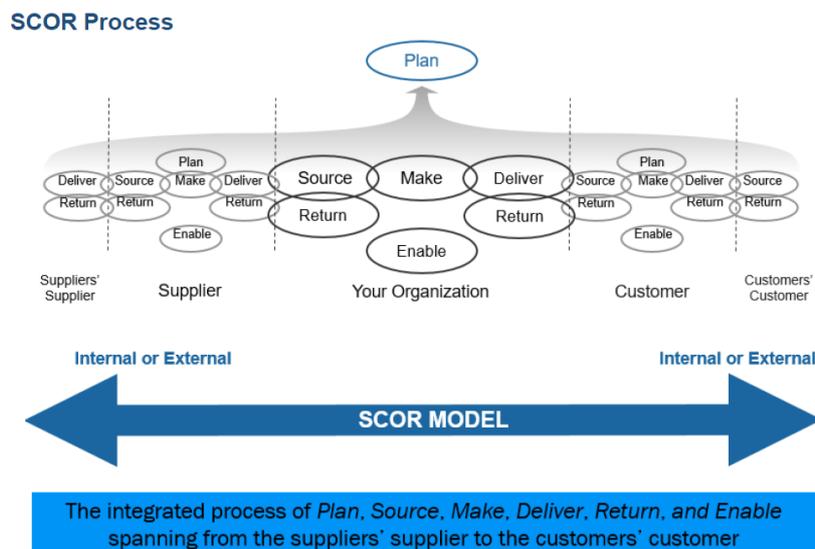
Le modèle SCOR (Supply Chain Operations Reference) est le produit d'APICS, résultante de la fusion entre SCC et APICS en 2014. Etabli en 1996, le modèle est constamment mis à jour pour s'adapter à l'évolution des « business practices » de la SC. Il est défini comme étant un puissant outil pour évaluer et comparer les activités et les performances de la SC.

Ce référentiel capture une vision consensuelle du SCM. Il fournit un cadre unique qui relie les business process, les mesures, les meilleures pratiques et la technologie en une structure unifiée pour soutenir la communication entre les partenaires de la SC et améliorer l'efficacité du SCM et des activités d'amélioration de la SC.

2.4.1. Le portée du modèle SCOR®

Le modèle SCOR a été développé pour décrire les « business activities » associées à toutes les phases de la satisfaction de la demande client. Le modèle lui-même compte plusieurs sections à onglets et est organisé autour des six principaux processus de gestion : Plan, Source, Make, Deliver, Return et Enable (voir figure ci-dessous).

En décrivant les SC à l'aide de ces blocs de construction de processus, le modèle peut à la fois être utilisé pour décrire des SC très simples et des SC très complexes, ce à l'aide d'un ensemble commun de définitions.



Décomposition de la SC selon le référentiel SCOR (SCOR 12.0, 2017)

Cependant, SCOR ne tente pas de décrire chaque processus ou activité métier. Plus précisément, il n'aborde pas : les ventes et le marketing (génération de la demande), le développement de produits et la recherche et le développement. Ces domaines sont tout de mêmes traités en détail dans les autres Frameworks d'APICS.

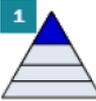
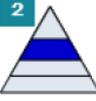
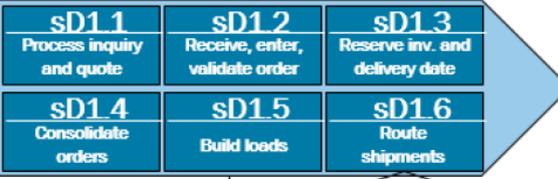
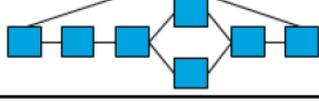
2.4.2. Hiérarchisation des processus selon le modèle SCOR®

Afin de définir les processus composant la Supply Chain, le référentiel met également en évidence quatre (04) niveaux hiérarchiques :

- **Le niveau 1 (stratégique) :** le plus agrégé, il concerne ce que la société attend en termes d'objectifs de performance à atteindre dans chaque processus. Il subdivise chaque Supply Chain selon 5 processus génériques : planification, approvisionnement, production, livraison, retour client et fournisseur.
- **Le niveau 2 (tactique) :** permet, en accord avec la stratégie de l'entreprise, de (re)configurer la Supply Chain à partir de 30 sous processus. Le modèle met à disposition à ce niveau une « table de configuration » Supply Chain,
- **Le niveau 3 (opérationnel) :** les entreprises peuvent préciser les activités des sous processus, les meilleures pratiques, les ruptures de flux, les fonctionnalités des progiciels et des outils existants,
- **Le niveau 4 :** n'est pas dans le modèle de référence. Il convient à chaque entreprise de définir les tâches élémentaires des activités.

Comme le montre la figure ci-dessous, le modèle est conçu pour prendre en charge l'analyse de la SC à plusieurs niveaux. APICS s'est concentré sur les trois principaux niveaux de processus, qui sont similaires dans toute industrie. SCOR n'essaie donc pas de dicter à l'entreprise comment celle-ci doit mener ses activités ou adapter ses systèmes / flux d'informations. Chaque organisation qui entreprend des améliorations de la SC suivant le référentiel SCOR, devra étendre le modèle, au moins au niveau 4, en utilisant des processus, des systèmes et des pratiques spécifiques à l'industrie, à l'organisation et / ou à l'emplacement.

SCOR Process Hierarchy

Level	Description	Schematic	Comments
1 	Major processes		Defines the scope, content, and performance targets of the supply chain
2 	Process categories		Defines the operations strategy; process capabilities are set
3 	Process elements		Defines the configuration of individual processes. The ability to execute is set. Focus is on processes, inputs/outputs, skills, performance, best practices, and capabilities
4 	Improvement tools/activities		Use of kaizen, lean, TQM, six sigma, benchmarking

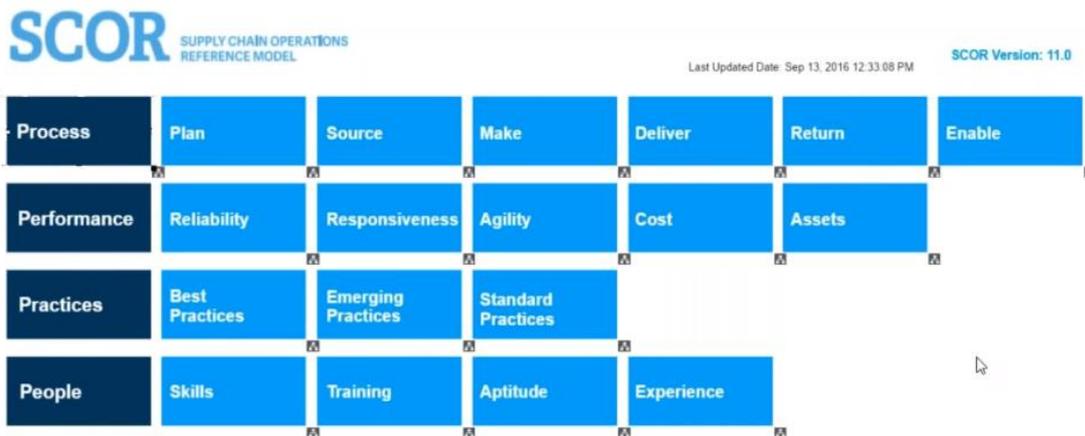
La hiérarchie des processus selon le modèle SCOR (SCOR 12.0, 2017)

2.4.3. Structure du référentiel SCOR®

SCOR est un modèle de référence pour les processus. L'objectif d'un tel modèle est de définir l'architecture des processus d'une manière qui s'aligne sur les fonctions et objectifs des métiers clés. L'architecture définit ici comment les processus interagissent et fonctionnent, comment ces processus sont configurés et les exigences (compétences) du personnel qui les exploite. Le référentiel SCOR se compose de 4 sections principales:

- Performance/Métriques : les attributs de performance définissent l'orientation et les objectifs stratégiques. Les métriques quant à eux mesurent la capacité d'une SC à atteindre ces attributs stratégiques.
- Processus : contient des descriptions standardisées des processus managériaux et relationnels.
- Pratiques : contient les pratiques manageriales qui produisent des performances significativement meilleures.
- Personnel : contient des définitions standardisées des compétences nécessaires à l'améliorer des processus de la SC.

En plus de la section des applications spéciales qui traite de l'aspect environnemental.



Structure du référentiel SCOR (SCOR V11.0, 2012)

2.4.4. Les indicateurs de performances

Cinq (05) indicateurs existent en deux (02) fonctions principales :

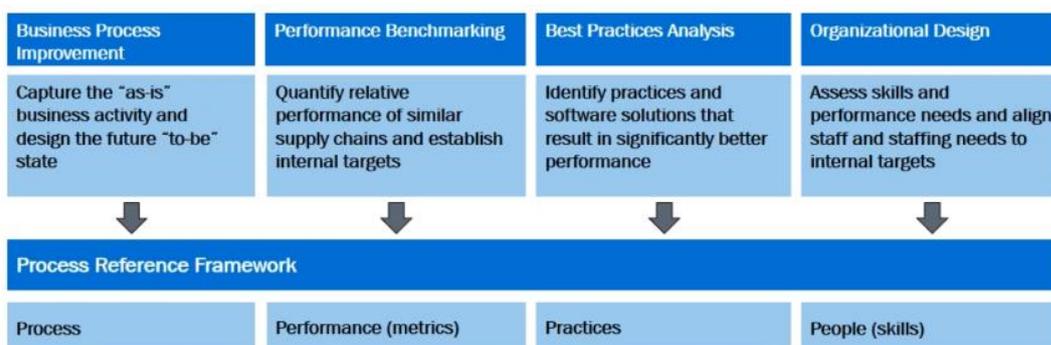
Fonction Principale	Attribut de Performance	Définition
Client (externe)	Fiabilité	La capacité d'effectuer les tâches comme prévu. La fiabilité se concentre sur la prévisibilité du résultat d'un processus. Cet attribut est mesuré par la ponctualité, la bonne quantité et la bonne qualité.
	Réactivité	La vitesse à laquelle les tâches sont effectuées, la vitesse à laquelle une chaîne d'approvisionnement fournit des produits au client.
	Flexibilité	La capacité de la SC à répondre aux influences externes, la capacité de répondre aux changements du marché pour gagner ou maintenir un avantage concurrentiel.
Interne	Coût	Le coût de fonctionnement des processus de la SC. Cela comprend les coûts de main-d'œuvre, les coûts des matériaux, les coûts de management et de transport.
	Gestion des actifs	La capacité d'utiliser efficacement les actifs. Les stratégies de gestion des actifs dans une SC comprennent la réduction des stocks et l'externalisation par rapport à l'externalisation.

Les indicateurs de performance SCOR (SCOR 12.0, 2017)

2.4.5. Mise en œuvre du modèle SCOR® :

Pour une mise en œuvre effective, le modèle définit une démarche, des processus, des indicateurs et les meilleures pratiques des entreprises les plus performantes du moment. Le référentiel combine quatre techniques en une unique approche intégrée:

- Business Process Reengineering : décrire l'état actuel des processus et en tirer l'état futur désiré ;
- Benchmarking : quantifier la performance opérationnelle des entreprises similaires et comparer les résultats pour dégager des niveaux de performance références et établir des objectifs internes ;
- Analyse des meilleures pratiques : caractériser et dégager les pratiques et les outils ayant permis d'atteindre les meilleurs résultats.
- Organizational Design : évaluer les besoins en compétences et en performance et aligner les besoins en personnel et en recrutement sur les objectifs internes.



Démarche du modèle SCOR (SCOR 10.0)

Annexe n° 5 : Description des indicateurs de performance SCOR

Description des indicateurs de performance SCOR (SCOR V12.0, 2017)

Planification		
Referen ce	Indicateur	Description
RL.3.36	Taux de remplissage	Le pourcentage de commandes sur stock expédiées dans les 24 heures suivant la réception de la commande. Pour les services, cette métrique est la proportion des services qui sont remplis afin que le service soit terminé dans les 24 heures.
RL.3.37	Précision de la prévision	La précision des prévisions est calculée pour les produits et/ou les familles de produits, pour les marchés et/ou les canaux de distribution. La formule est : $\frac{\sum \text{valeurs réelles} - \sum \text{variances}}{\sum \text{valeurs réelles}}$
Approvisionnement		
Referen ce	Indicateur	Description
RL.3.27	% d'heures modifiés dans le délai de livraison du fournisseur	Le nombre d'heures modifiés dans le délai d'exécution des fournisseurs divisé par le nombre total d'heures générés pendant la période de mesure.
AM.3.2	% du matériel qui sera repris	Pourcentage du contenu du produit repris par le fournisseur pour un programme de recyclage ou de réutilisation.
RS.3.9	Nombre moyen de jours par modification technique	Nombre de jours associé à chaque changement impactant la date de livraison divisé par le nombre total de modifications.
RS.3.10	Jours moyens par changement d'horaire	Nombre de jours associé à chaque changement d'horaire impactant la date de livraison divisé par le nombre total de changements.
RS.3.11	Moyenne des sorties de cycle de modification	Temps de cycle pour la mise en œuvre des avis de modification divisé par nombre total de changements.

