

UNIVERSITE ABDERRAHMANE MIRA BEJAIA



Faculté des Sciences Economiques, Commerciales et des Sciences de Gestion

Département des Sciences Economiques

MEMOIRE

En vue de l'obtention du diplôme de

MASTER EN SCIENCES ECONOMIQUE

Option : Economie Quantitative

L'INTITULE DU MEMOIRE

**Etude analytique et prévisionnelle des importations maritimes :
application au port de Bejaïa (2015-2024)**

Préparé par :

- OUCHENE LISA
- YAHIA Chaima

Dirigé par :

Mr. KEBIECHE Hicham

Date de soutenance .../06/2025

Jury

Président :

Examineur :

Rapporteur : Mr. KEBIECHE Hicham

Année universitaire : 2024/2025

Dédicace :

Je dédie ce modeste travail accompagné d'un profond amour et fierté ;

A mes parents qui m'ont donné tendresse et espoir, à la source éternelle de l'amour.

A ma grande mère, mes très chers frères et sœurs, mes proches et les membres de ma famille.

O.LISA

Je dédie cet humble et modeste travail avec grand amour sincérité et fierté :

A mes parents, source de tendresse, de noblesse et d'affection.

A mes très chères sœurs, et à tous les membres de ma famille et mes amis.

Y.CHAIMA

Remerciement :

Nous souhaitons adresser tous nos remerciements aux personnes qui nous ont apporté leur aide et qui ont ainsi contribué à l'élaboration de ce mémoire.

Nous remercions tout d'abord notre promoteur, Monsieur Hicham Kebieche, pour son aide précieuse, sa disponibilité, ses conseils avisés, son suivi rigoureux et son exigence, qui nous ont permis de réaliser un travail de qualité.

Nous adressons nos plus sincères remerciements à nos parents, qui nous ont toujours soutenus et encouragés tout au long de notre formation et de notre parcours académique.

Également, nous remercions tous les enseignants de la faculté des sciences économiques, sciences de gestion et commerciales de l'université de Bejaia pour la transmission de leurs savoirs.

Enfin, nous remercions les membres du jury d'avoir accepté d'évaluer notre travail.

Liste des abréviations :

ACF : fonction d'auto corrélation.

ADF : teste de Dickey-Fuller augmenté.

AIC: Akaike, information criterions.

ARMA: Auto Regressive Moving Average.

ARIMA: Auto Regressive Integrated Moving Average.

BIC : le critère d'information bayésien.

BMT : Bejaia méditerranéen terminal.

CNAN : compagnie Nationale Algérienne des Navigation.

CTMD : Centre de transit des marchandises Dangereuses.

DS : Différence Stationnaires, des processus non-stationnaires de nature aléatoire.

EPB : L'entreprise portuaire de Bejaia.

EPE : Entreprise publique économique.

EQM : L'écart Quadratique moyen.

Ets : lissage exponentielle de Holt-Winter.

FAC : fonction d'autocorrélation.

FP : Facebook prophète.

HOLT : lissage exponentielle de Holt-Winter.

IQR: Ecart interquartile.

KPSS: test Kwiatkowski, Phillips, Schmidt et Shin...

LED : lissage exponentiels double.

LES : lissage exponentiels simple.

MAE : l'erreur absolue moyenne.

MAP : l'écart absolu moyen.

MAPE : l'écart absolu moyen pourcentage.

MCO : Moindre carré ordinaire.

MSE : l'erreur quadratique moyenne.

ONP : Office National des ports.

P : termes autorégressif(AR).

PACF : fonction d'auto corrélation partielle.

PP : Test de philips-perron.

q : termes des moyenne mobile(MA).

RSE : Responsabilité social et environnementale.

SARIMA : Processus ARIMA saisonnier.

SC : le critère de Schawaz.

SO.NA.MA : Société National de Manutention.

SPA : Société par action.

TS : trend stationnaires, qui représente une non-stationnarité d'une nature déterministe.

Sommaire :

DEDICACE

REMERCIEMENT

LISTE DES ABREVIATIONS

INTRODUCTION GENERALE..... 1

CHAPITRE I : PRESENTATION GENERALE DE PORT DE BEJAIA (L'EPB)..... 4

Introduction de chapitre I : 4

Section 1 : Présentation de l'entreprise portuaire de Bejaia 4

Section 02 : Missions & activités de l'entreprise 11

Conclusion de chapitre I : 17

**CHAPITRE II : LES MODELES QUANTITATIFS POUR LES PREVISIONS DES
SERIE TEMPORELLES 18**

Introduction de chapitre II : 19

Section 1 : Les Approches quantitative de la modélisation et la prévision..... 19

Section02 : la prévision des séries temporelle..... 26

Conclusion du chapitre II : 38

**CHAPITRE III : ANALYSE APPROFONDIE ET PREVISION DES SERIE
TEMPORELLES..... 39**

Introduction de chapitre III : 40

Section 1 : Présentation de la série. 40

Section 2 : Les teste d'autocorrélation..... 44

Conclusion de Chapitre III : 51

CONCLUSION GENERALE : 53

Annexe :

BIBLIOGRAPHIE..... 64

LISTE DES FIGURES :	65
----------------------------------	----

LISTE DES TABLEAUX :	66
-----------------------------------	----

Table des matières

Résumé

Introduction Générale

Introduction Générale :

Le commerce international est un pilier fondamental de l'économie algérien et les ports maritimes jouent un rôle essentiel dans sa facilitation. L'Algérie pays d'Afrique du nord bordé par la mer méditerranée possède un littoral de plus de 1200KM parsemé de nombreux ports maritimes. Ces ports constituent des maillons essentiels de l'économie algérienne ils sont importants dans le commerce extérieur, l'approvisionnement du pays et le transport de passagers. Parmi ces ports il y a le port d'ORAN, d'ANNABA et de SKIKDA qui sont des ports commerciaux, et d'autres ports qui sont spécialisés dans l'exportation des hydrocarbures comme les ports ARZAW, SKIKDA et BEJAIA. Il y en a d'autres qui sont destinés à d'autres activités comme la pêche, la plaisance et pour la navigation et les activités nautiques.

Le port de Bejaia est considéré comme un grand port en tirant d'eau 10 à 12 M et la profondeur des bassins d'Avant-port entre 10.5 M et 13.5M et pour le bassin du vieux port sa superficie de 25 hectares et sa profondeur varie entre 8 et 9 m, pouvant recevoir des grands navires et pétroliers (navires panamax et post panamax)¹. Il est un port pétrolier important dans le bassin méditerranéen qui est relié par des pipelines (gazoducs et oléoducs) aux champs pétroliers de Hassi-Massoud sud du pays. Le port de Bejaia en matière d'activités est le troisième après d'Alger et Oran, traitant une variété de marchandises notamment des conteneurs du trafic de passagers, des rouliers, des vraciers² ... et de marchandises générales. Les principales matières importées/exportées sont constituées de produits agricoles alimentaires, des céréales des hydrocarbures. La grande part des produits exportés comprend le pétrole brut.

Dans ce contexte, une étude analytique et prévisionnelle des exportations et des importations est un élément crucial pour comprendre la dynamique du commerce régional. Raison pour laquelle nous essayons d'apporter des outils techniques et théoriques en avançant la question principale suivante :

- Quelle est la structure et les tendances de l'activité import-export, au port de Bejaia ?

¹)un navire panamax: est un bateau conçu pour pouvoir passer par les anciennes écluses de canal de panama il respecte des dimensions maximales 294 mètres de long 32,3M de large de tirant d'eau de 12,5M.

Un navire post-panamax: est le plus grand que ces limites et ne pouvait pas traverser le canal avant l'élargissement en 2016.

²) Le vracier se réfère au lieu où les bateaux s'abritent (port maritime, fluvial)

Pour apporter une réponse à cette question fondamentale, nous essayons de l'articuler en des questions secondaires :

- ✓ Quelle est la situation des activités export et import et leur effets ?
- ✓ Quel sont les outils théorique et technique pour modéliser une séries temporelle ?
- ✓ Que ment ridoir les résultats Amérique de chaque modèle et comment commentées ces valeur ?
- H1 : Les modèles de prévision économique permettent d'anticiper les tendances de trafic portuaire en intégrant les structurelles ainsi que les déterminants économique de l'activité portuaire.
- H2 : Les prévisions du trafic portuaire peuvent contribue a à la planification du développement portuaire à l'élaboration de politique commerciales et à la prise de décision d'investissement.

Pour répondre à la problématique, nous allons adopter une approche économétrique et analytique en commençant par une analyse descriptive des données et après d'essayer d'élaborer un modèle prévisionnelle, dont l'estimation sera effectuée sous le logiciel R.

Pour l'organisation du travail, nous allons répartir le contenu de ce travail de mémoire sur trois chapitres. Dans le premier chapitre nous présenterons l'activité portuaire de notre lieu de stage, le port de Bejaia, à commencer par une présentation de l'EPB dans la première section et après dans la deuxième section les activités de l'entreprise. Le deuxième chapitre sera consacré à la présentation de l'approche théorique pour construire un modèle prévisionnel. Cette présentation de l'approche nécessitera une introduction à l'analyse des séries temporelles (définition, les composantes,...etc.) dans la première section, et une présentation des principaux modèles classiques (ARIMA, le lissage exponentiel) et un modèle moderne (Facebook *prophet*) dans la deuxième section. Le dernier chapitre sera exclusivement pratique, en utilisant les modèles présentés dans le deuxième chapitre et en adoptant une méthodologie économétrique qui consiste à décrire la série, la tester et estimer les paramètres. Nous terminons notre travail par une conclusion qui comprendra des éléments de réponse à notre questionnement, et des éventuelles recommandations.

Chapitre I : Présentation générale de port de Bejaia (L'EPB)

Chapitre I : Présentation générale de port de Bejaia (L'EPB).**Introduction :**

L'entreprise portuaire de Bejaia (EPB) est bien plus qu'un simple point de transit pour les marchandises. Elle est le cœur battant de l'économie de la région, un carrefour où convergent les flux commerciaux de toute la Méditerranée. L'EPB est une véritable locomotive économique, un symbole de dynamisme et de modernité, un port entre l'Algérie et le reste du monde.

Section 1 : Présentation de l'entreprise portuaire de Bejaia.**1. Historique de l'EPB :**

Un port c'est un lieu qui sert d'abri aux navires et qui permet aux marchandises et aux Personnes de transiter et de circuler, c'est au port aussi que le transport maritime est très souvent perpétué par les autres modes de transport.

L'importance d'un port est tributaire de la quantité, de la qualité et de la valeur des marchandises qui y transitent.

L'importance d'un port se mesure aussi par la qualité de ses infrastructures et superstructures, de même que par ses installations et ses équipements.

Par infrastructures, il faut entendre le plan d'eau, les quais, les jetées, le terre-plein, les voies...

Par superstructures, les bâtiments et locaux administratifs, hangars, magasins... Par installations, les silos, cales de halage, formes de radoub, chais à vin...

Par équipements, les grues, les chariots élévateurs, les tracteurs, portiques...

D'autres facteurs non moins importants peuvent avoir un impact considérable sur l'activité d'un port, tels que sa situation géographique, le niveau des droits prélevés, l'efficacité de sa gestion, les disponibilités et les qualifications de la main-d'œuvre, les moyens de communication avec l'arrière-pays (hinterland). (L'EPB, 1982)

1-1 Présentation générale de l'entreprise portuaire de Bejaia :

Le port de Bejaia joue un rôle très important dans les transactions internationales vu sa place et sa position géographique en méditerranée.

Au cours de l'année 2010, il s'est hissé à la 1^{ère} place d'Algérie en marchandises générales et la 3^{ème} place en pétrole. Il est également le 1^{er} port du bassin méditerranéen certifié ISO 9001.2000 pour l'ensemble de ses prestations, et à avoir ainsi installé un système de

management de qualité. Cela constitue une étape dans le processus d'amélioration continue de ses prestations au grand bénéfice de client.

L'entreprise portuaire a connu d'autre succès depuis, et certifiée notamment à la norme ISO 14001 : 2004 et ou référentiel OHSAS 18001 : 2007, respectivement pour l'environnement et Hygiène et sécurité au travail. (L'EPB, 1982)

1-2 Histoire de la ville et du port :

Au cœur de l'espace méditerranéen, la ville de Bejaia possède de nombreux sites naturels et vestiges historiques, datant de plus de 10 000 ans, ainsi qu'une multitude de sites archéologiques, recelant des trésors anciens remontant à l'époque du néolithique.

Bejaia joue un grand rôle dans la transmission du savoir dans le bassin méditerranéen. Grâce au dynamisme de son port, la sécurité de la région, la bonne politique et les avantages douaniers, Bougie a su attirer beaucoup de puissants marchands.

Dans l'antiquité, Amsyouen, habitants des flans surplombant la côte, ne fréquentaient la côte que pour pêcher. Les premières nefes qui visitèrent nos abris naturels furent phéniciennes, ils y installèrent des comptoirs.

La Saldae romaine leur succéda, et devint port d'embarquement de blé. Ce n'est qu'au 11ème siècle que la berbère Begaïeth, devenue Ennaciria, prit une place très importante dans le monde de l'époque. Le port de Bejaia devint l'un des plus importants de la Méditerranée, ses échanges étaient très denses L'histoire retiendra également à cette époque, que par Fibonacci de Pise, fils d'un négociant pisan, s'étendirent dans le monde à partir de Bejaia, les chiffres aujourd'hui universellement utilisés.

La réalisation des ouvrages actuels du port débuta en 1834, elle fût achevée en 1987. C'est en 1960 que fût chargé le 1^{er} pétrolier au port de Bejaia. (L'EPB, 1982)

2-Création de l'EPB :

Le décret n° 82-285 du 14 Août 1982 publié dans le journal officiel n° 33 porta création de l'Entreprise Portuaire de Bejaia ; entreprise socialiste à caractère économique, conformément aux principes de la charte de l'organisation des entreprises, aux dispositions de l'ordonnance n° 71-74 du 16.

Novembre 1971 relative à la gestion socialiste des entreprises et les textes pris pour son application à l'endroit des ports maritimes.

L'entreprise, réputée commerçante dans ses relations avec les tiers, fut régie par la législation en vigueur et soumise aux règles édictées par le susmentionné décret.

Pour accomplir ses missions, l'entreprise est substituée à l'Office National des Ports (ONP), à la Société Nationale de Manutention (SO.NA.MA) et pour partie à la Compagnie Nationale Algérienne de Navigation (CNAN).

Elle fut dotée par l'État, du patrimoine, des activités, des structures et des moyens détenus par l'ONP, la SO.NA.MA et de l'activité Remorquage, précédemment dévolue à la CNAN, ainsi que des personnels liés à la gestion et aux fonctionnements de celles-ci.

En exécution des lois n° 88.01, 88.03 et 88.04 du 02 Janvier 1988 s'inscrivant dans le cadre des réformes économiques et portant sur l'autonomie des entreprises, et suivant les prescriptions des décrets n°88.101 du 16 Mai 1988, n°88.199 du 21 Juin 1988 et n°88.177 du 28 Septembre 1988, l'Entreprise Portuaire de Bejaia; entreprise socialiste; est transformée en Entreprise Publique Économique, Société par Actions (EPE-SPA) depuis le 15 Février 1989, son capital social fut fixé à Dix millions (10.000.000) de dinars algérien, actuellement, il a été augmenté à 3.500.000.000 de DA. (L'EPB, 1982)

2.1 Situation Géographique :

Le port de Bejaïa est situé à une Latitude Nord 36°45'24" et une longitude Est 05°05'50". Son positionnement au cœur de la méditerranée occidentale et au centre de la côte algérienne présente une originalité économique et une place de choix sur les routes maritimes. Le port de Bejaia jouit d'une situation géographique privilégiée. Bien protégé naturellement, sa rade est l'une des plus sûres.

L'hinterland direct du port de Bejaia, et qui s'étend sur un rayon de 250 Km, compte un peu plus de 12 millions d'habitants, répartis sur 10 wilayas ou départements. C'est la zone la plus dense en matière de branches d'activités économiques, tant industrielles que commerciales, et plusieurs projets d'envergures nationales sont en cours de réalisation ou projetées dans le cadre d'un plan national global de développement. L'hinterland segmenté en trois zones principales, la zone de l'Algérois, la zone des hauts plateaux et la zone de la SOUMMAM, compte plusieurs zones industrielles et zones d'activité dont les plus importantes sont : les zones de Rouïba, Réghaia et Corso dans le segment de l'Algérois, les zones industrielles de Sétif, El-Eulma, M'sila et Borj BouArréridj dans le segment des hauts plateaux et les zones industrielles d'Akbou, d'EL, Kseur, et de Bejaia dans le segment de la SOUMMAM.

La ville et le port de Bejaia disposent de ce fait de dessertes routières reliant l'ensemble des villes du pays, de voies ferroviaires et d'un aéroport international.

Le port est situé dans la baie de la ville de Bejaia, le domaine public artificiel maritime et portuaire est délimité suite à l'arrêté n°93/1015/DRAG, de Monsieur le Wali de Bejaia, ainsi :

- ✓ Au nord par la route nationale n°9.
- ✓ -Au sud par les jetées de fermeture et du large sur une longueur de 2.750 m
- ✓ A l'est par la jetée Est
- ✓ A l'ouest par la zone industrielle de Bejaia.

(L'EPB, 1982)

3- Les infrastructures et les terminaux de L'EPB (L'EPB, 1982):

Le port s'étale sur une superficie totale de 79 hectares. Sa surface d'entreposage s'étale sur 410.000 m² dont 17.500 m² couverts. Il dispose de 3575 ml de quai, répartis entre 16 postes à quai pour navires de marchandises générales, 03 postes à quai pour navires pétroliers, 01 poste gazier et un dock flottant pour la réparation naval d'une capacité de 15000 tonnes.