Annexe n°6 : Description des bonnes pratiques SCOR

Description des bonnes pratiques SCOR (SCOR V12.0, 2017)

Planification		
Reference	Best Practice	Description
BP.013	Rationalisation des articles	La rationalisation des articles implique une prise de décision ajouter, supprimer ou conserver des produits, services ou fonctionnalités dans une offre de portefeuille.
BP.024	Optimisation de la Supply Chain (SCO)	Permet de repenser la chaîne d'approvisionnement afin de répondre aux changements réels ou prévus du marché sur la base de données réelle ou de projections d'analystes. Grâce à des simulations, les entreprises recherchent une solution optimale pour, par exemple, l'emplacement des fournisseurs et des centres de distribution.
BP.089	Méthode de picking parfaite	S'assurer lors du picking que les articles sont en bonne quantité dans le bon emplacement physique et dans le bon état pour un «choix parfait».
BP.090	Jours d'approvisionnement basés sur la gestion MRP	Comprendre la demande et les propositions de production correspondantes, puis surveiller les exceptions en faisant plusieurs évaluations telles les commande planifiées pour la production selon la sortie du MRP en référence à demande la plus ancienne et en reprogrammant et ajustant ce qui est possible.
BP.095	Contrôle de nomenclature	Contrôle de la liste hiérarchisée et quantifiée des articles entrant dans la composition d'un produit.
BP.096	Planification de la logistique et de l'entreposage	La pratique de considérer les points « logistique et entreposage » sous tous leurs aspects au moment de la « planification » plutôt qu'au point de « production ».
BP.102	Génération d'une liste de sélection	Une liste de sélection est une liste séquentielle de tous les composants et matériaux nécessaires pour remplir une commande de production, vente ou inter-implantation. On y spécifie l'emplacement dans l'entrepôt pour localiser et assembler efficacement le matériel.
BP.107	Gestion des commandes distribuées	Une méthode de consolidation utilisée pour optimiser l'exécution afin que les commandes arrivent aux clients à temps tout en encourageant le coût le plus bas possible.
BP.115	Système de gestion des transports	Le TMS contrôle et automatise l'ensemble du processus logistique de bout en bout, réduisant les erreurs et garantissant le meilleur prix et le meilleur acheminement.
BP.116	Logistique accélérée	C'est le processus qui se produit lorsque les plans de livraison sont révisés en raison de retards de

		livraison, de commandes critiques dans les délais standards ou de besoin de pièces de rechange.
BP.145	Collaboration avec les fournisseurs	Émettre une image de roulement de 12 mois de la demande au fournisseur avec possibilité de changer plus ou moins la quantité ou les délais.
Approvisionnement		
Reference	Best Practice	Description
BP.005	Auto-facturation	Pratique où un client génère les factures pour les produits ou services qu'il a consommés auprès d'un fournisseur.
BP.006	Inventaire de consignation	C'est un arrangement où le vendeur est responsable de maintenir et de contrôler l'inventaire dans les locaux de l'acheteur.
BP.011	Séquençage de ligne de production	La pratique où les matériaux sont commandés, expédiés, reçus et / ou mis en scène dans le même ordre qu'ils seront consommés.
BP.041	Optimisation des transports	Évaluer le potentiel de changer le mode de transport en fonction des conditions de fret pour accélérer le transfert.
BP.043	Réduction des stocks en consignation	Analyser le potentiel de réduction des engagements d'inventaire de consignation.
BP.145	Collaboration avec les fournisseurs	Émettre une image de roulement de 12 mois de la demande au fournisseur avec possibilité de changer plus ou moins la quantité ou les délais.
BP.148	vérification de la livraison à 3 contrôles	La pratique consistant à vérifier les factures reçues des fournisseurs par rapport aux quantités reçues et au bon de commande, au contrat ou au calendrier du fournisseur associé pour s'assurer que : <ul style="list-style-type: none"> • Les marchandises ont été reçues • La bonne quantité a été facturée • Le prix correct a été facturé
BP.164	Gestion des stocks en consignation	C'est un modèle de chaîne d'approvisionnement dans lequel un produit est vendu par un détaillant, mais la propriété est conservée par le fournisseur jusqu'à ce que le produit ait été vendu. Parce que le détaillant n'achète pas réellement l'inventaire avant qu'il ne soit vendu, les produits invendus peuvent être retournés.

Annexe n° 7 : Description des compétences SCOR

Description des compétences SCOR (SCOR V12.0, 2017)

Planification		
Reference	Best Practice	Description
HS.0010	Finance élémentaire	Connaissance pratique et capacité d'interpréter et de communiquer efficacement la comptabilité financière générale, pratiques et principes qui maintiennent la conformité de l'entreprise et de la réglementation.
HS.0011	Gestion élémentaire des transports	La gestion des opérations de transport de tous types, y compris le suivi et la gestion de l'entretien des véhicules, des coûts de carburant, de l'acheminement et de la cartographie, de l'entreposage, communications, implémentations EDI, manutention des voyageurs et des marchandises, sélection des comptabilités de gestion.
HS.0044	Processus d'entreprise	La coordination de bout en bout des activités de travail qui créent et offrent une valeur ultime aux clients.
HS.0050	Régulation de l'Import/Export	La connaissance et la compréhension des lois et règlements régissant l'importation et l'exportation des matériaux, y compris la collaboration avec les États, d'autres organismes fédéraux et étrangers.
HS.0070	Modélisation du réseau logistique	Le processus de planification, de mise en œuvre et de contrôle de la marche avant et arrière, efficiente et efficace, la circulation et le stockage des biens, des services et des informations connexes entre le point d'origine et le point de consommation afin de répondre aux exigences des clients.
HS.0091	Utilisation des stratégies du planogramme	Utiliser la représentation visuelle de l'implantation d'un rayon ou gondole dans un point de vente.
HS.0124	Gestion des risques et des exceptions	L'identification, l'évaluation et la hiérarchisation des risques et des exceptions avec une utilisation économique des ressources pour minimiser, surveiller et contrôler la probabilité et / ou impact d'événements malheureux.
HS.0139	Gestion des relations avec les fournisseurs	Le processus de collaboration avec les fournisseurs est essentiel au succès de l'organisation pour maximiser la valeur potentielle de ses relations
HS.0144	Sécurité de la Supply Chain	Processus d'ajout / renforcement de la sécurité de la chaîne d'approvisionnement contre les

		menaces telles que le terrorisme, la piraterie et le vol.
Approvisionnement		
Reference	Best Practice	Description
HS.0001	coïncidence de réception à 3 contrôles	Connaissance du processus de rapprochement des factures avec les bons de commande et les billets reçus afin d'autoriser le paiement des factures.
HS.0002	Test d'acceptation	Connaissance pratique des tests fonctionnels et / ou d'assurance qualité du produit pour s'assurer qu'il fonctionnera conformément à son accord contractuel prévu pour la forme, l'ajustement et la fonction.
HS.0004	Méthodologies de communication	Connaissance des techniques efficaces de communication en matière d'approvisionnement ou de développement commercial pour informer et/ou solliciter des fournisseurs potentiels concernant les spécifications des produits ou services.
HS.0010	Finance de base	Connaissance pratique et capacité d'interpréter et de communiquer efficacement la comptabilité financière générale, pratiques et principes qui maintiennent la conformité de l'entreprise et de la réglementation.
HS.0012	Analyse comparative	Connaissance pratique du processus de capture et de comparaison de ses propres processus d'affaires et des mesures de performance aux pairs de l'industrie et / ou aux meilleures pratiques d'autres industries typique.
HS.0019	Développement de changement d'avis	Connaissance pratique du processus de passation des marchés et capacité de diffuser clairement certaines exigences contractuelles ou techniques qui ont changé pour les sous-traitants, fournisseurs ou vendeurs.
HS.0023	Contrôles et conformité	Connaissance des réglementations, lois et exigences pertinentes, qu'elles soient externes ou internes, et la capacité de concevoir, mettre en œuvre et documenter les contrôles afin de maintenir la conformité et réussir les exigences d'audit.
HS.0024	Analyse coût / prix	Compréhension financière de base de l'analyse des coûts et des prix associés à une offre/proposition/devis pour un produit d'origine dans le but d'atteindre le meilleur rapport coût/prix ou la meilleure valeur pour ce produit.
HS.0027	Cross Docking	il s'agit de faire passer les marchandises des quais d'arrivée aux quais de départ, sans passer par le stock.

HS.0034	Rapports et résolution des écarts	Connaissance des techniques, systèmes, outils et compétences humaines requis pour établir des procédures efficaces pour identifier les produits défectueux et manquants, puis les signaler en s'assurant de la clôture des rapports.
HS.0035	Équilibrage de la livraison	Implique l'équilibrage des livraisons des fournisseurs par rapport à des critères restreints. Ces critères peuvent être les heures d'ouverture, la capacité FLT, les installations d'amarrage, etc.
HS.0042	Technologies pertinentes	Connaissance pratique des technologies pertinentes qui pourraient être utilisées pour améliorer l'efficacité des opérations au sein de l'entreprise.
HS.0045	Exigences environnementales	Connaissance et compréhension des buts, objectifs, règles et lois internes et externes relatifs à l'environnement de l'organisation.
HS.0049	ID et inspection des dommages	Connaissance pratique et capacité à identifier et inspecter les produits approvisionnés pour vérifier leur conformité, références contractuelles, spécifications, dessins, etc., y compris les exigences de qualité et réception du produit sans dommage.
HS.0050	Régulation de l'Import/Export	La connaissance et la compréhension des lois et règlements régissant l'importation et l'exportation des matériaux, y compris la collaboration avec les États, d'autres organismes fédéraux et étrangers.
HS.0054	Propriété intellectuelle / données propriétaires	Connaître et gérer efficacement les données exclusives et la propriété intellectuelle au nom de l'organisation.
HS.0069	Gestion de la logistique	Le processus de planification, de mise en œuvre et de contrôle de l'efficacité, de l'efficacité, de l'avant et de l'arrière circulation et stockage des biens, des services et des informations connexes entre le point d'origine et le point de la consommation afin de répondre aux exigences des clients et ainsi ajouter de la valeur pour le client.
HS.0071	Logistique / Cargaison	Connaissance pratique de la gestion et de l'intégration des informations, des produits/matériaux approvisionnés, du transport, des stocks, de l'entreposage, de la manutention et de l'emballage, et parfois de la sécurité, entre le point d'origine et le point de consommation.
HS.0074	Planification principale	Connaissance de la coordination et du suivi de tous les différents composants liés à l'activité d'approvisionnement.

HS.0076	Paiements d'étape / de performance	Connaissance pratique des exigences contractuelles relatives à l'autorisation des paiements monétaires pour l'achèvement réussi des étapes de développement ou de performance prédéfinies.
HS.0080	Fiches de données de sécurité / certificats de conformité /connaissance/ Interprétation environnementale	Connaissance pratique et compréhension du strict respect des réglementations en matière de santé et exigences / restrictions environnementales associées à des produits particuliers, comme indiqué Fiches de données de sécurité ou certificats de conformité, du produit tout au long des étapes de commande, réception, stockage, transport et livraison finale.
HS.0081	Outils bureautiques	Connaissance pratique des outils bureautiques qui sont définis comme tous les outils et méthodes pouvant être appliqués aux activités de bureau afin d'améliorer l'efficacité ou l'efficience de ces activités.
HS.0083	La gestion des commandes	Le processus qui comprend l'identification, la réception, l'acceptation, le prélèvement, l'emballage, la livraison des articles emballés à un transporteur.
HS.0086	Emballage	Les processus de coordination d'un système de préparation des marchandises pour le transport, l'entreposage, logistique, vente et utilisation finale. Ce processus comprend tout document écrit, électronique ou graphique de communication sur l'emballage ou sur une étiquette associée.
HS.0093	Priorisation	La connaissance et la capacité d'organiser les étapes de processus, les travaux ou les commandes en file d'attente ou dans le bon ordre afin de répondre à la production et aux livraisons de produits / services comme prévu.
HS.0094	Approvisionnement	Connaissance pratique du processus d'acquisition de biens et/ou de services au meilleur coût total de possession, en bonne quantité, qualité, au bon moment et au bon endroit, avec toute la documentation requise.
HS.0097	Développement de produits	Familiarité et connaissance du processus de développement de produits et de ses étapes clés.
HS.0106	Contrôle et disposition des biens	Connaissance pratique des politiques, procédures et processus requis pour l'achat, la réception, le transport, le stockage, l'utilisation et la sauvegarde de tous les actifs de l'entreprise, Cela comprend les exigences réglementaires pour une élimination appropriée ou un excès.

HS.0112	Critères d'acceptation des exigences	Capacité à comprendre, interpréter et communiquer efficacement avec des fournisseurs ou des vendeurs sur les spécifications du produit et / ou données techniques qui définissent clairement les exigences spécifiques concernant l'acceptation du produit.
HS.0114	Contrôle des modifications et notification des modifications	Gérer un système qui garantit que des spécifications à jour sont disponibles en cas de besoin et qu'une piste d'audit vers les fournisseurs et la qualité interne existe.
HS.0115	Critères d'exigences, méthodes et outils de vérification	Capacité à gérer tous les aspects des critères d'exigences, des méthodes de vérification et des outils. Les critères d'exigences sont un énoncé des besoins, des règles, des normes ou des tests utilisés pour évaluer une décision, une idée, une opportunité, un programme, un projet, etc. jugement concernant l'objectif visé.
HS.0116	Notification de défaut d'exigences	Comprendre l'importance de la notification des défauts d'exigences et gérer un système pour surveiller, analyser, mettre en évidence, puis notifier les défauts qui surviennent.
HS.0117	Justification / justification des exigences	Capacité à assembler puis à présenter en interne et en externe de justifications exigées.
HS.0118	Syntaxe des exigences, attributs et lignes de base	Capacité à démontrer sa connaissance de l'utilisation de la syntaxe des exigences, des attributs et des lignes de base.
HS.0134	Méthodes de sollicitation	Les méthodes de sollicitation impliquent la capacité de demander et chercher des offres, des propositions, des devis ou, des demandes d'informations ou d'affaires. Dans le contexte de l'approvisionnement, on recherche ces informations avant d'accepter ou d'exécuter des contrats.
HS.0147	Évaluation technique	Le personnel d'approvisionnement doit avoir une formation technique suffisante pour toute décision à prendre du point de vue technique, cela comprend une compréhension des exigences techniques et la capacité de communiquer efficacement avec d'autres organisations techniques au sein de l'entreprise ainsi qu'avec ceux fournissant les spécifications techniques.
HS.0155	Stratégies de vérification	Expérience et familiarité avec les stratégies de vérification dans divers aspects de la fonction d'approvisionnement est requise par ex. Service fournisseur, qualité, coût, etc.