3-1 Les terminaux :

3-1-1 Terminal à conteneurs :

Le terminal à conteneurs est exploité depuis juillet 2005 par une nouvelle entité BMT (Bejaia méditerranéen Terminal). C'est le seul terminal algérien à disposer de portiques de quai pouvant traiter les navires post panamas. Le terminal dispose également de sa propre structure douanière (guichet unique).

3-1-2 Terminal à Bois :

Le terminal dispose de sa propre surface d'entreposage ainsi que d'un guichet unique. Lest dote d'équipements performants et parfaitement adaptés à ce type de marchandise. Les nouvelles grues à palonniers, permettent de traiter dix fardeaux en même temps et de réduire la durée de séjour à quai des navires, tout en réduisant le risque d'endommagement de la marchandise. L'EPB de cette manière, a consolidé sa part de marché et sa position de leader sur le produit Bois et offre un service de meilleure qualité à sa clientèle, qui compte d'importantes entreprises du Bâtiment et Travaux Publics, très exigeantes et pointilleuses en matière de qualité de service.

Caractéristiques :

- Superficie du terminal : 7 hectares
- Capacité totale : 19.300 fardeaux gerbés sur 04 niveaux

3-1-3 Terminal divers :

Doté en moyens matériels et humains au même titre que les autres terminaux, on y traite les divers produits de conditionnements hétérogènes (Gros colis, big bag, ballots, palettes...).

Caractéristiques :

- 07 postes à quai
- Emplacement : quai de la Casbah et quai de la gare
- Tirant d'eau maximum autorisé : 10m
- Surfaces d'entreposage : 50.218 m²

3-1-4 Abri papier :

Il est d'une superficie de 1.200 mètres carrés, spécialement aménagé pour accueillir des bobines de papier de grands et petits formats, d'en garantir la sécurité et la qualité grâce à la manipulation de ces cargaisons par des moyens adéquats dans un environnement sec, propre et sécurisé. Les capacités de cet abri sont estimées à 1.528 unités au sol, avec une possibilité de gerbage sur 2 mètres de hauteur.

Caractéristiques :

- Emplacement : A l'entrée du poste 19.
- Surface totale : 1286 m²
- Capacité commerciale au sol : 1528 unités
- Hauteur de gerbage : 2 niveaux

3-1-5 Centre de Transit des Marchandises Dangereuses «CTMD » :

Unique en Algérie, le CTMD est dédié au stockage, dans les meilleures conditions de sécurité, de toutes les marchandises classées dangereuses.

Caractéristiques :

- Surface totale : 7000 m²
- Nombre de hangars : 06 sur une surface de 1440 m²
- Emplacement : Nouveau quai (poste 20)

3-1-6 Terminal roulier :

Il permet la réception des matériels roulants (Véhicules touristiques, utilitaires et de transport public, engins de Travaux publics, Engins d'exploitation ferroviaire, etc.).

Caractéristiques :

- Emplacement : poste 18
- Superficie du parc : 13.000 m²

3-1-7 Terminal céréalier :

L'EPB, occupant la première position pour ce qui est du trafic céréalier, l'activité est dotée d'équipements les plus performants sur le marché ; qui ont fait que les rendements de la manipulation des céréales sont passés de 50T/heure à 750T/heure. L'EPB peut ainsi traiter de gros céréaliers de 60,000 tonnes.

Caractéristiques :

- 400 ml de quai avec 03 quais favorisés
- Emplacement : Quai Sud-Ouest/Quai de la gare et Nouveau Quai
- Tirant d'eau maximum autorisé : 10 m à 11,50 m

NB : Vu la densité de ce trafic, les navires céréaliers peuvent être affectés à d'autres postes à quai que ceux cités ci-dessous.

3-1-8 Installations :**Silos OAIC :**

- Emplacement : poste 17
- Capacité : 30.000 tonnes

Silos CEVITAL :

- Emplacement : Nouveau Quai

- Capacité : 120.000 tonnes

3-1-9 Terminal pétrolier :**Caractéristiques :**

- 770 ml de quai avec 03 postes à quai spécialisés
- Emplacement : Avant-Port
- Tirant d'eau maximum autorisé : 13,50 m
- Capacité de chargement : 16,8 millions de tonnes
- Une station SPM/ sea-line pour le chargement des navires de grande capacité entre 80.000 DWT et 320.000 DWT avec un débit de 10.000 m³/heure.

3-2 Les zones extra-portuaires :

La stratégie adoptée par le port de Bejaia consiste à jouer un rôle de pivot, sur le plan logistique dans le développement économique des régions constituant son Hinterland. Le développement des plateformes logistiques répond à cette ambition et s'intègre parfaitement dans cette stratégie. Il en est ainsi des projets de création des plateformes logistiques de TIXTER et d'Ighil Ouberouak.

3-2-1 Zone logistique de Tixter :

Tixter est située à environ 190 Km du port de Bejaia, dans la Daïra de Ain Taghrout, Wilaya de Bordj Bou Arreridj. Cette infrastructure d'une superficie de 20 hectares, extensibles à 50 hectares.

3-2-2 Zone logistique d'Ighil Ouberouak :

Sis à environ 5 KM au Sud Est du port, et d'une superficie de 48 560 m², ce site a une capacité spatiale de 1 040 EVP et une capacité commerciale de 19 000 EVP. Il est constitué de plusieurs parties et essentiellement de deux hangars de 10 200 m² et 750 m², et de deux entrées principales, dont l'une d'elles est reliée à la RN 09. (L'EPB, 1982)

4- La gestion des domaines portuaires :**4-1 Accès du port :**

Le Port de Bejaia est accessible par un chenal extérieur large de 320 m et draguée à 13,50 m. Les navires de marchandises générales accèdent aux bassins du vieux port et de l'arrière port par le biais de deux passes, respectivement la passe Abdelkader, large de 110 m et draguée à 12 m et la passe de la Casbah (entre le vieux port et l'arrière port), large de 125 m et draguée à 12 m.

4-2 Bassins du port :

Le port est composé de trois bassins :

- ✓ Bassin de l'Avant-Port : sa superficie est de 75 hectares et ses profondeurs varient entre 10,5 m et 13,5 m. Disposant d'installations spécialisées, l'avant-port est destiné à traiter les navires pétroliers.
- ✓ Bassin du Vieux Port : sa superficie est de 26 hectares et ses profondeurs de quai varient entre 6 et 8 m.
- ✓ Bassin de l'Arrière Port : Sa superficie est de 55 hectares et ses profondeurs varient entre 10,5 m et 12 m.

4-3 Mouillage :

Connue pour être l'une des meilleures de la côte algérienne, la rade de Bejaia offre d'excellentes potentialités en matière de protection et des fonds propices à un bon mouillage, avec des profondeurs allant de 10 m à plus de 20 m. Abritée de tous les vents sauf du Nord Est à l'Est, la rade est limitée par une ligne imaginaire s'étendant du Cap Carbon au Cap Aokas. Pour les pétroliers, la zone de mouillage est située à l'Est de l'axe du chemin d'accès. (L'EPB, 1982)

Section 02 : Missions & activités de l'entreprise :**1- Les Missions :** Elle a pour missions :

- Organisation de l'accueil des navires
- Aide à la navigation (Pilotage des navires)
- Activité d'aconage (entreposage et livraison des marchandises à l'import et l'export).
- Transit des passagers et de leurs véhicules.
- Gestion et développement du domaine portuaire.
- Prise en charge des cargaisons à l'embarquement / débarquement et pré-évacuation.
- Assurer une disponibilité permanente des moyens humains et matériels.
- Améliorer en continu les performances (humaines, matérielles et budgétaires).
- Rentabiliser au maximum les infrastructures et superstructures portuaires.
- Gérer les systèmes de management de la qualité, de l'environnement, de la santé et sécurité.(L'EPB, 1982)

2- Les visions :

1. Piloter le développement du port en augmentant le trafic et les parts de marché.
2. Créer de la valeur ajoutée.
3. Offrir des installations compétitives, sécuritaires et de classe mondiale.
4. Satisfaire pleinement les besoins et les attentes de nos clients.
5. Garantir la fiabilité de nos services pour contribuer à la compétitivité des clients.
6. Devenir un incontestable pôle logistique.
7. Motiver et valoriser les salariés et prendre des engagements envers eux, car ils sont notre principal atout.
8. Être un port novateur qui anticipe les besoins de ses clients, en créant des services à valeur ajoutée en matière de logistique et de transport.

(L'EPB, 1982)

3- Les valeurs :

1. Valorisation et engagement des potentiels.
2. Gestion éthique et professionnelle.
3. Orientation et efficience vers le client.
4. Responsabilité sociale et environnementale (RSE).

(L'EPB, 1982)

4- Les activités : Les principales activités de l'entreprise sont :

- **L'acheminement des navires de la rade vers le quai :** Dans certains cas exceptionnels, d'arrivée massive en rade, les navires restent en attente dans la zone de mouillage (rade) jusqu'à obtention de l'autorisation de rejoindre un poste à quai. Cette dernière est délivrée après une conférence de placement qui se tient quotidiennement au niveau de la Direction Capitainerie.
- **Le remorquage :** Il consiste à tirer ou à pousser le navire, pour effectuer les manœuvres d'accostage, de déhalage ou d'appareillage du navire. Il consiste

également à effectuer les opérations de convoyage et d'aide dans l'exécution d'autres manœuvres.