Annexe n° 8 : Grilles d'évaluation SCOR des processus audités

1. Processus de planification

1.1. Planification des Approvisionnements

Grille d'évaluation du processus de niveau 3 : Évaluation des besoins

Processus : Identification, priorisation et agrégation des besoins		
Attribut de Performance	Métrique	Calculés ?
Fiabilité	Précision de la prévision	Non, Pas de prévisions
Réactivité	Temps de cycle pour identifier, classer par ordre de priorité et agréger les besoins du produit	Non
Flexibilité	Non identifié	-
Coûts	Non identifié	-
Actifs	Non identifié	-
Les meilleures pratiques		Pratiquées ?
Optimisation de la Supply Chain (SCO)		Oui, mais sans simulation
Jours d'approvisionnement basés sur la gestion MRP		Non applicable
Contrôle de nomenclature		Non, car les M&S ne sont pas décomposables en sous-ensembles
Échange de données informatisées (EDI)		Oui
Compétences		Existantes ?
Gestion élémentaire des transports		Oui, mais l'opération de transport est effectuée par des prestataires
Gestion de la demande		Oui
Processus d'entreprise		Oui
Régulation de l'Import/Export		Oui
Gestion de l'inventaire		Oui
Gestion des risques et des exceptions		Oui
Gestion des relations avec les fournisseurs		Oui

Grille d'évaluation du processus de niveau 3 : Evaluation des ressources

Processus : Identification, évaluation et agrégation des ressources		
Performance	Mesure/Indicateur	Calculés ?
Fiabilité	Non identifié	-
Réactivité	Identifier, évaluer et agréger la durée du cycle des ressources produit	Non
Flexibilité	Non identifié	-
Coûts	Non identifié	-
Actifs	Non identifié	-
Les meilleures pratiques		Pratiquées ?
Optimisation de la Supply Chain		Oui, mais sans simulation
Classification ABC des stocks		Non, une autre méthode de tri est utilisée et OFS Store permet la classification ABC
Planification de la logistique et de l'entreposage		Non, les achats se font selon le besoin, et l'entrepôt est surdimensionné
Compétences		Existantes ?
Gestion élémentaire des transports		Oui, mais l'opération de transport est assurée par des prestataires
Régulation de l'Import/Export		Oui
Gestion de l'inventaire		Oui
Gestion des risques et des exceptions		Oui
Gestion des relations avec les fournisseurs		Oui

Grille d'évaluation du processus de niveau 3 : Equilibre entre les besoins et les ressources

Processus : Equilibre entre les besoins et les ressources		
Performance	Mesure/Indicateur	Calculés ?
Fiabilité	Non identifié	-
Réactivité	Équilibrer les ressources produites et la durée du cycle des exigences produit	Non
Flexibilité	Non identifié	-
Coûts	Non identifié	-
Actifs	Non identifié	-
Les meilleures pratiques		Pratiquées ?
Optimisation de la Supply Chain		Oui, mais sans simulation
Classification ABC des stocks		Non, une autre méthode de tri est utilisée et OFS Store permet la classification ABC
Planification de la logistique et de l'entreposage		Non
Recherche de fournisseurs		Oui
Rationalisation des articles		Oui
Réapprovisionnement Min-Max		Non, il n'y pas de seuil d'approvisionnement sauf

	pour le gasoil et il se fait de manière intuitive
Compétences	Existantes ?
Gestion élémentaire des transports	Oui, mais le transport est effectué par les prestataires
Régulation de l'Import/Export	Oui
Finance élémentaire	Oui
Gestion de l'inventaire	Oui
Gestion des risques et des exceptions	Oui
Gestion de la relation fournisseurs	Oui
Planification des ventes et des opérations	Oui

Grille d'évaluation du processus de niveau 3 : Génération d'un plan d'approvisionnement

Processus : Génération d'un plan d'approvisionnement		
Performance	Mesure/Indicateur	Calculés ?
Fiabilité	Non identifié	-
Réactivité	Établir le temps de cycle des plans d'approvisionnement	Non
Flexibilité	Non identifié	-
Coûts	Non identifié	-
Actifs	Non identifié	-
Les meilleures pratiques		Pratiquées ?
Réapprovisionnement Min-Max		Non, il n'y pas de seuil d'approvisionnement
Rationalisation des articles		Oui
Publication du plan de production		Non applicable
Planification de la logistique et de l'entreposage		Non
Recherche de fournisseurs		Oui
Sourcing stratégique		Oui
Collaboration avec les fournisseurs		Non
Compétences		Existantes ?
Gestion élémentaire des transports		Oui, mais l'opération de transport est effectuée par des prestataires
Régulation de l'Import/Export		Oui
Gestion de l'inventaire		Oui
Gestion des risques et des exceptions		Oui
Gestion de la relation fournisseurs		Oui

1.2. Planification du transport

Grille d'évaluation du processus de niveau 3 : Identification, priorisation et agrégation des besoins

Processus : Identification, priorisation et agrégation des besoins		
Performance	Mesure/Indicateur	Calculés ?
Fiabilité	Précision de la prévision	Non
Réactivité	Identifier, hiérarchiser et agréger la durée du cycle des exigences de livraison	Oui
Flexibilité	Non identifié	-
Coûts	Non identifié	-
Actifs	Non identifié	-
Les meilleures pratiques		Pratiquées ?
Optimisation de la Supply Chain		Oui, mais il y a des variables non contrôlables comme la disponibilité des prestataires de services et le délai de traitement de commande
Jours d'approvisionnement basés sur la gestion MRP		Non applicable
Génération d'une liste de sélection		Oui
Externalisation de la gestion des transports		Oui
Système de gestion des transports		Oui, mais le TMS n'est utilisé que pour le lancement des opérations, et non pour la planification et l'optimisation des trajets
Compétences		Existantes ?
Traitement des codes à barres		Oui
Prévision		Non
Regulations de l'Import/Export		Oui
Gestion de l'inventaire		Oui
Modélisation du réseau logistique		Non
Utilisation et stratégies du planogramme		Non
Sécurité de la Supply Chain		Oui
planification et gestion de l'inventaire géré par le fournisseur		Non

Grille d'évaluation du processus de niveau 3 : Identification, évaluation et agrégation des ressources

Processus : Identification, priorisation et agrégation des ressources		
Performance	Mesure/Indicateur	Calculés ?
Fiabilité	Précision de la prévision	Non
Réactivité	Identifier, évaluer et agréger la durée du cycle des ressources de livraison	Non
Flexibilité	Non identifié	-
Coûts	Non identifié	-
Actifs	Non identifié	-
Les meilleures pratiques		Pratiquées ?
Optimisation de la Supply Chain		Oui

Méthode de picking parfaite	Non, ce sont les prestataires qui effectue les opération de picking pour le transport
Gestion des commandes distribuées	Oui
Externalisation de la gestion des transports	Oui
Système de gestion des transports	Oui, permet d'identifier quel prestataire de service utiliser.
Compétences	
Existantes ?	
Manipulation des codes à barres	Oui
Prévision	Non
Régulation de l'Import/Export	Oui
Gestion de l'inventaire	Oui
Modélisation du réseau logistique	Non
Utilisation et stratégies du planigramme	Non
Supply Chain Security	Oui

Grille d'évaluation du processus de niveau 3 : Equilibre entre les besoins et les ressources

Processus : Equilibre entre les besoins et les ressources		
Performance	Mesure/Indicateur	Calculés ?
Fiabilité	Précision de la prévision	Non
Réactivité	Non identifié	-
Flexibilité	Non identifié	-
Coûts	Non identifié	-
Actifs	Non identifié	-
Les meilleures pratiques		Pratiquées ?
La gestion des tâches		Non
Externalisation de la gestion des transports		Oui
Compétences		Existantes ?
Prévision		Oui
Gestion de l'inventaire		Oui
Modélisation du réseau logistique		Non
Sécurité de la Supply chain		Oui

Grille d'évaluation du processus de niveau 3 : Génération d'un plan de transport

Processus : Génération d'un plan de transport		
Performance	Mesure/Indicateur	Calculés ?
Fiabilité	Taux de remplissage	Non
Réactivité	Établir des plans de livraison Durée du cycle	Non
Flexibilité	Non identifié	-
Coûts	Non identifié	-
Actifs	Non identifié	-
Les meilleures pratiques		Pratiquées ?
Méthode de picking parfaite		Non, ce sont les prestataires qui effectue les opération de picking pour le transport

Gestion des commandes distribuées	Oui
Système de gestion des transports	Oui, mais le TMS est utilisé que pour le lancement des opérations, et non pour la planification et l'optimisation des trajets
Logistique accélérée	Oui à l'international avec EMO, et non localement
Externalisation de la gestion des transports	Oui
Compétences	Existantes ?
Manipulation des codes à barres	Oui
Prévision	Non
Gestion de l'inventaire	Oui
Modélisation du réseau logistique	Non
planification et gestion de l'inventaire géré par le fournisseur	Non

2. Approvisionnement

Grille d'évaluation du processus de niveau 3 : Identification des fournisseurs

Processus : Identification des sources d'approvisionnement		
Performance	Mesure/Indicateur	Calculés ?
Fiabilité	Non identifié	-
Réactivité	Durée du cycle d'identification des sources d'approvisionnement	Non
Flexibilité	Non identifié	-
Coûts	Non identifié	-
Actifs	% du matériel qui sera repris	Non
	% de matériaux recyclables / réutilisables	Non
Les meilleures pratiques		Pratiquées ?
Sourcing stratégique		Oui
Stratégie d'achat / d'approvisionnement		Oui
Analyse comparative des fournisseurs alternatifs		Oui
Lancer une invitation à soumissionner		Oui
Évaluation des fournisseurs à l'aide d'un outil d'évaluation robuste		Oui
Compétences		Existantes ?
Méthodologies de communication		Oui
Finance de base		Oui
Gestion des contrats		Non, pas à ce stade du process
Gestion de données		Oui
Technologies pertinentes		Oui
Ingénierie		Oui
Exigences environnementales		Oui
Régulation de l'Import/Export		Oui
Propriété intellectuelle / données propriétaires		Oui

Paielements d'étape / de performance	Non, pas à ce stade du process
Approvisionnement	Non, pas à ce stade du process
Développement de produits	Oui
Gestion de projet	Oui
Gestion de la qualité	Oui
L'évaluation des risques	Oui
Méthodes de sollicitation	Non
Appel d'offres / processus d'appel d'offres	Non, pas à ce stade du process
Gestion de la relation fournisseurs (SRM)	Oui
Retour et réparation sous garantie	Oui

Grille d'évaluation du processus de niveau 3 : Sélection des fournisseurs

Processus : Sélection des fournisseurs et négociation		
Performance	Mesure/Indicateur	Calculés ?
Fiabilité	% de fournisseurs certifiés EMS ou ISO 14001	Non
Réactivité	Durée du cycle de sélection et négociation avec un fournisseur	Non
Flexibilité	Non identifié	-
Coûts	Non identifié	-
Actifs	Non identifié	-
Les meilleures pratiques		Pratiquées ?
Analyse des performances de livraison des fournisseurs		Oui
Processus de réception des matières premières		Oui, mais non respecté
Évaluation des fournisseurs à l'aide d'un outil d'évaluation robuste		Oui
Compétences		Existantes ?
Méthodologies de communication		Oui
Finance de base		Oui
Analyse comparative		Oui
Gestion des contrats		Oui
Contrôles et conformité		Oui
Gestion de données		Oui
Calendrier de livraison		Oui
Technologies pertinentes		Oui
Exigences environnementales		Oui
Régulation de l'Import/Export		Oui
Propriété intellectuelle / données propriétaires		Oui
Paielements d'étape / de performance		Oui
Approvisionnement		Oui
Evaluation des risques		Oui
Méthodes de sollicitation		Oui

Appel d'offres / processus d'appel d'offres	Oui
Gestion de la relation fournisseurs (SRM)	Oui
Évaluation technique	Oui
Retour et réparation sous garantie	Oui

Grille d'évaluation du processus de niveau 3 : Gestion de la commande

Processus : Gestion de la commande		
Performance	Mesure/Indicateur	Calculés ?
Fiabilité	% d'horaires modifiés dans le délai de livraison du fournisseur	Oui
Réactivité	Nombre moyen de jours par modification technique	Non
	Jours moyens par changement d'horaire	Non
	Moyenne des sorties de cycle de modification	Non
	Temps de cycle de la planification des livraisons	Non
Flexibilité	Non identifié	-
Coûts	Non identifié	-
Actifs	Non identifié	-
Les meilleures pratiques		Pratiquées ?
Kanban		Oui
Réapprovisionnement Min-Max		Non
Optimisation des transports		Oui
Réduction des stocks en consignation		Oui
Vendor Managed Inventory (VMI)		Non
Gestion des bons de commande		Oui
Séquençage de ligne de production		Non
Collaboration avec les fournisseurs		Non
Processus de réception des matières premières		Oui, mais non respecté
Compétences		Existantes ?
Benchmarking		Oui
Équilibrage de la livraison		Oui
Prévision		Oui
Gestion de la logistique		Oui
Planification principale		Oui
Fiches de données de sécurité / certificats de conformité / connaissance / Interprétation environnementale		Oui
La gestion des commandes		Oui
Priorisation		Oui
Approvisionnement		Oui
Planification de la production		Oui
Appel d'offres / processus d'appel d'offres		Oui
Gestion de la relation fournisseurs (SRM)		Oui

Grille d'évaluation du processus de niveau 3 : Transfert de la commande

Processus : Transfert		
Performance	Mesure/Indicateur	Calculés ?
Fiabilité	% de commandes / lignes reçues à temps	Oui
	% de commandes / lignes reçues avec un contenu correct	Non
Réactivité	Durée du cycle de transfert	Oui
Flexibilité	Non identifié	-
Coûts	Non identifié	-
Actifs	Inventory Days of Supply	Oui
Les meilleures pratiques		Pratiquées ?
Inventaire de consignation		Oui
Séquençage de ligne de production		Non
Processus de réception des matières premières		Oui, mais non respecté
Gestion des stocks en consignation		Oui
Compétences		Existantes ?
Traitement des codes à barres		Oui
Gestion de données		Oui
Rapports et résolution des écarts		Oui
Systèmes ERP		Oui
Gestion de l'inventaire		Oui
Lean Manufacturing		Oui
Législation et normes		Oui
Gestion de la logistique		Oui
Systèmes MRP		Oui
Fiches de données de sécurité / certificats de conformité / connaissance / Interprétation environnementale		Oui
Emballage		Oui
Contrôle et disposition des biens		Oui
Gestion de la qualité		Oui
Gestion des retours		Oui
Gestion de la relation fournisseurs (SRM)		Oui

Grille d'évaluation du processus de niveau 3 : Réception de la commande

Processus : Réception		
Performance	Mesure/Indicateur	Calculés ?
Fiabilité	% commandes / lignes traitées terminées	Oui
	% de produits transférés dans les délais requis	Oui
	% commandes / lignes reçues avec emballage correct	Non
	% de commandes / lignes reçues avec des documents d'expédition corrects	Non
Réactivité	Durée du cycle de réception du produit	Oui
Flexibilité	Non identifié	-
Coûts	Non identifié	-

Actifs	Non identifié	-
Les meilleures pratiques		Pratiquées ?
Inventaire de consignation		Oui
Suivi des lots		Oui
Analyse des performances de livraison des fournisseurs		Oui
Processus de réception des matières premières		Oui, mais non respecté
Gestion des stocks en consignation		Oui
Séquençage de ligne de production		Non
Inspection des livraisons		Oui
Compétences		Existantes ?
coïncidence de réception à 3 contrôles		Oui
Traitement des codes à barres		Oui
Cross Docking		/
Gestion de données		Oui
Rapports et résolution des écarts		Oui
Systèmes ERP		Oui
ID et inspection des dommages		/
Gestion de l'inventaire		Oui
Législation et normes		Oui
Gestion de la logistique		Oui
Logistique / Cargaison		/
Fiches de données de sécurité / certificats de conformité / connaissance / Interprétation environnementale		Oui
Contrôle et disposition des biens		Oui
Gestion des retours		Oui
Gestion de la relation fournisseurs (SRM)		Oui