- **Le pilotage** : Il est assuré de jour comme de nuit par la Direction Capitainerie et est obligatoire à l'entrée et à la sortie du navire. Il consiste à assister le commandant dans la conduite de son navire à l'intérieur du port.
- **Le lamanage** : Il consiste à amarrer ou désamarrer le navire de son poste d'accostage.
- **Les opérations de manutention et d'acconage pour les marchandises** : elles consistent en :
 - Les opérations d'embarquement et de débarquement des marchandises.
 - La réception des marchandises.
 - Le transfert vers les aires d'entrepôt, hangars et terre-pleins, ports secs.
 - La préservation ou la garde des marchandises sur terre-pleins ou hangar et hors port.
 - Pointage des marchandises.

D'autres prestations sont également fournies aux navires et aux clients tels :

- Enlèvement des déchets des navires et assainissement des postes à quai.
- Pesage des marchandises (ponts bascules).
- Location de remorqueurs ou vedettes (pour avitaillement des navires, transport de l'assistance médicale, assistance et sauvetage en haute mer).

(L'EPB, 1982)

5- Organisation de l'entreprise :

Des ajustements ont été apportés à l'organisation actuelle par la fusion, la suppression ainsi que la création de certaines directions.

Vu la mise en place de cette nouvelle organisation, des décisions de mobilité ont été établies au profit du personnel concerné ; d'où la nécessité d'actualiser les fiches emplois avant de procéder à leur diffusion.

5-1 Direction Générale :

a- Direction Générale Adjointe Fonctionnelle : qui comporte :

a-1 Direction des Ressources Humaines :

La Direction des Ressources Humaines, rattachée à la Direction Générale Adjointe Fonctionnelle, comporte trois (03) départements ; à savoir :

1. Département Ressources Humaines et Développement,
2. Département Gestion Administration du Personnel,
3. Département Moyens Généraux.

a-2 Direction Digitalisation :

La Direction des Systèmes d'information est, désormais, dénommée Direction Digitalisation, rattachée à la Direction Générale Adjointe Fonctionnelle.

La Direction comportera trois (03) départements :

1. Département Numérique,
2. Département Génie Logiciel,
3. Département Infrastructures et Systèmes.

a-3 Direction des Finances et Comptabilité :

La Direction des Finances et comptabilité comprend deux (02) départements :

1. Département Finances,
2. Département Comptabilité générale.

a-4 Direction du Système de Contrôle Interne :

La Direction du Système de Contrôle Interne comprend trois (03) services :

1. Service Audit Interne,
2. Service Management des Risques,
3. Service Contrôle de Gestion.

a-5 Direction Juridique :

La Direction Juridique comprend trois (03) départements :

1. Département Affaires Juridiques,
2. Département Marchés,
3. Département Domaine,

a-6 Direction Commerciale :

La Direction Commerciale comprend trois (03) départements :

1. Département Relations Clients,
2. Département Facturation et Recouvrement,
3. Département Etudes et Planification,

a-7 Cellule Système de Management Intégré :

b- Direction Générale Adjointe Opérationnelle : qui comporte :

b-1 Direction Exploitation :

La direction est composée de trois (03) départements :

1. Département des Operations,
2. Département Logistique Extra portuaire de TIXTER,
3. Département Logistique Extra portuaire d'IGHIL OUBEROUAK,

b-2 Direction Travaux et Développement :

Cette Direction comporte deux (04) départements ; à savoir :

1. Département Entretien et Assainissement,
2. Département Projets et Ingénierie,

b-3 Direction Maintenance :

Cette Direction comporte deux (02) départements ; à savoir :

1. Département Maintenance Engins.
2. Département Maintenance Navale.

b-4 Direction Capitainerie :

Cette Direction comporte deux (02) départements ; à savoir :

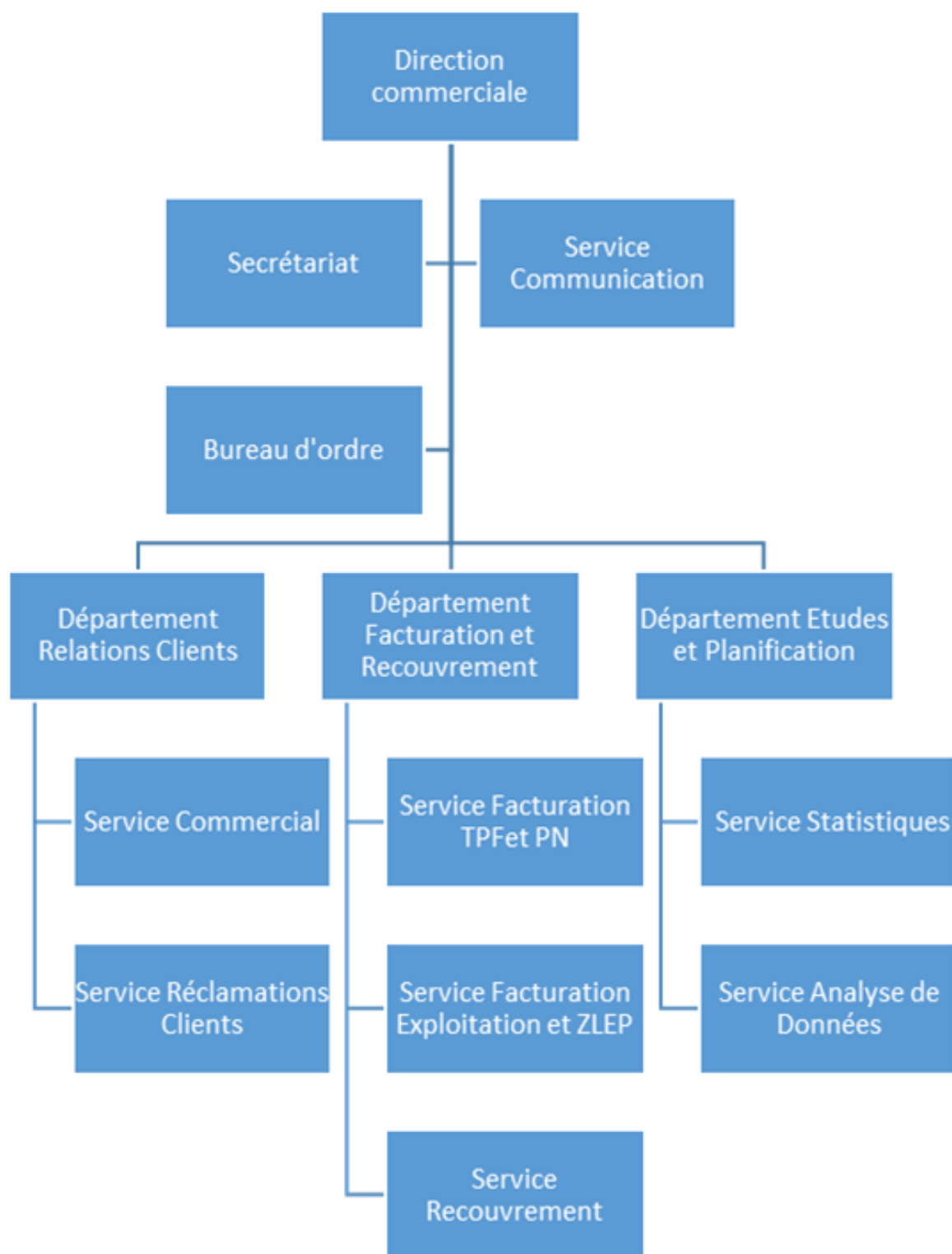
1. Département Pilotage.
2. Département Police et Sécurité.

b-5 Direction Remorquage :

La Direction Commerciale comprend un (01) département :

1. Département Armement. (L'EPB, 1982)

Figure 1 : ORGANIGRAMME DE LA DIRECTION COMMERCIALE.



Source : le document du port de Bejaia.

Conclusion de chapitre I :

À l'issue de l'ensemble des recherches menées durant ce stage au sein de l'entreprise Portuaire de Bejaïa, il ressort que le port de Bejaïa occupe une position stratégique dans l'économie algérienne. Il représente un maillon essentiel du commerce extérieur, notamment dans le domaine des importations de produits céréaliers tels que le soja, le blé, le maïs et l'orge. Son rôle est déterminant pour l'approvisionnement national et Régional il dispose d'un fort potentiel de développement à valoriser.

Chapitre II : Les modèles quantitatifs pour les prévisions des série temporelles

Chapitre II : Les modèles quantitatifs pour les prévisions des séries temporelles.**Introduction :**

Ce chapitre vise à introduire la série temporelle représentative d'un phénomène économique analysé (ou bien étudié). Après une définition théorique d'une série temporelle, nous présentons les principales composantes d'une série : tendance, saisonnalité, cycles et les résidus (les perturbations). Cette présentation va nous permettre d'introduire les principales méthodes de prévisions : des méthodes basées sur le lissage exponentiel (LES, LED), la méthode ARIMA et la méthode Facebook prophet.