Grille d'évaluation du processus de niveau 3 : Vérification de la commande

Processus : Vérification		
Performance	Mesure/Indicateur	Calculés ?
Fiabilité	% de commandes / lignes reçues sans défaut	Non
	% de commandes / lignes reçues avec un contenu correct	Non
	% de commandes / lignes reçues sans dommages	Non
Réactivité	Cycle de vérification des produits	Non
Flexibilité	Non identifié	-
Coûts	Non identifié	-
Actifs	Non identifié	-
Les meilleures pratiques		Pratiquées ?
Inventaire de consignation		Oui
Inspection des livraisons		Oui
Processus de réception des matières premières		Oui, mais non respecté
Gestion des stocks en consignation		Oui

Séquençage de ligne de production	Non
Compétences	Existantes ?
Test d'acceptation	/
Traitement des codes à barres	Oui
Gestion de données	Oui
Rapports et résolution des écarts	Oui
ID et inspection des dommages	/
Fiches de données de sécurité / certificats de conformité / connaissance / Interprétation environnementale	Oui
Outils bureautiques	/
Contrôle et disposition des biens	Oui
Gestion de la qualité	Oui
Critères d'acceptation des exigences	/
Allocation des besoins	Oui
Contrôle des modifications et notification des modifications	/
Critères d'exigences, méthodes et outils de vérification	/
Notification de défaut d'exigences	/
Justification / justification des exigences	/
Syntaxe des exigences, attributs et lignes de base	/
Gestion des retours	Oui
Stratégies de vérification	Oui

Grille d'évaluation du processus de niveau 3 : Entreposage de la commande

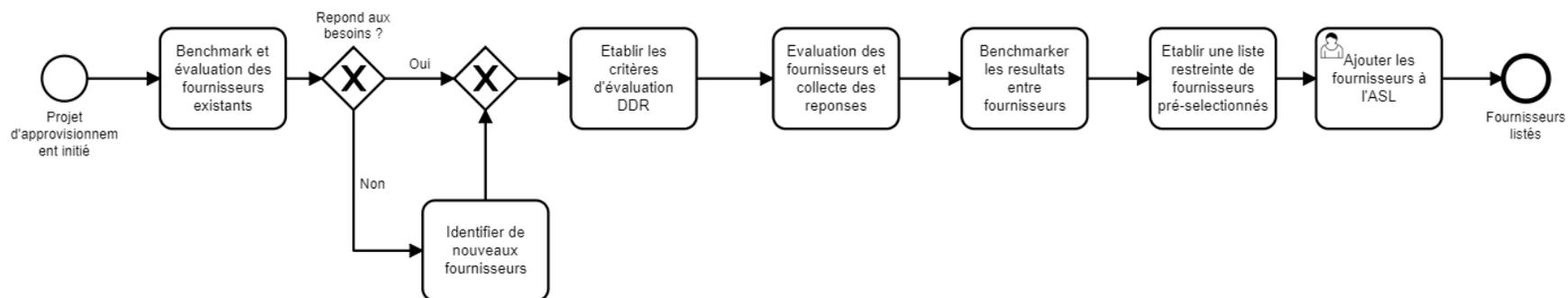
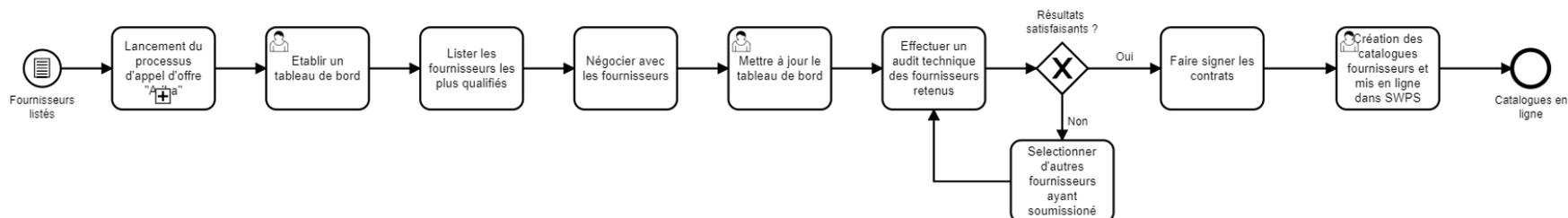
Processus : Entreposage		
Performance	Mesure/Indicateur	Calculés ?
Fiabilité	% de commandes / lignes reçues à temps	Oui
	% de commandes / lignes reçues avec un contenu correct	Non
Réactivité	Durée du cycle de transfert	Oui
Flexibilité	Non identifié	-
Coûts	Non identifié	-
Actifs	Inventory Days of Supply	Non
Les meilleures pratiques		Pratiquées ?
Inventaire de consignation		Oui
Séquençage de ligne de production		Non
Processus de réception des matières premières		Oui, mais non respecté
Gestion des stocks en consignation		Oui
Compétences		Existantes ?
Traitement des codes à barres		Oui
Gestion de données		Oui
Rapports et résolution des écarts		Oui
Systèmes ERP		Oui
Gestion de l'inventaire		Oui
Lean Manufacturing		/
Législation et normes		Oui
Gestion de la logistique		Oui
Systèmes MRP		Oui

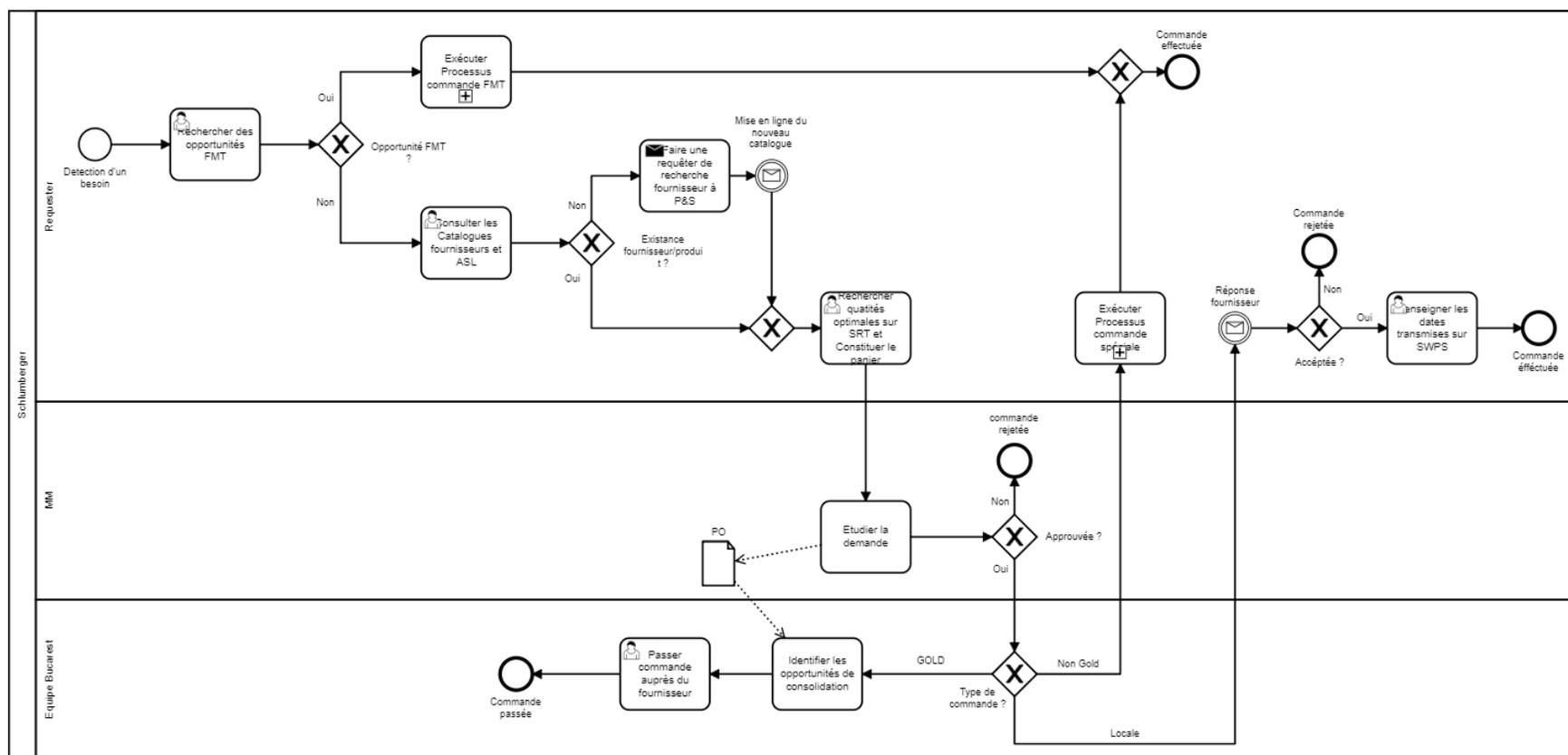
Fiches de données de sécurité / certificats de conformité / connaissance / Interprétation environnementale	Oui
Emballage	Oui
Contrôle et disposition des biens	Oui
Gestion de la qualité	Oui
Gestion des retours	Oui
Gestion de la relation fournisseurs (SRM)	Oui

Grille d'évaluation du processus de niveau 3 : Paiement des fournisseurs.

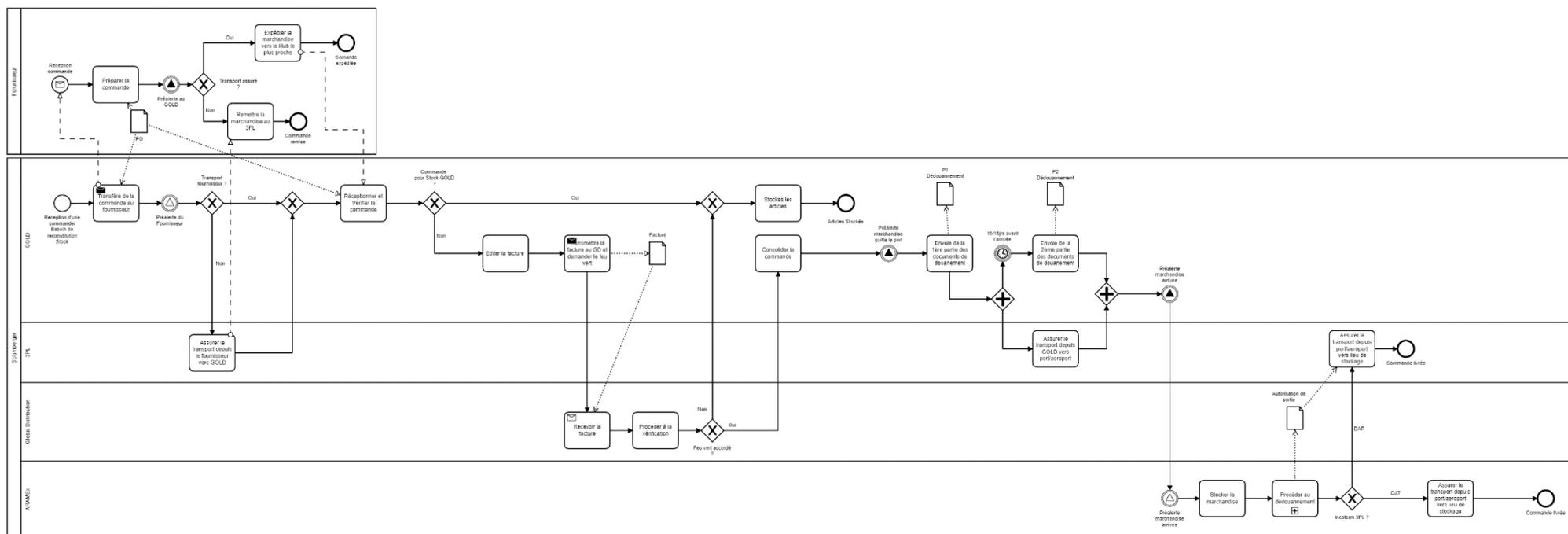
Processus : Autorisation du paiement fournisseur		
Performance	Mesure/Indicateur	Calculés ?
Fiabilité	Non identifié	-
Réactivité	Durée du cycle autorisation paiement fournisseur	Oui
Flexibilité	Non identifié	-
Coûts	Non identifié	-
Actifs	Non identifié	-
Les meilleures pratiques		Pratiquées ?
Inventaire de consignation		Oui
vérification de la livraison à 3 contrôles		Oui
Gestion des stocks en consignation		Oui
Auto-facturation		Non
Compétences		Existantes ?
Développement de changement d'avis		Oui
Gestion des contrats		Oui
Analyse coût / prix		Oui
Rapports et résolution des écarts		Oui
Planification principale		Oui
Gestion de la relation fournisseurs (SRM)		Oui

Annexe n° 9 : Modélisation des processus audités

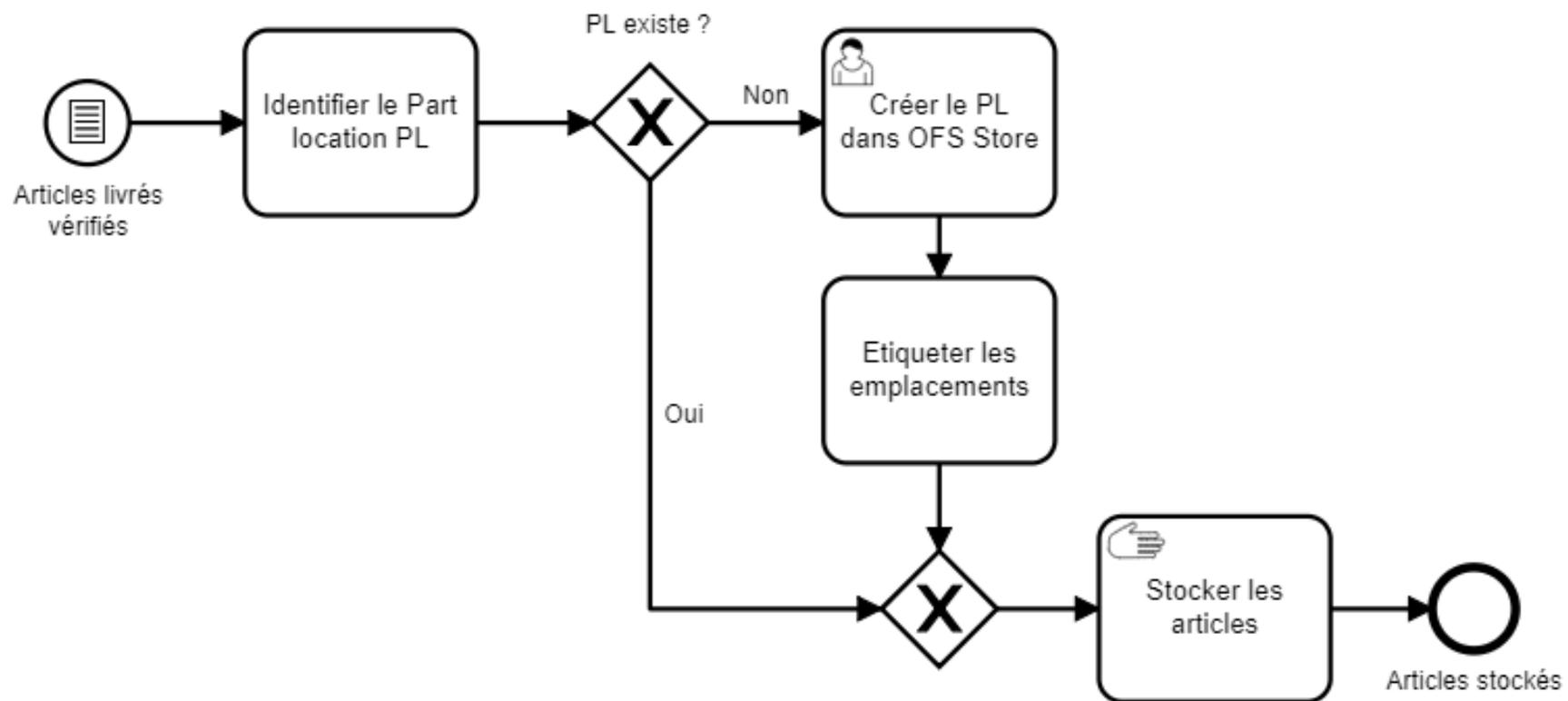
*Processus d'identification et de pré-sélection des fournisseurs**Processus de sélection des fournisseurs*



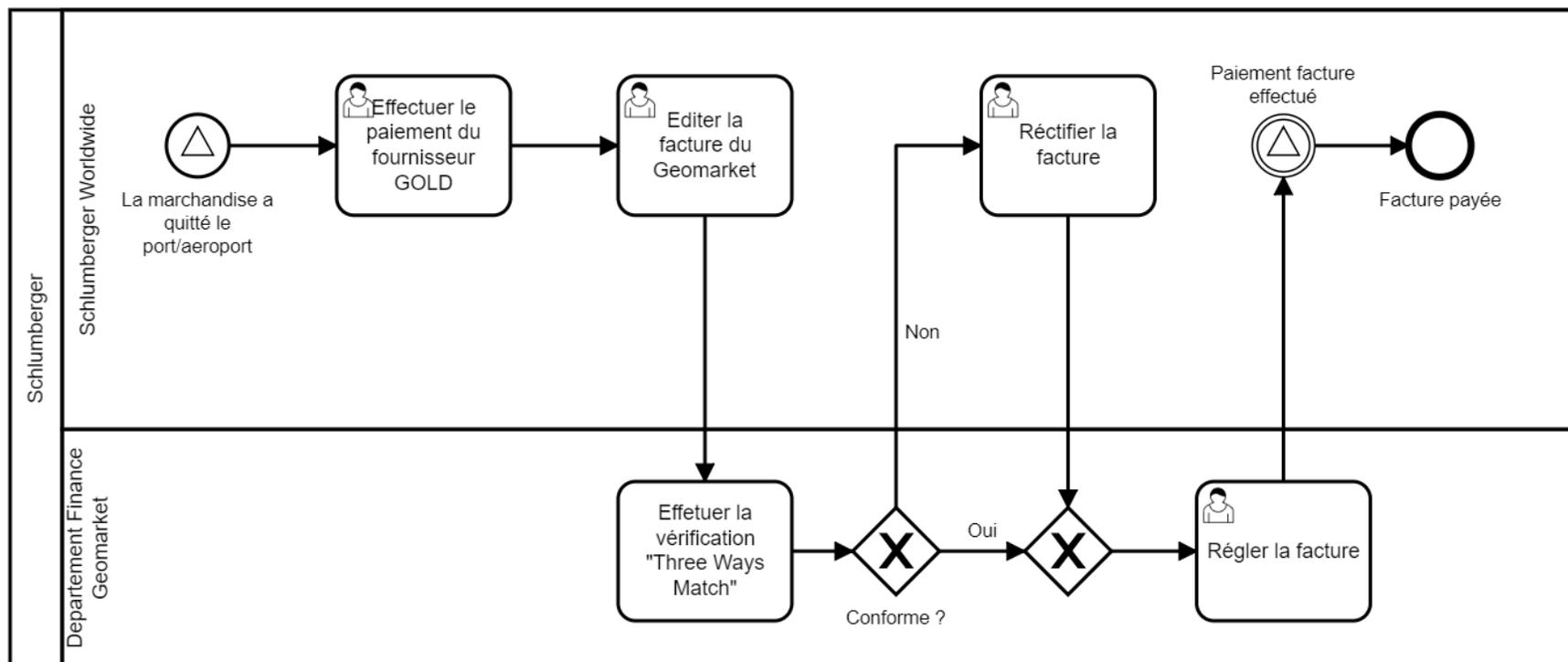
Processus de commande M&S



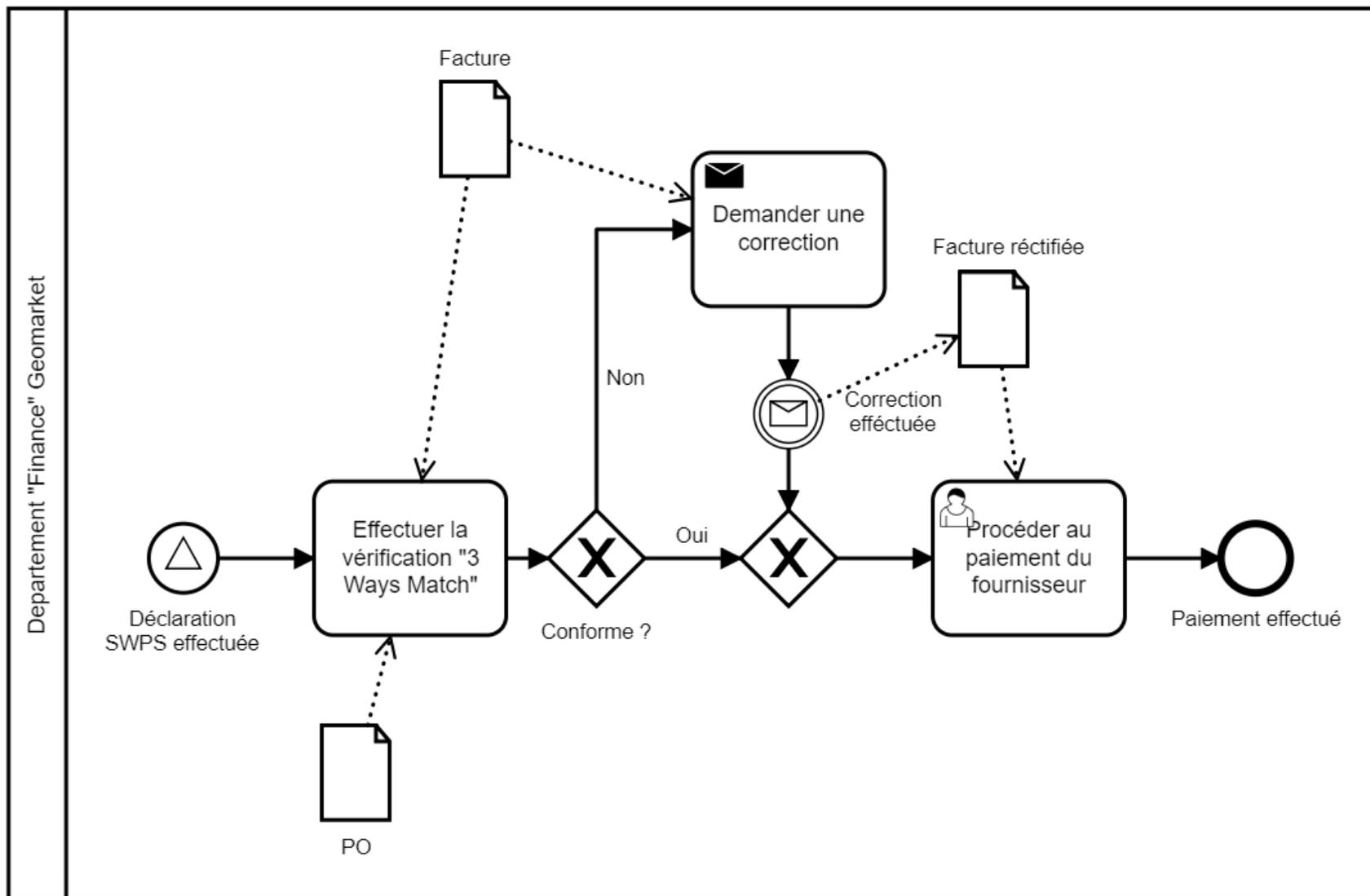
Processus de transfert d'une commande GOLD



Processus d'entreposage de la commande



Processus de paiement d'un fournisseur GOLD



Processus de paiement d'un fournisseur Local

Annexe n° 10 : Résultat de la régression linéaire pour l'estimation de la tendance de la série « consohma »—Base Hassi Messaoud

Dependent Variable: CONSOHMA
 Method: Least Squares
 Date: 07/25/20 Time: 02:00
 Sample: 2016M01 2019M12
 Included observations: 48

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	139057.5	2823.866	49.24367	0.0000
T	-790.6916	103.5164	-7.638326	0.0000
R-squared	0.559151	Mean dependent var		120476.3
Adjusted R-squared	0.549567	S.D. dependent var		14803.72
S.E. of regression	9935.413	Akaike info criterion		21.28637
Sum squared resid	4.54E+09	Schwarz criterion		21.36434
Log likelihood	-508.8729	Hannan-Quinn criter.		21.31584
F-statistic	58.34402	Durbin-Watson stat		1.731761
Prob(F-statistic)	0.000000			

Régression linéaire sur la série "consohma" pour l'estimation de la tendance

Annexe n° 11 : Modèles ARMA relatifs aux pics significatifs – Base Hassi Messaoud

Modèle MA(7)

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
MA(7)	0.529242	0.145015	3.649569	0.0007
SIGMASQ	76739994	16826737	4.560599	0.0000
R-squared	0.188790	Mean dependent var		4.12E-07
Adjusted R-squared	0.171155	S.D. dependent var		9829.149
S.E. of regression	8948.548	Akaike info criterion		21.12506
Sum squared resid	3.68E+09	Schwarz criterion		21.20303
Log likelihood	-505.0015	Hannan-Quinn criter.		21.15453
Durbin-Watson stat	1.920927			

Modèle MA(7)

Modèle MA(24)

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
MA(24)	-0.999993	10323.44	-9.69E-05	0.9999
SIGMASQ	42544990	2.28E+11	0.000187	0.9999

Modèle MA(24)

Modèle AR(7)

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
AR(7)	0.407060	0.136271	2.987126	0.0045
SIGMASQ	80661938	18630660	4.329527	0.0001
R-squared	0.147332	Mean dependent var		4.12E-07
Adjusted R-squared	0.128795	S.D. dependent var		9829.149
S.E. of regression	9174.365	Akaike info criterion		21.15341
Sum squared resid	3.87E+09	Schwarz criterion		21.23137
Log likelihood	-505.6818	Hannan-Quinn criter.		21.18287
Durbin-Watson stat	1.874173			

Modèle AR(7)

Modèle AR(24)

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
AR(24)	-0.650794	0.200581	-3.244549	0.0022
SIGMASQ	54533437	11537101	4.726789	0.0000
R-squared	0.423533	Mean dependent var		4.12E-07
Adjusted R-squared	0.411001	S.D. dependent var		9829.149
S.E. of regression	7543.504	Akaike info criterion		21.01095
Sum squared resid	2.62E+09	Schwarz criterion		21.08892
Log likelihood	-502.2629	Hannan-Quinn criter.		21.04042
Durbin-Watson stat	1.998078			

Modèle AR(24)

Modèle ARMA(7,7)

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
AR(7)	-0.259332	0.430911	-0.601824	0.5503
MA(7)	0.798377	0.518605	1.539472	0.1307
SIGMASQ	73091823	19907241	3.671620	0.0006

Modèle ARMA(7,7)

Modèle ARMA(7,24)

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
AR(7)	0.370906	0.156574	2.368895	0.0222
MA(24)	-1.000000	10864.29	-9.20E-05	0.9999
SIGMASQ	37659645	2.05E+11	0.000184	0.9999

46Modèle ARMA(7,24)

Modèle ARMA(24,24)

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
AR(24)	-0.999783	0.001818	-549.8977	0.0000
MA(24)	0.971966	0.125004	7.775450	0.0000
SIGMASQ	33966388	10883975	3.120770	0.0031
R-squared	0.640945	Mean dependent var		4.12E-07
Adjusted R-squared	0.624987	S.D. dependent var		9829.149
S.E. of regression	6019.204	Akaike info criterion		21.05262
Sum squared resid	1.63E+09	Schwarz criterion		21.16957
Log likelihood	-502.2629	Hannan-Quinn criter.		21.09682
Durbin-Watson stat	1.998078			

47Modèle ARMA(24,24)

Modèle ARMA(24,7)

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
AR(24)	-0.605325	0.202566	-2.988292	0.0045
MA(7)	0.467590	0.204796	2.283193	0.0272
SIGMASQ	49149639	12676925	3.877095	0.0003
R-squared	0.480445	Mean dependent var		4.12E-07
Adjusted R-squared	0.457353	S.D. dependent var		9829.149
S.E. of regression	7240.600	Akaike info criterion		20.93734
Sum squared resid	2.36E+09	Schwarz criterion		21.05429
Log likelihood	-499.4961	Hannan-Quinn criter.		20.98153
Durbin-Watson stat	2.096485			

Modèle ARMA(24,7)

Annexe n° 12 : Tests sur les résidus du modèle de prévision retenu ARMA(24,24) –Base Hassi Messaoud