Section 1 : Les Approches quantitative de la modélisation et la prévision :**1. Concepts de base :**

Les séries temporelles chronologiques ou bien chroniqué est une suite d'observations chiffrées d'un même phénomène ordonnée dans le temps ($x_1, x_2, \dots, x_n$) en générale les séries temporelle sont, mensuelle ($p=12$), trimestrielle ($p=4$), semestrielle ($p=2$) et annuelle ($p=1$). Cette série se présente graphiquement pour la présentation des points (t, y_t) en mettant le temps en abscisse et les valeurs d'observation(n) en ordonnée qui s'appelle la ligne chronologique considérée dans la série. (OUBELGHA, 2023/2024)

1.1-Décomposition d'une série temporelle :

Le but de la décomposition de la série temporelle est mieux comprendre la structure et le comportement des données de la série et distinguer son évolution. Le composant d'une série chronologique (temporelle). (OUBELGHA, 2023/2024)

- La tendance (T_t) : Censée décrire le mouvement de long terme, de fond ou encore structurel du phénomène. Ce mouvement est traditionnellement représenté par des formes analytiques simples : (polynomiales, logarithmique, exponentielles,...). C'est ainsi qu'en économie la tendance contient des cycles longs de Kondratieff (cycle aperiodique de 40 à 60 ans), de Kuznets (20ans), des cycles de Juglar (cycle de crise de 10ans)... (Régis Bourbonnais, Analyse des séries temporelles, 2010)
- La composante cyclique (C_t) : En conjonction, elle est représentée par le cycle de Kitchin d'une période de 3 à 5ans. Dans la plupart des travaux sur les séries temporelles, la tendance et le cycle sont regroupés en une seule composante appelée l'extra-saisonnier E_t ; (Régis Bourbonnais, Analyse des séries temporelles, 2010)

- La composante saisonnière (S_t) : composante cyclique relativement régulière de période intra-annuelle et qui correspond souvent à des phénomènes de mode, de coutume, de climat...; (Régis Bourbonnais, Analyse des séries temporelle , 2010)
- La composante résiduelle (R_t) : elle rassemble tout ce que les autres composantes n'ont pu expliquer du phénomène observé. Elle contient donc de nombreuses fluctuations, en particulier accidentelles ; dont le caractère est exceptionnel et imprévisible (catastrophes naturelles, guerres...). (Régis Bourbonnais, Analyse des séries temporelle , 2010)

Remarque : ces différentes composantes s'entendent pour des séries économiques, le plus souvent, mensuelles ou trimestrielles liées à la conjoncture. Dans le domaine de l'entreprise.

La technique de décomposition reconstitution repose, bien évidemment, sur un modèle qui l'autorise. Ce modèle porte le nom de schéma de décomposition.

- Il existe essentiellement trois grands types :
 - Le schéma additif : qui suppose l'orthogonalité (indépendance) des différentes composantes

Il s'écrit : $x_t = E_t + S_t + R_t$

Dans ce schéma la saisonnalité est rigide en amplitude en période.

- Le schéma multiplicatif :

Il s'écrit : $x_t = E_t \times S_t + R_t$

Dans lequel le composant saisonnier est lié à l'extra-saisonnier (saisonnalité souple avec variation de l'amplitude au cours du temps).

- Le schéma multiplicatif complet : $x_t = E_t \times S_t \times R_t$

Interaction générale des trois composantes. Il est actuellement le plus utilisé en économie il est comme le logarithme de la chronique conduit au schéma additif. (Régis Bourbonnais, Analyse des séries temporelle , 2010)

1.2-Analyse de la composante :

- Ajustement de la tendance : pour ajuster la tendance d'une série chronologique on utilise la méthode de moindres carrés ordinaires MCO qui permet de faire ressortir la tendance générale de la série on note ; (OUBELGHA, 2023/2024)

t : la variable représentant le temps et X_t : la variable représentant la phénomène étudiée

✓ L'équation de la droite de moindres carrées ordinaire s'écrit comme suite :

$$X_t = \beta_0 + \beta_1 t + \varepsilon_t$$

$$\hat{\beta}_1 = \frac{\sum_{t=1}^n (X_t - \bar{X})(t - \bar{t})}{\sum_{t=1}^n (t - \bar{t})^2}, \quad \hat{\beta}_0 = \bar{X} - \hat{\beta}_1 \bar{t}$$

✓ Et la prévision pour un horizon de h période noté :

$$\widehat{X_{t+n}^p} = \widehat{\beta_0} (t+n)$$

- La saisonnalité et les coefficients saisonniers : les coefficients saisonniers permettent de faire des prévisions sur des séries saisonnières :

✓ Premièrement on calcule des coefficients saisonniers sur la base des séries ajustées de la valeur observée (on calcule les coefficients saisonniers et on fait la moyenne pour chaque sous-période identique).

✓ Deuxièmement on fait la prévision tenant compte de la saisonnalité les données futures obtenus par la droite d'ajustement sont dessaisonnalisées aux coefficients saisonniers. (OUBELGHA, 2023/2024)

$$X_t \begin{cases} 1 \\ 2 \\ 3 \end{cases} \rightarrow \widehat{X_t} = \hat{\alpha} + \hat{\beta}_t \begin{cases} \text{additif} \\ \text{multiplicatif} \end{cases}$$

➤ Additif : $S_j = X_t - \widehat{X_t}$ c'est la méthode de la différence à la tendance

$$\text{Si : } \sum_{j=1}^p \quad , \quad \text{Si } = 0 \quad , \quad S_j = s_j^*$$

$$\text{Si : } \sum_{j=1}^p \quad , \quad S_{j+0} \rightarrow S_j^* = S_j - \bar{s}$$

Si : les coefficients saisonnier et S_j^* c'est un coefficient saisonnier corrigés

➤ Multiplicatif : $s_j = \frac{X_t}{\widehat{X_t}}$ c'est la méthode des rapports à la tendance

$$\text{Si : } \sum_{j=1}^p = p \quad \text{et} \quad S_j = s_j^*$$

$$\text{Si : } \sum_{j=1}^p \neq p \quad \text{et} \quad s_j = \frac{s_j}{\bar{s}} \quad \text{avec} \quad \bar{s} = \sqrt[p]{\prod_{j=1}^p s_j}$$

2- Propriété des séries temporelle :

2.1 / La Modélisation :

Un modèle définit le mécanisme par lequel les observations sont construites.

Soit le modèle simple de moyenne mobile d'ordre 1, dénoté par MA (1) :

$$Y_t = \varepsilon_t + \theta \varepsilon_{t-1} \dots \dots \dots [2.1]$$

Où ε_t est un bruit blanc. Un ensemble particulier de valeurs de $\varepsilon_0, \varepsilon_1, \dots$,

ε_T Résultent en une série correspondante d'observation $Y_1, \dots, Y_T$, par conséquent, si on prend un autre ensemble de valeurs des (ε_t) on aura une différente série d'observation de (Y_t) et donc l'équation ci-dessus peut engendrer une infinité de réalisations sur la période $t = 1, \dots, T$.

A l'instant t on a $\mu_t = E(Y_t)$ qui est la valeur moyenne de Y_t prise sur toutes les réalisations possible. La variabilité d'est Y_t est mesurée par son écart-type ou par autre mesures de dispersion.

La covariance entre 2 observations distantes de s période est égale à :

$$\text{cov}(y_t, y_{t-s}) = E(y_t - \mu_t)(y_{t-s} - \mu_{t-s}), t = s+1, \dots, T.$$

Si plusieurs réalisations sont possibles alors on obtient :

$$\hat{\mu}_t = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n y_t(j), \text{ c'est-à-dire la } j\text{ième observation du processus } [2.1]$$

Cependant, dans les études économiques et financières des séries temporelles, une seule réalisation sera possible. (Khedhiri, 2007)

2.2/ La stationnarité

Pour analyser la structure des observations du processus de (y_t) sur la période observée $t=1, \dots, T$ la condition que la moyenne soit indépendante de t , c'est-à-dire que $\mu_t = \mu$, doit être satisfaite pour qu'on puisse estimer μ par $\bar{X}$. (Khedhiri, 2007)

Définition1 : Stationnarité au sens large.

$E(y_t) = \mu$, $\text{Var}(y_t) = \sigma^2$ qui est une constante, et $\text{cov}(y_t, y_{t-s}) = \gamma(s)$ est aussi une constante. Sous ces conditions de stationnarité, les premiers moments de la chronique sont indépendants de t , qui est le cas typique d'un processus de bruit blanc.