Test de bruit blanc

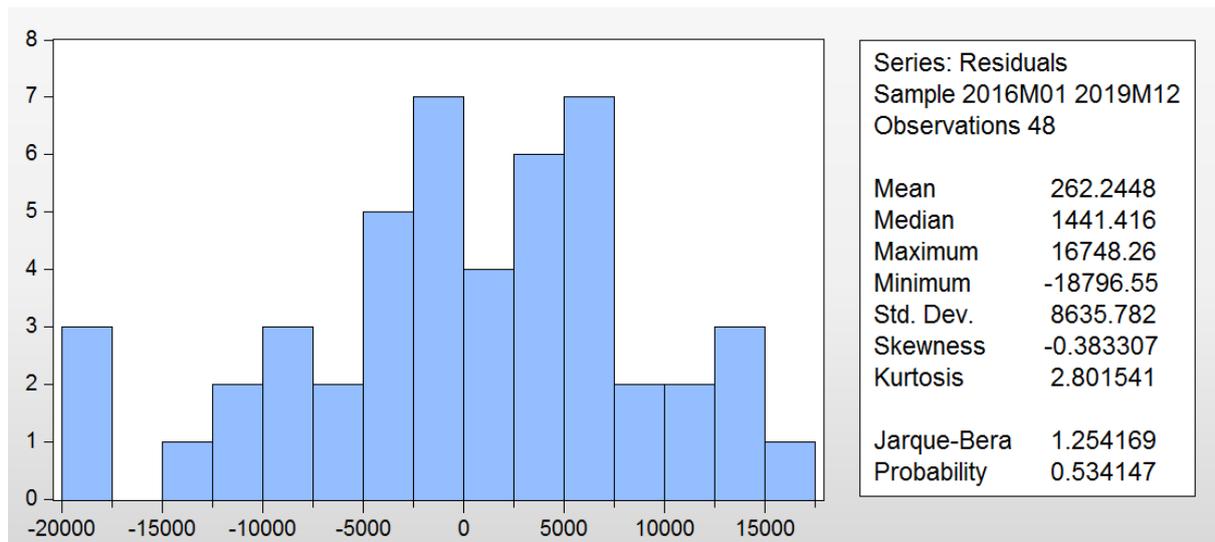
Date: 07/24/20 Time: 16:25
Sample: 2016M01 2019M12
Included observations: 48
Q-statistic probabilities adjusted for 2 ARMA terms

	Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob
1	0.022	0.022	0.0250			
2	0.126	0.125	0.8499			
3	-0.200	-0.209	2.9870	0.084		
4	0.063	0.064	3.2016	0.202		
5	-0.069	-0.025	3.4653	0.325		
6	0.056	0.003	3.6432	0.456		
7	0.068	0.108	3.9126	0.562		
8	0.122	0.088	4.8035	0.569		
9	-0.132	-0.158	5.8729	0.555		
10	-0.007	0.015	5.8764	0.661		
11	-0.146	-0.088	7.2532	0.611		
12	0.042	-0.009	7.3694	0.690		
13	-0.038	0.016	7.4674	0.760		
14	0.007	-0.070	7.4711	0.825		
15	0.014	0.032	7.4852	0.875		
16	-0.091	-0.098	8.1088	0.884		
17	0.050	0.085	8.3030	0.911		
18	-0.014	0.019	8.3191	0.939		
19	0.007	-0.040	8.3235	0.959		
20	-0.017	-0.003	8.3496	0.973		

Corrélogramme du Q statistique du Modèle ARMA(24,24)

On voit que les probabilités du corrélogramme du Q statistique sont tous supérieur à 0.05 ce qui fait que notre modèle est à bruit blanc.

Test de normalité



Histogramme des résidus du modèle ARMA(24,24)

Tests de Skewness, kurtosis et jarque-bera

- Skewness :

$$\begin{cases} H_0: \gamma = 0 \rightarrow \text{La distribution des résidus est symétrique} \\ H_1: \gamma \neq 0 \rightarrow \text{La distribution des résidus est asymétrique} \end{cases}$$

$$(S_k^{\frac{1}{3}}) = -0.38 \rightarrow \gamma = \frac{|(S_k^{\frac{1}{3}})|}{\sqrt{\frac{6}{48}}} = 1.07 < 1.96(\text{indice de student})$$

- Kurtosis :

$$\begin{cases} H_0: \gamma' = 0 \rightarrow \text{La distribution des résidus est relativement aplatie} \\ H_1: \gamma' \neq 0 \rightarrow \text{La distribution des résidus n'est pas aplatie} \end{cases}$$

$$Ku = 2.80 \rightarrow \gamma' = \frac{|Ku - 3|}{\sqrt{\frac{24}{48}}} = 0.28 < 1.96(\text{indice de student})$$

- jarque-bera :

$$JB = 1.25 < \chi^2(2,0.05) = 5.99$$

Les résultats des tests effectués sur les résidus du modèle ARMA(24,24) retenu pour la réalisation des prévisions montrent que les résidus suivent une loi normale. De ce fait, notre modèle est à bruit blanc gaussien, il est donc valide.

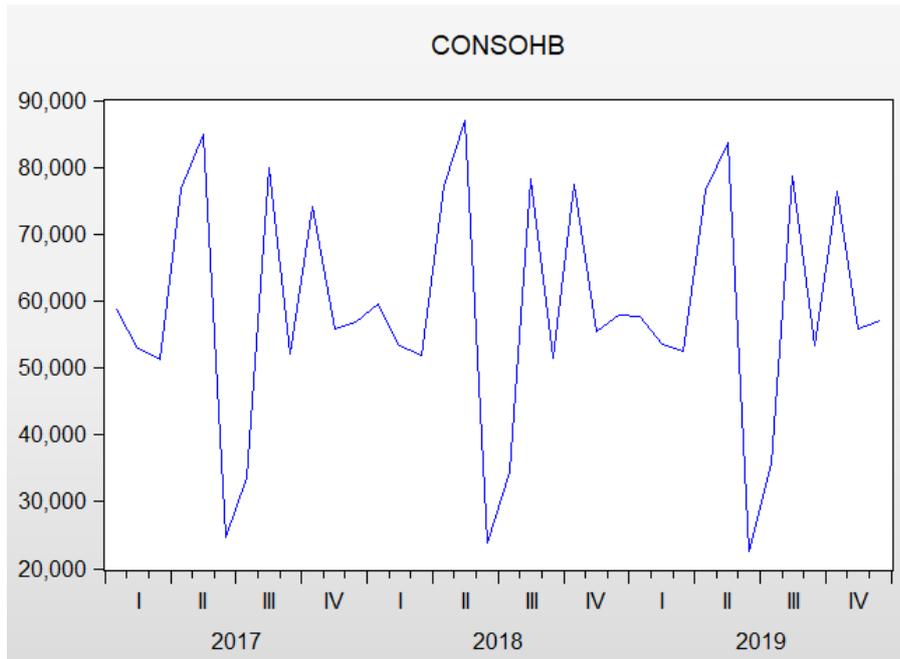
Annexe n° 13 : Prévision de la consommation de la base « Hassi Berkine »

1. Etude de la série temporelle « consohb »

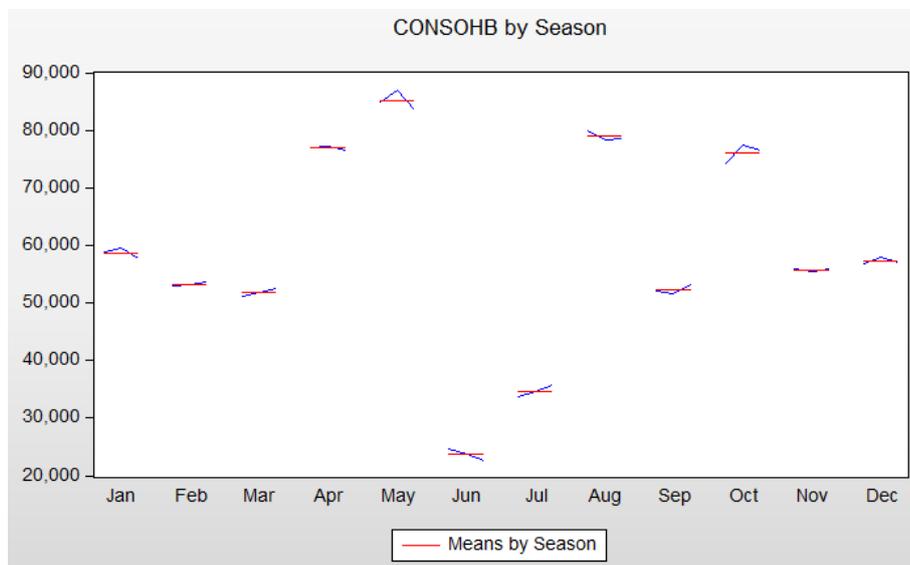
La série temporelle « consohb » représente l'évolution mensuelle de la consommation de gasoil de la part de la base de Hassi Berkine, et cela à partir de Janvier 2017 jusqu'à Décembre 2019.

▪ Analyse des graphiques et du corrélogramme

Comme pour la série « consohm », nous commençons l'étude par la visualisation et l'analyse du graphe de la consommation ainsi que du graphe saisonnier de la série puis du corrélogramme.

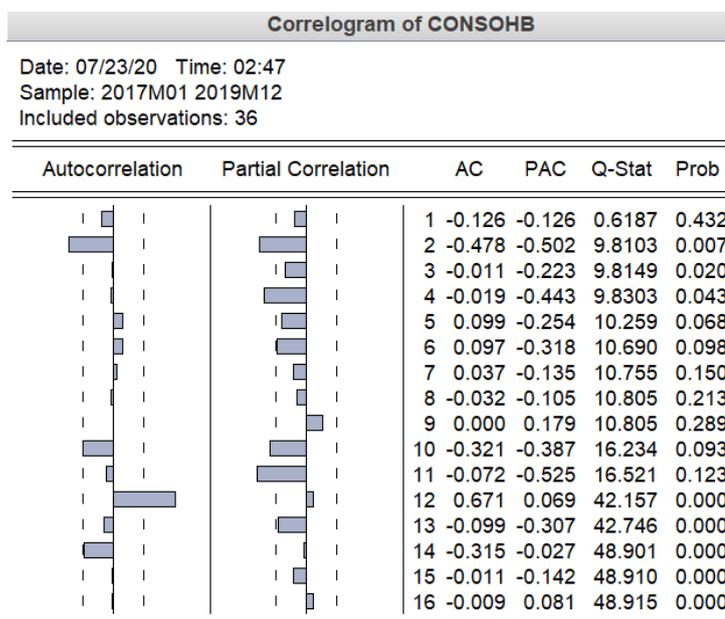


Evolution de la consommation de la base de Hassi Berkine de 2017 à 2019



Grphe saisonnier de la série "consohb"

L'analyse de ces deux graphes est assez contradictoire, puisque l'on peut déceler sur le graphe d'évolution de la consommation la présence d'une saisonnalité de périodicité 12, seulement le graphe saisonnier contredit cette information. Ainsi, ils ne permettent pas de se prononcer sur la présence ou non d'une tendance et/ou d'une saisonnalité.



Corrélogramme de la série "consohb"

Sur les deux corrélogrammes, simple et partiel, on peut relever la présence de plusieurs pics significatifs, seulement il y'a un doute sur la périodicité de ces derniers d'où l'incapacité de se prononcer sur la présence de saisonnalité.

Aussi, le critère AC ne semble pas décroissant et ne converge vers 0, preuve de l'inexistence d'une tendance.

De plus le critère de probabilité « prob » est le plus souvent supérieur à la valeur de 0.05, ce qui indique une potentielle non stationnarité de la série étudiée.

▪ Test de saisonnalité de Fisher (ANOVA)

Etant donné que l'analyse et la visualisation des graphes relatifs à la série « consohb » n'a pas été concluante, nous réalisons le test ANOVA sous Excel. Il nous permettra ainsi de confirmer ou d'infirmer de manière sûre la présence de saisonnalité.

ANALYSE DE VARIANCE						
Source des variations	Somme des carrés	Degré de liberté	Moyenne des carrés	F	Probabilité	Valeur critique pour F
Entre Groupes	1447591.5	2	723795.75	0.002164267	0.997838215	3.284917651
A l'intérieur des gro	11036189999	33	334430000			
Total	11037637591	35				
Total	3.97483E+11	59				

Résultats du test de saisonnalité de Fisher pour la série « consohb »

La probabilité est égale à 0.998 ce qui est supérieur à 0.05 et la valeur F = 0.002 est inférieure à la valeur critique du test qui est de 3.285. On rejette donc l'hypothèse de présence de saisonnalité.

2. Modèles de prévision

Modèle 1 : Lissage exponentiel triple « Holt Winter »

L'étude menée sur la série dans le précédent point a montré que cette dernière n'est pas à caractère saisonnier mais ne nous a pas permis de nous prononcer sur la tendance. Ainsi, nous avons sélectionné, comme première méthode pour la modélisation de la demande gasoil de la base « Hassi Berkine », la méthode de Holt Winter non saisonnière. Le modèle qui en découle devrait potentiellement donner des résultats satisfaisants dans la mesure où la méthode prend en compte la tendance si toutefois celle-ci existe.

L'estimation des paramètres du modèle Holt Winter grâce à l'outil « Eviews » pour la période allant de Janvier 2017 à Décembre 2019 est représentée sur la figure suivante.

Date: 07/22/20 Time: 18:26		
Sample: 2017M01 2019M12		
Included observations: 36		
Method: Holt-Winters No Seasonal		
Original Series: CONSOHB		
Forecast Series: HWNS		
<hr/>		
Parameters:	Alpha	0.0500
	Beta	0.6501
	Sum of Squared Residuals	1.26E+10
	Root Mean Squared Error	18739.73
<hr/>		
End of Period Levels:	Mean	58399.23
	Trend	-529.5462
<hr/>		

Modèle Holt Winter retenu par l'outil Eviews

Les prévisions obtenues pour l'année 2020 en se basant sur ce modèle sont illustrées dans le tableau suivant :

Prévisions réalisées par la technique de HW : Base Hassi Berkine

Mois	Jan-20	Fév-20	Mars-20	Avr-20	Mai-20	Juin-20	Jul-20	Août-20
Prévision HW	57870	57340	56811	56281	55752	55222	54692	54163
Sep-20	Oct-20	Nov-20	Déc-20					
53633	53104	52574	52045					

Modèle 2 : Méthodologie de Box et Jenkins

Etant donné que la série ne présente pas de saisonnalité, nous ne procédons pas à une correction des facteurs saisonniers et continuons notre démarche avec la série « consohb ».

▪ **Etape 1 : Test de stationnarité (test de Dickey-Fuller) sur la série « consohb »**

Pour pouvoir procéder à la prévision, nous devons préalablement nous assurer de la stationnarité de la série chronologique. Si elle ne l'est pas, il faudra déterminer la meilleure façon de la stationnariser. Pour cela nous appliquons les tests de Dickey Fuller augmentés, tels que présentés dans l'état de l'art. Nous commençons donc par estimer le modèle 3 à travers le test du coefficient de la tendance « test de b ».

Après avoir appliqué le test de Dickey Fuller sur la série chronologique « consohb » les résultats du test sont illustrés dans la figure suivante.

Augmented Dickey-Fuller Test Equation
 Dependent Variable: D(CONSOM_HASSI_BERK)
 Method: Least Squares
 Date: 07/20/20 Time: 14:03
 Sample (adjusted): 2018M01 2019M12
 Included observations: 24 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	227370.7	137173.4	1.657543	0.1284
@TREND("2017M01")	-71.05185	50.67537	-1.402098	0.1912
R-squared	0.998715	Mean dependent var		9.000000
Adjusted R-squared	0.997044	S.D. dependent var		26894.20
S.E. of regression	1462.294	Akaike info criterion		17.70460
Sum squared resid	21383032	Schwarz criterion		18.39180
Log likelihood	-198.4552	Hannan-Quinn criter.		17.88691
F-statistic	597.6873	Durbin-Watson stat		2.024142
Prob(F-statistic)	0.000000			

Test racine unitaire modèle 3 pour la série "consohb"

- Interprétation des résultats : Prob (@Trend("2017M01")) = 0.1912 (supérieur à 0.05) ; ainsi $b=0$ et H_0 acceptée. Il y'a donc absence de tendance, on passe alors au modèle 2 pour tester la présence d'une constante. Les résultats sont illustrés dans la figure ci-dessous.

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
CONSOHB(-1)	-4.025704	2.432899	-1.654695	0.1262
C	236528.7	142906.8	1.655126	0.1261

Test racine unitaire modèle 2 pour la série "consohb"

- Interprétation des résultats : Prob (C) = 0.1261 (supérieur à 0.05) ; donc $c=0$ et H_0 acceptée; La constante n'est donc pas significativement différente de 0, on passe alors au modèle 1 pour tester la présence d'une racine unitaire. Les résultats sont illustrés dans la figure ci-dessous.

	t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic	0.183144	0.7306
Test critical values:		
1% level	-2.664853	
5% level	-1.955681	
10% level	-1.608793	

Test racine unitaire modèle 1 pour la série "consohb"

- Interprétation des résultats : Prob (Augmented Dickey-Fuller test statistic) = 0.7306 (supérieur à 0.05) ; De plus, t-statistic (5%) = 0.183 > t-tabulée = -1.956 ; donc $\phi \neq 0$ et présence de racine unitaire.

A partir des résultats obtenus ($b=0$; $c=0$; $\phi \neq 0$), la série chronologique ne répond pas aux critères de la stationnarité et il s'agit d'un processus DS sans dérive que nous devons ainsi stationnariser.

- **Etape 2 : Régression aux différences de la série « consohb »**

Afin de rendre la série stationnaire, nous procédons à sa différenciation, d'abord première puis réalisons une seconde fois le test de DF sur cette nouvelle série afin de s'assurer qu'elle a bien été stationnarisée. Si ce n'est pas le cas, nous déroulons, à nouveau, ces étapes jusqu'à ce qu'elle le devienne. La nouvelle série est générée grâce à l'équation suivante :

$$dconsohb = consohb - consohb(-1)$$

- **Test de stationnarité (test de Dickey-Fuller) sur la série « dconsohb »**

Pour nous assurer que la série générée « dconsohb » est bien stationnaire, elle est, à son tour, tester à l'aide du test de DF :

	t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic	-19.46764	0.0001
Test critical values:		
1% level	-2.664853	
5% level	-1.955681	
10% level	-1.608793	

Test Racine Unitaire modèle 1 pour la série "dconsohb"

La t-statistique de la racine unitaire (t-calculé= -19.468) est supérieure, en valeur absolue, au seuil critique de 5%, nous rejetons donc l'existence d'une racine unitaire, la nouvelle série est par conséquent stationnaire.

- **Etape 3 : Analyse du corrélogramme de la série « dconsohb »**

A partir du corrélogramme de la série stationnaire générée nous identifions les modèles potentiellement exploitables pour la réalisation des prévisions. Ces modèles correspondent aux pics significatifs observables sur la figure suivante.

Date: 07/21/20 Time: 17:39
 Sample: 2017M01 2019M12
 Included observations: 35

Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob	
		1	-0.344	-0.344	4.4992	0.034
		2	-0.363	-0.545	9.6598	0.008
		3	0.210	-0.275	11.440	0.010
		4	-0.054	-0.448	11.563	0.021
		5	0.050	-0.322	11.673	0.040
		6	0.025	-0.413	11.701	0.069
		7	0.008	-0.322	11.704	0.111
		8	-0.045	-0.439	11.803	0.160
		9	0.155	0.134	13.007	0.162
		10	-0.253	0.072	16.326	0.091
		11	-0.219	-0.523	18.921	0.063
		12	0.672	-0.075	44.355	0.000
		13	-0.247	-0.327	47.935	0.000
		14	-0.229	-0.142	51.164	0.000
		15	0.132	-0.280	52.289	0.000
		16	-0.033	-0.099	52.364	0.000

Corrélogramme de la série "dconsobh"

L'analyse des fonctions d'autocorrélation simple et partielle a permis d'identifier les modèles candidats sont : AR(1), AR(2), AR(4), AR(6), AR(8), AR(11) , MA(1), MA(2), MA(12), ARMA(1,1), ARMA(2,1) ,ARMA(4,1), ARMA(6,1), ARMA(8,1) ,ARMA(11,1), ARMA(1,2), ARMA(2,2) ,ARMA(4,2), ARMA(6,2), ARMA(8,2) ,ARMA(11,2), ARMA(1,12), ARMA(2,12) ,ARMA(4,12), ARMA(6,12), ARMA(8,12) ,ARMA(11,12).

De ces modèles, nous ne retenons que ceux dont les termes sont significativement différents de 0, cela correspond à une probabilité P inférieure à 0.05.

Ainsi l'analyse des résultats obtenus sur Eviews, nous a permis de retenir les modèles suivants : MA(2), AR(2), ARMA(11,2).

Le tableau suivant recense, pour chaque modèle, la valeur des trois critères permettant de les départager :

modèle	R ²	AKAIKE	SCHWARTZ
MA(2)	0.20	23.12	23.21
AR(2)	0.13	23.19	23.28
ARMA(11,2)	0.47	22.92	23.05

Résultat des critères de choix du meilleur modèle

▪ Etape 4 : Estimation des paramètres

A partir des résultats obtenus dans l'étape précédente, nous retenons le modèle ARMA(11,2), et nous estimons ses paramètres grâce à l'outil « Eviews ». L'équation s'écrit alors comme suit :

$$Y_t = U_t + 0.603724 * Y_{t-11} + 0.651209 * U_{t-2}$$

▪ Etape 5 : Préviation par ARMA(11,2)

Les prévisions en terme de consommation de gasoil de la part de la base de « Hassi Berkine » durant l'année 2020 sont présentées dans le tableau ci-dessous.

Prévisions réalisées par la méthodologie de BJ : Base Hassi Berkine

Mois	Jan-20	Fév-20	Mars-20	Avr-20	Mai-20	Juin-20	Jul-20	Août-20
ARMA(11,2)	51494	49711	62978	61006	50816	56930	52082	56122

Sep-20	Oct-20	Nov-20	Déc-20
55884	51633	53991	57395

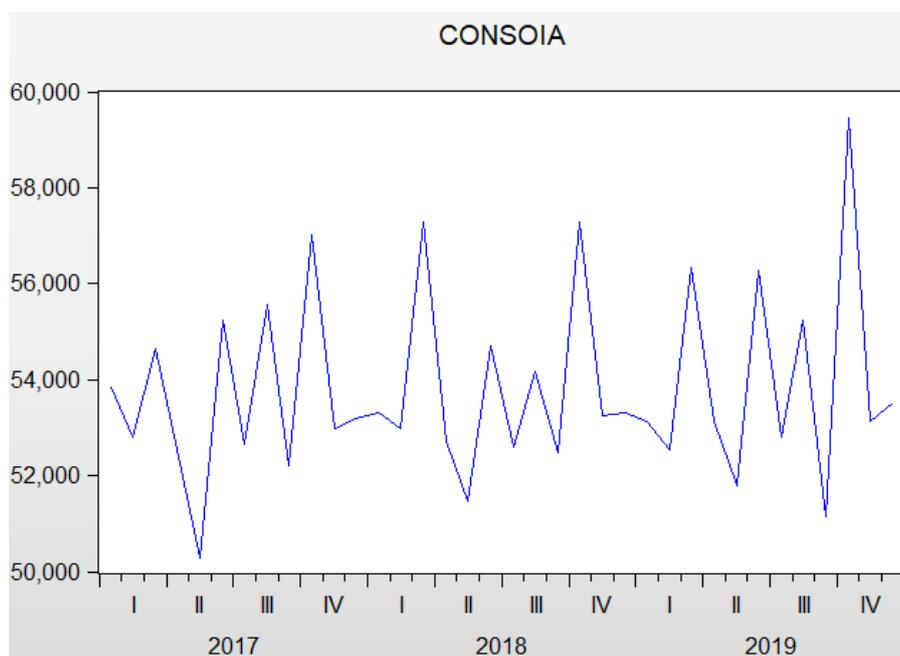
Annexe n° 14 : Préviation de la consommation de la base « In Aminas »

3. Etude de la série temporelle « consoia »

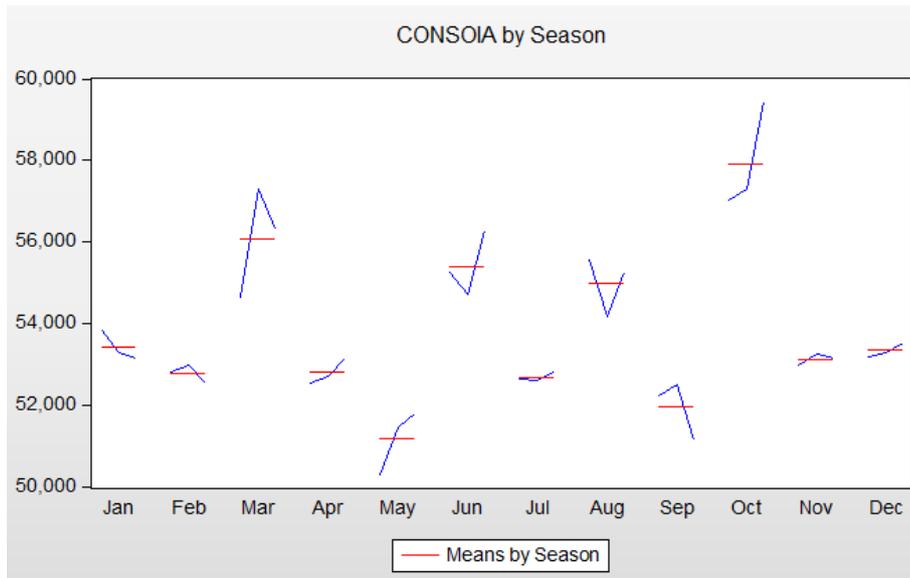
La série temporelle « consoia » représente l'évolution mensuelle de la consommation de gasoil de la part de la base de In Amenass, et cela à partir de Janvier 2017 jusqu'à Décembre 2019.

▪ Analyse des graphiques et du corrélogramme

Comme pour la série « consoia », nous commençons l'étude par la visualisation et l'analyse du graphe de la consommation ainsi que du graphe saisonnier de la série puis du corrélogramme.



Evolution de la consommation de la base de In Amenass de 2017 à 2019



Graphe saisonnier de la série "consoia"

L'analyse de ces deux graphes montre, à priori, l'absence de saisonnalité.

Date: 07/29/20 Time: 12:19
 Sample: 2017M01 2019M12
 Included observations: 36

Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob
		1 -0.474	-0.474	8.7832	0.003
		2 0.117	-0.139	9.3326	0.009
		3 -0.125	-0.168	9.9768	0.019
		4 0.101	-0.030	10.410	0.034
		5 0.044	0.107	10.494	0.062
		6 -0.278	-0.280	14.017	0.029
		7 0.264	0.021	17.302	0.016
		8 -0.025	0.155	17.333	0.027
		9 -0.041	-0.047	17.418	0.043
		10 -0.030	-0.011	17.465	0.065
		11 -0.286	-0.447	21.927	0.025
		12 0.551	0.278	39.248	0.000
		13 -0.269	0.302	43.541	0.000
		14 0.070	-0.038	43.844	0.000
		15 -0.046	0.020	43.982	0.000
		16 0.061	-0.092	44.239	0.000

Corrélogramme de la série "consoia"

Sur les deux corrélogrammes, simple et partiel, on peut relever la présence de plusieurs pics significatifs, seulement il y'a un doute sur la périodicité de ces derniers d'où l'incapacité de se prononcer sur la présence de saisonnalité.

Aussi, le critère AC ne semble pas décroissant et ne converge vers 0, preuve de l'inexistence d'une tendance.

De plus les valeurs du critère de probabilité « prob » oscillent en dessous et au-dessus de la valeur 0.05, nous ne pouvons alors rien conclure sur la stationnarité de cette série.

- **Test de saisonnalité de Fisher (ANOVA)**

Etant donné que l'analyse et la visualisation des graphes relatifs à la série « consoia » n'a pas été concluante, nous réalisons le test ANOVA sous Excel. Il nous permettra ainsi de confirmer ou d'infirmer de manière sûre la présence de saisonnalité.

ANALYSE DE VARIANCE						
Source des variations	Somme des carrés	Degré de liberté	Moyenne des carrés	F	Probabilité	Valeur critique pour F
Entre Groupes	1266678	2	633339	0.156890608	0.855431376	3.284917651
A l'intérieur des groupes	133215030	33	4036819.091			
Total	134481708	35				

Résultats du test de saisonnalité de Fisher pour la série « consoia »

La probabilité est égale à 0.855 ce qui est supérieur à 0.05 et la valeur $F = 0.157$ est inférieur à la valeur critique du test qui est de 3.285. On rejette donc l'hypothèse de présence de saisonnalité.

4. Modèles de prévision

Modèle 1 : Lissage exponentiel triple « Holt Winter »

L'étude menée sur la série dans le précédent point a montré que cette dernière n'est pas à caractère saisonnier mais ne nous a pas permis de nous prononcer sur la tendance. Ainsi, nous avons sélectionné, comme pour la base de « Hassi Berkine », la méthode de Holt Winter non saisonnière pour modéliser la demande gasoil de la base « In Amenas ». Le modèle qui en découle devrait, ici aussi, donner des résultats satisfaisants dans la mesure où la méthode prend en compte la tendance si toutefois celle-ci existe.