Les paramètres sont estimés par :

$$\hat{\mu} = \frac{\sum y_t}{T} = \bar{y}.$$

$$C(0) = \frac{\sum (y_t - \bar{y})^2}{T}$$

$$\hat{\gamma}(s) = C(s) = \frac{1}{T} \sum_{t=s+1}^T (y_t - \bar{y})(y_{t-s} - \bar{y}), s = 1, 2, \dots$$

Dans la plupart des cas, les processus ergodiques sont stationnaires, à l'exception de quelques processus tels que les modèles cycliques comme dans l'exemple suivant :

$$z_t = \alpha \cos \lambda t + \beta \sin \lambda t, \lambda \in (0, \pi).$$

Définition 2 : Stationnarité au sens strict :

Pour avoir ce type de stationnarité, il faut que la loi de probabilité du processus, et par conséquent sa fonction de répartition $F(\cdot)$ ne change pas dans le temps. Cette condition est plus forte que l'hypothèse des moments invariants dans le temps.

$$\text{Stationnarité au sens stricte} \Rightarrow F(y_{t1}, y_{t2}, \dots, y_{tn}) = F(y_{t1+s}, y_{t2+s}, \dots, y_{tn+s}).$$

Remarque : stationnarité stricte $\Rightarrow$ stationnarité large, mais la réciproque nécessite l'hypothèse de la normalité des observations. (Khedhiri, 2007)

2.3 / La fonction d'autocorrélation :

Soit $\gamma(s)$ la covariance d'ordre s , définie par :

$$\gamma(s) = E(X_t - \mu)(X_{t-s} - \mu) = \text{Cov}(X_t, X_{t-s})$$

$$\text{La corrélation d'ordre } s \text{ est donnée par } \rho(s) = \frac{\gamma(s)}{\gamma(0)}$$

L'étude de la fonction d'autocorrélation (FAC) montre comment les observations du processus sont corrélées. Donc elle permet de voir l'évolution de $\rho(s)$ en relation avec s , le nombre des périodes (années, mois, etc.).

A titre d'exemple, soit $y_t = \varepsilon_t + \theta \varepsilon_{t-1}$, un processus MA (1), alors on obtient :

$$\rho(0) = \frac{\gamma(0)}{\gamma(0)} = 1, \text{ et de plus la moyenne est donnée par :}$$

$\mu = E(y_t) + \theta E(\varepsilon_{t-1}) = 0$, puisque $\varepsilon_t \rightarrow$ bruit blanc

La covariance d'ordre 0 (la variance) peut être calculée comme suit :

$$\gamma(0) = E(\varepsilon_t + \theta \varepsilon_{t-1}) (\varepsilon_t + \theta \varepsilon_{t-1}).$$

$$= E(\varepsilon_t^2) + \theta^2 E(\varepsilon_{t-1}^2) + 2\theta E(\varepsilon_t \varepsilon_{t-1}).$$

$$= \sigma^2 + \theta^2 \sigma^2 + 0$$

$$= (1 + \theta^2) \sigma^2.$$

La covariance d'ordre 1 est alors :

$$\gamma(1) = E(y_t y_{t-1}) = E(\varepsilon_t + \theta \varepsilon_{t-1}) (\varepsilon_{t-1} + \theta \varepsilon_{t-2}).$$

$$= E(\varepsilon_t \varepsilon_{t-1}) + \theta E(\varepsilon_t^2) + \theta E(\varepsilon_t \varepsilon_{t-2}) + \theta^2 E(\varepsilon_{t-1} \varepsilon_{t-2}).$$

$$= \theta E(\varepsilon_{t-1}^2) = \theta \sigma^2$$

On voit dans ce cas que $\gamma(s) = 0 \forall s > 1$, et donc le processus est stationnaire puisque ses moments sont indépendants de t .

Les coefficients d'autocorrélation sont calculés par : (khedhiri, 2007)

$$\rho(1) = \frac{\gamma(1)}{\gamma(0)} = \frac{\theta \sigma^2}{(1 + \theta^2) \sigma^2} = \frac{\theta}{1 + \theta^2}$$

Et $\rho(s) = 0 \forall s > 1$.

Remarquer que la fonction $\rho(s)$ détermine les coefficients (théoriques) de l'autocorrélation du processus. Cependant, en pratique il faut estimer ces coefficients inconnus par des coefficients d'autocorrélation empirique dénotés par $r(s)$, et des coefficients d'autocovariance empirique dénotés par $C(s)$. Ces coefficients sont définis comme suit : (Khedhiri, 2007)

$$r(s) = \frac{C(s)}{C(0)}, \text{ et } C(s) = \frac{1}{T} \sum_{t=1}^{T-s} (y_t - \bar{y})(y_{t+s} - \bar{y}), s \geq 0.$$

Lorsque $\rho(s)$ tend vers 0, la variance de $r(s)$ peut être approximée par, $\frac{1}{T} \left[1 + 2(\rho_1^2 \rho_2^2 + \dots + \rho_q^2) \right]$ pour des grandes valeurs de s , c'est-à-dire $s > q$.

On peut alors estimer cette variance par, $\text{Var}(r(s)) = \frac{1}{T} [1 + 2 \sum_{i=1}^s \rho_i^2], s > q$.

On rappelle l'usage de la notation des opérateurs pour les variables retardées.

Dans tous les chapitres de cet ouvrage on utilise (B) pour les opérateurs des variables retardées :

$$By_{t-1} - B^2 y_t = y_{t-2}, B^k y_t = y_{t-k}$$

Autres remarques : Soit le processus de moyenne mobile d'ordre infini $MA(\infty)$ donnée par :

$$y_t = \varepsilon_t + \phi \varepsilon_{t-1} + \phi^2 \varepsilon_{t-2} + \dots = \sum_{j=0}^{\infty} (\phi B)^j \varepsilon_t.$$

$$\text{Si } |\phi B| < 1, \text{ alors } \sum_{j=0}^{\infty} (\phi B)^j = \frac{1}{1-\phi B}$$

$$\text{Ainsi } y_t = \frac{\varepsilon_t}{1-\phi B} = \phi y_{t-1} + \varepsilon_t, \text{ ce qui résulte en un modèle AR (1).}$$

On peut conclure donc que le processus $MA(\infty)$ inversible admet une représentation autorégressive.

Soit $\Delta = 1 - B$. On définit les variables différenciées par :

$$\Delta y_t = (1-B) y_t = y_t - y_{t-1}$$

$$\Delta^2 y_t = (1-B)^2 y_t = y_t - 2y_{t-1} + y_{t-2}$$

Le processus ARMA (p, q) est représenté par :

$$y_t = \phi_1 y_{t-1} + \phi_2 y_{t-2} + \dots + \phi_p y_{t-p} + \varepsilon_t + \theta_1 \varepsilon_{t-1} + \dots + \theta_q \varepsilon_{t-q}.$$

Soit le polynôme en B, $\phi(B) = 1 - \phi_1 B - \phi_2 B^2 - \dots - \phi_p B^p$.

$$\theta(B) = 1 + \theta_1 B + \theta_2 B^2 + \dots + \theta_q B^q,$$

On obtient $\phi(B) y_t = \theta(B) \varepsilon_t$ (Khedhiri, 2007)

Section 02 : la prévision des séries temporelle :

1. Introduction à la prévision des séries temporelles :

On va voir comment obtenir des prévisions optimales avec des modèles ARMA en utilisant des procédures récursives qui consistent à employer les observations passées de la série temporelle pour la prévision. (Khedhiri, 2007)

1.1/ Estimation par le minimum de l'écart quadratique moyen :

On suppose qu'on a des observations de $\{y_t\}$ jusqu'à l'instant T. La prévision optimale de $\{y_t\}$ à l'horizon 1, c'est-à-dire la valeur de la prévision de y_{T+1} est donnée par la moyenne conditionnelle :

$$\tilde{y}_{T+1/T} = E(y_{T+1}/y_T) = E_T(y_{T+1})$$

En général la prévision de la valeur future de $\{y_t\}$ pour l périodes est calculée comme suit :

$$\tilde{y}_{T+l/T} = E(y_{T+l}/y_T) = E_T(y_{T+l})$$

Où $y_T = \{y_T, y_{T-1}, \dots, y_1\}$, toute l'information disponible sur le processus.

La prévision est optimale dans le sens qu'elle est associée au minimum de l'Ecart Quadratique Moyen (EQM), ce qui revient à dire qu'on obtient le minimum de variance de l'erreur de prévision. (Khedhiri, 2007)

L'erreur de prévision est définie par :

$$e_p = Y_{T+\ell} - \tilde{Y}_{T+\ell/T} = [Y_{T+\ell} - E(Y_{T+\ell}/Y_T)] + [E(Y_{T+\ell}/Y_T) - \tilde{Y}_{T+\ell/T}].$$

$$EQM(\tilde{Y}_{T+\ell/T}) = E_T(e_p)^2 = E[Y_{T+\ell} - \tilde{Y}_{T+\ell/T}]^2.$$

Remarquer que le deuxième terme à droite est fixe à l'instant T et par conséquent, en élevant tous les termes de l'expression au carré et en

Composant par $E_T(\cdot)$ à l'instant T, les doubles produits s'annulent et on obtient une solution unique donnée par : (Khedhiri, 2007)

$$\min_{\hat{Y}_{T+1}} EQM \rightarrow \tilde{Y}_{T+\ell/T} = E(Y_{T+\ell})$$

1.2/ Prévision optimale dans les modèles ARMA :

Comment peut-on trouver des prévisions optimales qui correspondent au minimum EQM ?