L'estimation des paramètres du modèle Holt Winter grâce à l'outil « Eviews » pour la période allant de Janvier 2017 à Décembre 2019 est représentée sur la figure suivante.

```

Date: 07/22/20 Time: 17:59
Sample: 2017M01 2019M12
Included observations: 36
Method: Holt-Winters No Seasonal
Original Series: CONSOIA
Forecast Series: CONSOISM

```

Parameters:	Alpha	0.0400
	Beta	0.4301
	Sum of Squared Residuals	1.46E+08
	Root Mean Squared Error	2013.779

End of Period Levels:	Mean	54472.44
	Trend	66.81490

Modèle Holt Winter retenu par l'outil Eviews

Les prévisions obtenues pour l'année 2020 en se basant sur ce modèle sont illustrées dans le tableau suivant.

Prévisions réalisées par la technique de HW : Base "In Aminass"

Mois	Jan-20	Fév-20	Mars-20	Avr-20	Mai-20	Juin-20	Jul-20	Août-20
Prévision HW	54539	54606	54673	54740	54807	54873	54940	55007
Sep-20	Oct-20	Nov-20	Déc-20					
55074	55141	55207	55274					

Modèle 2 : Méthodologie de Box et Jenkins

Etant donné que la série ne présente pas de saisonnalité, nous ne procédons pas à une correction des facteurs saisonniers et continuons notre démarche avec la série « consoia ».

▪ **Étape 1 : Test de stationnarité (test de Dickey-Fuller) sur la série « consoia »**

Pour pouvoir procéder à la prévision, nous devons préalablement nous assurer de la stationnarité de la série chronologique. Si elle ne l'est pas, il faudra déterminer la meilleure façon de la stationnariser. Pour cela nous appliquons les tests de Dickey Fuller augmentés, tels que présentés dans l'état de l'art.

Nous commençons donc par estimer le modèle 3 à travers le test du coefficient de la tendance « test de b ».

Après avoir appliqué le test de Dickey Fuller sur la série chronologique « consoia » les résultats du test sont illustrés dans la figure suivante.

Augmented Dickey-Fuller Test Equation
 Dependent Variable: D(CONSOM_IN_AMIN)
 Method: Least Squares
 Date: 07/21/20 Time: 13:30
 Sample (adjusted): 2018M01 2019M12
 Included observations: 24 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	163679.6	157498.5	1.039246	0.3232
@TREND("2017M01")	55.40449	44.81666	1.236248	0.2446

Test racine unitaire modèle 3 pour la série "consoia"

- Interprétation des résultats : Prob (@Trend("2017M01")) = 0.2446 (supérieur à 0.05) ; ainsi $b=0$ et H_0 acceptée. Il y'a donc absence de tendance, on passe alors au modèle 2 pour tester la présence d'une constante. Les résultats sont illustrés dans la figure ci-dessous.

Augmented Dickey-Fuller Test Equation
 Dependent Variable: D(CONSOM_IN_AMIN)
 Method: Least Squares
 Date: 07/21/20 Time: 13:32
 Sample (adjusted): 2018M01 2019M12
 Included observations: 24 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
CONSOM_IN_AMIN(-1)	-1.196917	2.579924	-0.463935	0.6517
C	64567.84	138783.9	0.465240	0.6508

Test racine unitaire modèle 2 pour la série "consoia"

- Interprétation des résultats : Prob (C) = 0.6508 (supérieur à 0.05) ; donc $c=0$ et H_0 acceptée; La constante n'est donc pas significativement différente de 0, on passe alors au modèle 1 pour tester la présence d'une racine unitaire. Les résultats sont illustrés dans la figure ci-dessous.

Null Hypothesis: CONSOM_IN_AMIN has a unit root
 Exogenous: None
 Lag Length: 12 (Automatic - based on SIC, maxlag=12)

	t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic	1.162434	0.9317
Test critical values:		
1% level	-2.669359	
5% level	-1.956406	
10% level	-1.608495	

Test racine unitaire modèle 1 pour la série "consoia"

- Interprétation des résultats : Prob (Augmented Dickey-Fuller test statistic) = 0.9317 (supérieur à 0.05) ; De plus, t-statistic (5%) = 1.1624 > t-tabulée = -1.9564 ; donc $\phi \neq 0$ et présence de racine unitaire.

A partir des résultats obtenus ($b=0$; $c=0$; $\phi \neq 0$), la série chronologique ne répond pas aux critères de la stationnarité et il s'agit d'un processus DS sans dérive que nous devons ainsi stationnariser.

▪ Etape 2 : Régression aux différences de la série « consoia »

Afin de rendre la série stationnaire, nous procédons à sa différenciation, d'abord première puis réalisons une seconde fois le test de DF sur cette nouvelle série afin de s'assurer qu'elle a bien été stationnarisée. Si ce n'est pas le cas, nous déroulons, à nouveau, ces étapes jusqu'à ce qu'elle le devienne. La nouvelle série est générée grâce à l'équation suivante :

$$d1 = \text{consoia} - \text{consoia}(-1)$$

- Test de stationnarité (test de Dickey-Fuller) sur la série « d1 »

Pour nous assurer que la série générée « d1 » est bien stationnaire, elle est, à son tour, tester à l'aide du test de DF :

Null Hypothesis: D1 has a unit root
 Exogenous: None
 Lag Length: 10 (Automatic - based on SIC, maxlag=12)

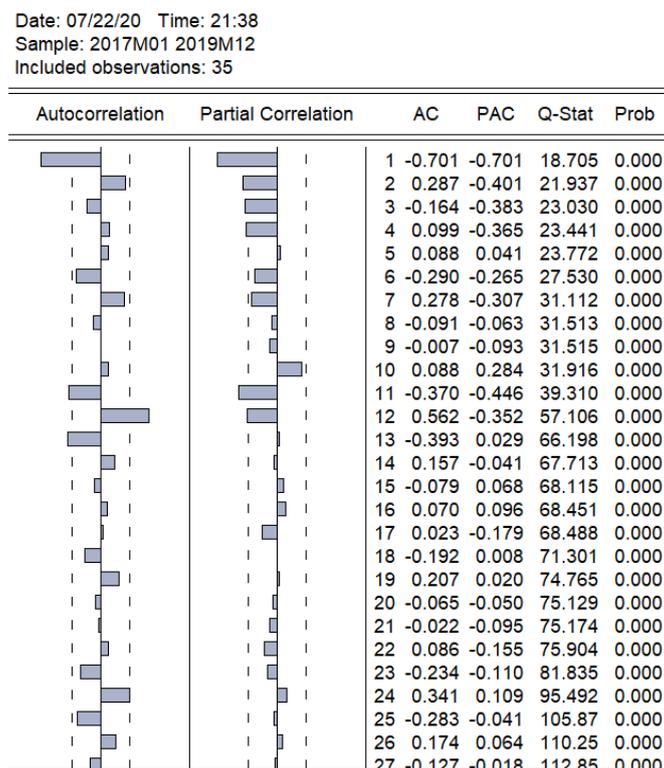
	t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic	-3.850368	0.0005
Test critical values:		
1% level	-2.664853	
5% level	-1.955681	
10% level	-1.608793	

Test Racine Unitaire modèle 1 pour la série "d1"

La t-statistique de la racine unitaire (t-calculé= -3.8504) est supérieure, en valeur absolue, au seuil critique de 5%, nous rejetons donc l'existence d'une racine unitaire, la nouvelle série est par conséquent stationnaire.

▪ **Etape 3 : Analyse du corrélogramme de la série « d1 »**

A partir du corrélogramme de la série stationnaire générée nous identifions les modèles potentiellement exploitables pour la réalisation des prévisions. Ces modèles correspondent aux pics significatifs observables sur la figure x.



Corrélogramme de la série "d1"

L'analyse des fonctions d'autocorrélation simple et partielle a permis d'identifier les modèles candidats sont : MA(1), MA(11), MA(12), MA(13), MA(24), AR(1), AR(2), AR(3), AR(4), AR(11), AR(12), ARMA(1,1), ARMA(1,11), ARMA(1,12), ARMA(1,13), ARMA(1,24), ARMA(2,1), ARMA(2,11), ARMA(2,12), ARMA(2,13), ARMA(2,24), ARMA(3,1), ARMA(3,11), ARMA(3,12), ARMA(3,13), ARMA(3,24), ARMA(4,1), ARMA(4,11), ARMA(4,12), ARMA(4,13), ARMA(4,24), ARMA(11,1), ARMA(11,11), ARMA(11,12), ARMA(11,13), ARMA(11,24), ARMA(12,1), ARMA(12,11), ARMA(12,12), ARMA(12,13), ARMA(12,24).

De ces modèles, nous ne retenons que ceux dont les termes sont significativement différents de 0, cela correspond à une probabilité P inférieure à 0.05.

Ainsi l'analyse des résultats obtenus sur Eviews, nous a permis de retenir les modèles suivants : AR(1), AR(11), AR(12), ARMA(1,1), ARMA(12,1), ARMA(12,12).

Le tableau suivant recense, pour chaque modèle, la valeur des trois critères permettant de les départager :

Modèle	R ²	AKAIKE	SCHWARTZ
AR(1)	0.49	18.54	18.62
AR(11)	0.37	18.90	18.99
AR(12)	0.81	18.13	18.22

ARMA(1,1)	0.73	18.05	18.18
ARMA(12,1)	0.92	17.29	17.42
ARMA(12,12)	0.90	18.06	18.19

Résultat des critères de choix du meilleur modèle

▪ **Etape 4 : Estimation des paramètres**

A partir des résultats obtenus dans l'étape précédente, nous retenons le modèle ARMA(12,1), et nous estimons ses paramètres grâce à l'outil « Eviews ». L'équation s'écrit alors comme suit :

$$Y_t = U_t + 0.982471U_{t-1} - 0.889759Y_{t-12}$$

▪ **Etape 5 : Prévision par ARMA(12,1)**

Les prévisions en terme de consommation de gasoil de la part de la base de « In Aminass » durant l'année 2020 sont présentées dans le tableau ci-dessous.

Prévisions réalisées par la méthodologie de BJ : Base "In Aminass"

Mois	Jan-20	Fév-20	Mars-20	Avr-20	Mai-20	Juin-20	Jul-20	Août-20
ARMA(12,1)	53600	53276	54570	53086	51488	54988	53162	55216

Sep-20	Oct-20	Nov-20	Déc-20
52858	56243	53390	53542

Annexe n° 15 : Résultat du déroulement de l'algorithme pour l'obtention des dates de livraison

- **Mois 2**

Base	i=1		i=2		i=3			
date	13	26	13	27	3	10	16	23

- **Mois 3**

Base	i=1		i=2		i=3			
date	12	27	13	28	1	10	18	27

- **Mois 4**

Base	i=1		i=2		i=3			
date	10	24	12	27	5	14	23	

- **Mois 5**

Base	i=1		i=2		i=3			
date	9	24	12	27	2	10	19	28

- **Mois 6**

Base	i=1		i=2		i=3			
date	8	23	11	26	8	20		

- **Mois 7**

Base	i=1		i=2		i=3			
date	8	23	11	26	2	15	28	

- **Mois 8**

Base	i=1		i=2		i=3			
date	7	23	11	26	7	17	26	

- **Mois 9**

Base	i=1		i=2		i=3				
date	7	22	10	24	3	10	16	23	29

- **Mois 10**

Base	i=1		i=2		i=3				
date	8	23	9	25	7	14	22	29	

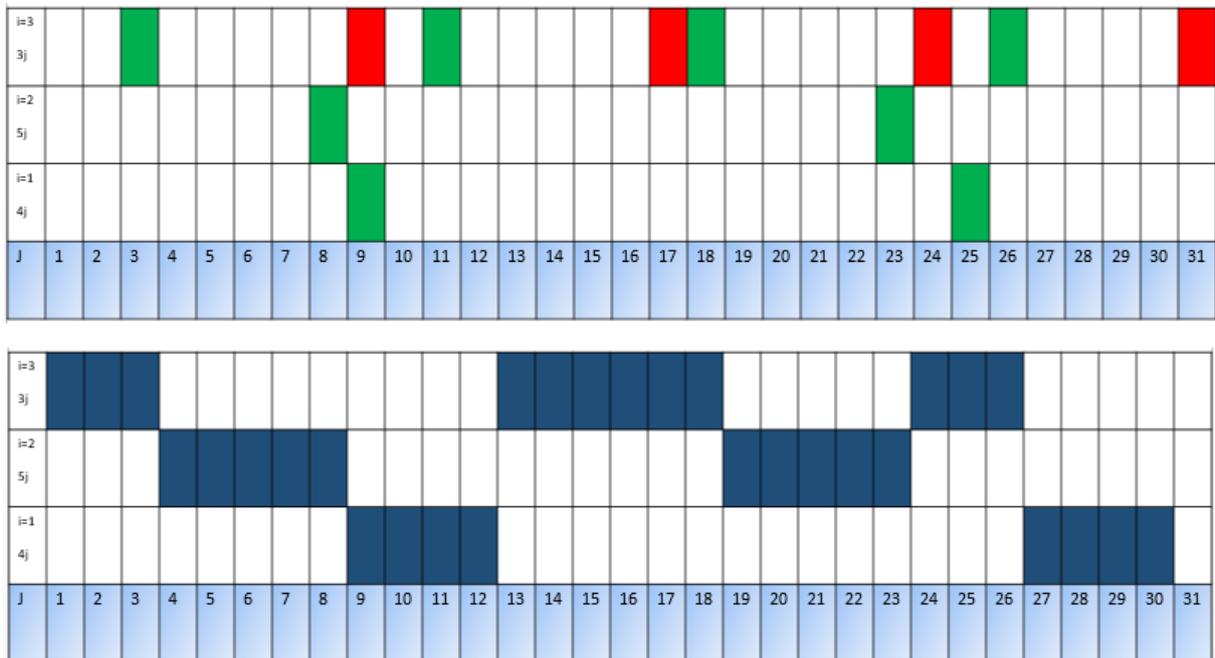
- **Mois 11**

Base	i=1		i=2		i=3			
date	8	23	9	23	7	16	25	

- **Mois 12**

Base	i=1		i=2		i=3			
date	9	25	8	23	3	11	18	26

- Mois 12



Annexe n° 17 : Besoin en camions pour l'année 2020

Nombre de camions requis par moi et bar base

$N_{i,t}$	i=1	i=2	i=3
t=1	3	2	4
t=2	2	2	4
t=3	2	2	4
t=4	2	2	3
t=5	2	2	4
t=6	2	2	2
t=7	2	2	3
t=8	2	2	3
t=9	2	2	5
t=10	2	2	4
t=11	2	2	3
t=12	2	2	4