Pour répondre, on va supposer que le modèle ARMA est stationnaire et inversible avec des paramètres connus et des termes d'erreur ayant une moyenne nulle et une variance égale à σ^2 . De plus, On connaît les valeurs de $\varepsilon_T, \varepsilon_{T-1}, \dots, \varepsilon_1$.

A l'instant $T + \ell$, le modèle ARMA (p, q) est représenté par :

$$Y_{T+\ell} = \phi_1 Y_{T+\ell-1} + \phi_2 Y_{T+\ell-2} + \dots + \phi_p Y_{T+\ell-p} + \varepsilon_{T+\ell} + \theta_1 \varepsilon_{T+\ell-1} + \dots + \theta_q \varepsilon_{T+\ell-q}.$$

Composant par $E_T(\cdot)$, on trouve :

$$\hat{Y}_{T+\ell/T} = \phi_1 \hat{Y}_{T+\ell-1/T} + \dots + \phi_p \hat{Y}_{T+\ell-p/T} + \hat{\varepsilon}_{T+\ell/T} + \dots + \theta_q \hat{\varepsilon}_{T+\ell-q/T}$$

Avec $l = 1, 2, \dots$

Remarquer que $\hat{Y}_{T+j/T} = Y_{T+j}$, Si j est négatif ou nul.

$$\hat{\varepsilon}_{T+j/T} = \begin{cases} 0, & \text{si } j > 0 \\ \varepsilon_{T+j}, & \text{si } j \leq 0 \end{cases}, \text{ Puisque } \varepsilon_t \text{ est un bruit blanc. (Khedhiri, 2007)}$$

2 /Les modèles ARIMA :

Nous allons présenter une famille de processus aléatoires qui sont censés recouvrir une gamme très large d'évolution possible de séries chronologiques : les processus autorégressifs et les processus de moyenne mobile. (Bourbonnais, 2018)

2-1/Typologie des modèles AR, MA et ARMA :

2-1-1/Modèle AR (Auto Régressif) :

➤ Formulation :

Dans le processus autorégressif d'ordre p , l'observation présente y_t est générée par une moyenne pondérée d'observation passée jusqu'à la p -ième période sous la forme suivant :

$$\begin{aligned} \text{AR (1): } y_t &= \theta_1 y_{t-1} + \varepsilon_t \\ \text{AR (2): } y_t &= \theta_1 y_{t-1} + \theta_2 y_{t-2} + \varepsilon_t \\ \text{AR (p): } y_t &= \theta_1 y_{t-1} + \theta_2 y_{t-2} + \dots + \theta_p y_{t-p} + \varepsilon_t \quad [2.2] \end{aligned}$$

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

Nous pouvons ajouter à processus une constante qui ne modifie en rien les propriétés stochastiques. L'équation [2.2] peut aussi s'écrire à l'aide de l'opérateur décalage D : (Bourbonnais, 2018)

$$(1 - \theta_1 D - \theta_2 D^2 - \dots - \theta_p D^p) y_t = \varepsilon_t$$

➤ Caractéristique des Corrélogrammes :

IL est démontré que le Corrélogrammes simple d'un processus AR(p) est caractérisé par une décroissance géométrique de ses termes de type :

$$\rho_k = \rho^k$$

Le corrélogramme partiel a ses seuls ρ premiers termes différent de 0. (Bourbonnais, 2018)

2-1-2/ Modèle MA (Moving AVERAGE : Moyenne Mobile) :**➤ Formulation :**

Dans le processus de moyenne mobile d'ordre q ; chaque observation y_t est générée par une moyenne pondérée d'aléas jusqu'à la q -ième période.

$$\text{MA}(1) : y_t = \varepsilon_t - \alpha_1 \varepsilon_{t-1}$$

$$\text{MA}(2) : y_t = \varepsilon_t - \alpha_1 \varepsilon_{t-1} - \alpha_2 \varepsilon_{t-2}$$

$$\text{MA}(q) : y_t = \varepsilon_t - \alpha_1 \varepsilon_{t-1} - \alpha_2 \varepsilon_{t-2} - \dots - \alpha_q \varepsilon_{t-q} \quad [2.3]$$

Où $\alpha_1, \alpha_2 \dots \alpha_q$ sont des paramètres pouvant être positifs ou négatifs et ε_t est un aléa gaussien.

L'équation [2.3] peut aussi s'écrire :

$$(1 - \alpha_1 D - \alpha_2 D^2 - \dots - \alpha_q D^q) \varepsilon_t = y_t.$$

Dans ce processus, tout comme dans le modèle autorégressif AR, les aléas sont supposés être engendrés par un processus de type bruit blanc. Nous pouvons interpréter le modèle MA comme étant représentatif d'une série chronologique fluctuant autour de sa moyenne de manière aléatoire, d'où le terme de moyenne mobile car celle-ci, en lissant la série, gomme le bruit créé par l'aléa. (Bourbonnais, 2018)

C'est l'équivalence entre processus MA(1) et un processus AR d'ordre ρ infini :

$$\text{MA}(1) = \text{AR}(\infty)$$

➤ Caractéristique des corrélogrammes :

La corrélogramme simple d'un processus MA (ρ) est de la forme générale :

$$\rho_k = \frac{\sum_{i=0}^{q-k} \alpha_i \alpha_{i+k}}{\sum_{i=0}^{q-k} \alpha_i^2} \quad \text{pour } k=0,1,\dots,q \text{ et } \rho_k=0 \text{ pour } k > q.$$

C'est-à-dire que seuls les q premiers termes du corrélogramme simple sont significativement différents de 0.

Le corrélogramme partiel est caractérisé par une décroissance géométrique des retards. (Bourbonnais, 2018)

2-1-3/ Modèle ARMA (mélange de processus AR et MA) :**➤ Formulation :**

Les modèles ARMA sont donc représentatifs d'un processus généré par une combinaison des valeurs passées et des erreurs passées.

L'équation définis par :

$$\text{ARMA}(p, q): (1 - \theta_1 D - \theta_2 D^2 - \dots - \theta_p D^p) y_t = (1 - \alpha_1 D - \alpha_2 D^2 - \dots - \alpha_q D^q) \varepsilon_t$$

Nous avons : ARMA(1,0)=AR(1), ARMA(0,1)=MA(1)

ARMA(ρ, q) avec constant :

$$y_t = \mu + \theta_1 y_{t-1} + \theta_2 y_{t-2} + \dots + \theta_p y_{t-p} + \varepsilon_t - \alpha_1 \varepsilon_{t-1} - \alpha_2 \varepsilon_{t-2} - \dots - \alpha_q \varepsilon_{t-q}$$

L'espérance du processus donnée :

$$E(x_1) = \frac{\mu}{(1 - \theta_1 - \theta_2 - \dots - \theta_p)}$$

Donc connaissant l'espérance du processus (les logiciels calculent directement l'espérance du processus), la constante du processus ARMA est déterminée par ;

$$\mu = E(x_t) \times (1 - \theta_1 - \theta_2 - \dots - \theta_p)$$

• Caractéristiques des corrélogrammes :

Les corrélogrammes simples et partiels sont, par voie de conséquence, un mélange des deux corrélogrammes des processus AR et MA purs. Il s'avère ainsi plus délicat d'identifier ces processus à partir de l'étude des fonctions d'autocorrélation empiriques. (Bourbonnais, 2018)

2-1-4/Conditions d'utilisation :

Les modèles AR, MA, ARMA ne sont représentatifs que de chronique :

- Stationnaires en tendance.
- Corrigées des variables saisonnières. (Bourbonnais, 2018)

3-La méthode de BOX et JENKINS :

La partie autorégressive d'un processus. Notée AR, est constituée par une combinaison linéaire finie des valeurs passées du processus. La partie moyenne mobile, notée MA, est constituée d'une combinaison linéaire finie en t des valeurs passées d'un bruit blanc. Wold(1954) montre que le modèle ARMA permet de représenter la plupart des processus stationnaires. L'approche de BOX et

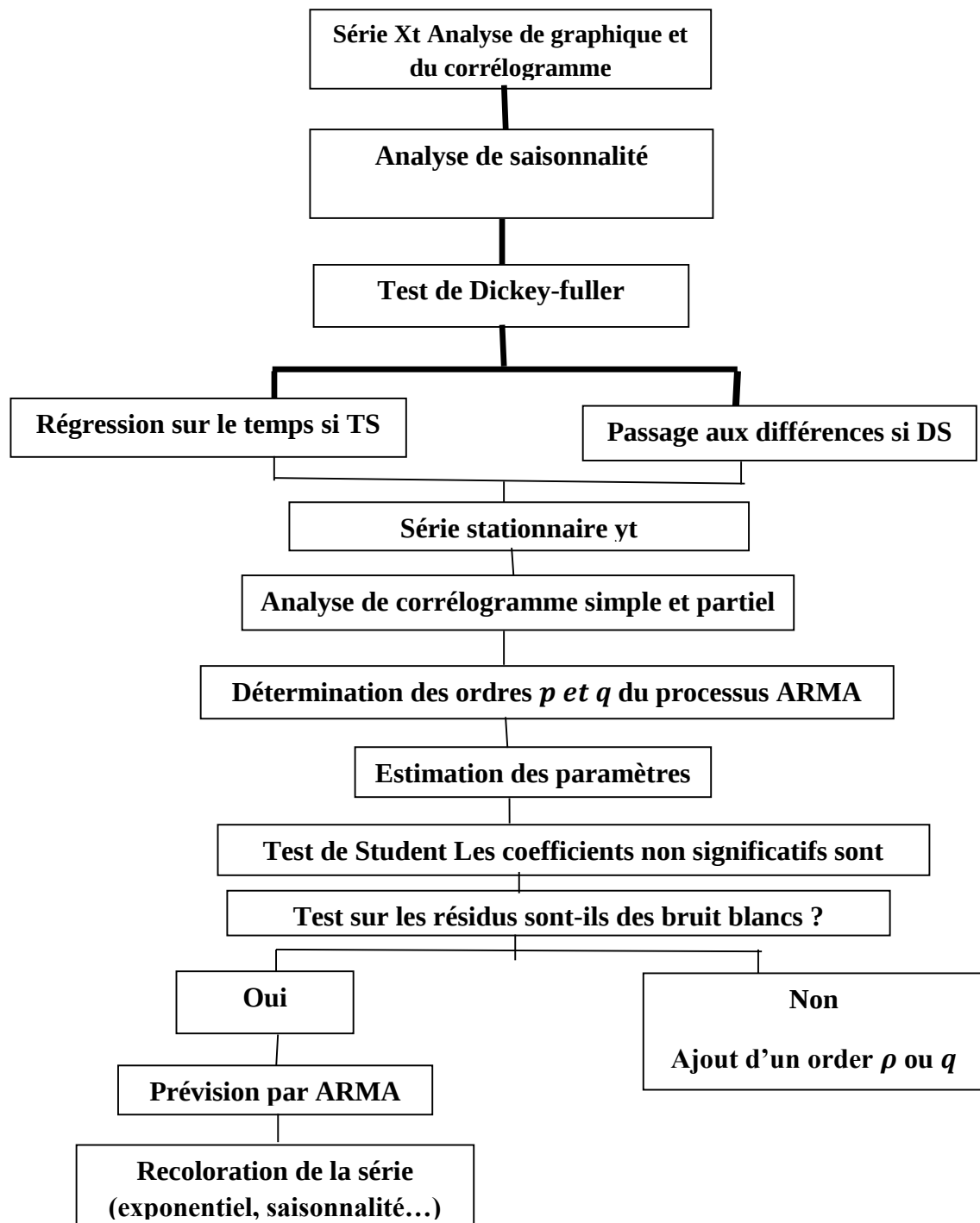
Jenkins(1976)consiste en une méthodologie d'étude systématique des série chronologiques à partir de leur caractéristique afin de déterminer, dans la famille des modèles ARMA . (Bourbonnais, 2018)

La méthodologie de Box et Jenkins comporte essentiellement les étapes suivant :

- Transformation des données afin de stabiliser variance (log, sqrt,...) et différenciation des données pour les stationnaires.
- Visualisation des ACF et des PACF empirique pour identifier les paramètres p et q appropriés.
- Estimation des paramètres des modèles sélectionnés.
- Prévision : la dernière étape consiste à la prévision des valeurs futures à travers le modèle retenu. (Bouazza, 2017)

Nous allons résumer les différentes étapes de la méthode de Box et JENKINS à partir du schéma. (Bourbonnais, 2018)

Figure 2-1 : Les Etape de la méthodologie de Box et JENKINS



Source : livre économétrie de Régis Bourbonnais page 295.

4/Prévision des méthodes de lissage exponentiel :

Ce sont des méthodes d'extrapolation qui donnent un poids prépondérant aux valeurs récentes et leur coefficient de pondération décroissent exponentiellement en remontant dans le temps : chacune des méthodes dépend d'un ou plusieurs paramètres (paramètre de lissage) compris entre 0 et 1 ; le poids de chacun des valeurs passées se calcule à partir de ces paramètres, nous présentons trois types de lissage exponentiel.

- Le lissage exponentiel simple qui consiste à ajuster localement à la série temporelle une constante.
- Le lissage exponentiel double qui ajuste à la fois une droite.
- Le lissage exponentiel de Holt-Winters qui considère des fonctions plus complexes. (K. TAMITI, 2021)

4-1/Lissage exponentielle Holt-Winter :

Holt-Winter utilise le lissage exponentiel pour en considération l'existence d'une saisonnalité dans la série. Cette méthode de prévision permet de distinguer la partie saisonnière de l'extra-saisonnière de la série. Ces deux composantes peuvent donc être modélisées individuellement et combiner différentes méthodes de prévision pour chacune d'entre elles. Il s'agit d'un lissage exponentiel double de HOLT à deux paramètres pour la partie non saisonnière à un paramètre de Winter. La formule de lissage de Holt varie en fonction des deux versions additives et la version multiplicative. (OUBELGHA, 2023/2024)

- **Cas additif :**

Lissage de la moyenne :

$$\alpha_t = \alpha [x_t - S_{t-p}] + (1-\alpha) [\alpha_{t-1} + b_{t-1}]$$

Lissage de la tendance :

$$b_t = \beta [x_t - S_{t-p}] + (1-\beta) [(a_{t-1}) + (b_{t-1})]$$

Lissage de la saisonnalité :

$$S_T = \gamma [x_t - \alpha_t] + (1-\gamma) S_{t-p}$$

Prévision : si on a $1 \leq h \leq p$

$$\widehat{x_{t+h}^p} = \alpha_t + h - b_t + S$$

Si on a $p + 1 \leq h \leq 2p$

$$\widehat{x_{t+h}^p} = (\alpha_t + h b_t) + st - p + h$$

- **Cas multiplicatif :**

Lissage de la moyenne :

$$\alpha_t = \alpha \left[x_t / s_{t-p} \right] + 1(1 - \alpha) [\alpha_{t-1} + b_{t-1}]$$

Lissage de la tendance :

$$b_t = P[\beta_t - \beta_{t-1}]$$

Lissage de la saisonnalité :

$$S_t = \gamma [x_t / \alpha_t] + (1 - \gamma) S_{t-p} \text{ (OUBELGHA, 2023/2024)}$$

5-Les critères de comparaison des modèles :

➤ Les critères standards : (Régis Bourbonnais, Analyse des séries temporelle , 2010)

- L'erreur absolue moyenne MAE (Mean Absolute Errors)

La formelle : $MAE = \frac{1}{n} \sum_t |a_t|$

- L'erreur quadratique moyenne MSE (Mean Squared Errors)

La formelle : $MSE = \frac{1}{n} \sum_t a_t^2$

- L'erreur absolue moyenne MAD (Mean Absolute Deviation)

La formelle : $MAD = \frac{1}{n} \sum_t |a_t - m|$

- L'erreur absolue moyenne en pourcentage MAPE (Mean Absolute Percentage)

La formelle : $\frac{1}{n} \sum_t \frac{|a_t|}{x_t}$

➤ Les critères spécialement construits pour les processus ARMA : (Régis Bourbonnais, Analyse des séries temporelle , 2010)

- Le critère d'information de Akaike (AIC, AKaike information criterion) a été présenté en 1973 pour un ARMA (p, q)

$$\text{Leur formelle : } AIC(p, q) = n \log \hat{\sigma}_a^2 + 2(p, q)$$

- Le critère d'information bayésien (BIC, Bayesian Information Criterion) à Akaike en 1979

$$\text{Leur formelle : } BIC(p, q) = n \log \hat{\sigma}_a^2 - (n - p - q) \log \left[1 - \frac{(p+q)}{n} \right] + (p + q) \log n + \log[(p + q)^{-1}] \left[\frac{\sigma_x^2}{\hat{\sigma}_a^2 - 1} \right]$$

- Le critère de Schwarz 1978 :

$$\text{Leur formelle : } SC(p, q) = n \log \hat{\sigma}_a^2 + (p + q) \log n$$

6-La méthode *Facebook prophet* :

Développée par Sean J. Taylor et Benjamin Letham (2017) chez Facebook (actuellement *Meta*), la méthode *Facebook Prophet* ou tout simplement *Prophet* constitue une alternative moderne aux méthodes classiques telles que les modèles ARIMA ou le lissage exponentiel. Elle représente une avancée significative dans les méthodes de prévision, se distinguant des approches classiques comme ARIMA et le lissage exponentiel (ETS) par sa flexibilité et son automatisation. Contrairement à ARIMA qui nécessite une identification rigoureuse des paramètres (p, d, q) et suppose une stationnarité, *Prophet* adopte une approche additive décomposable :

$$y(t) = g(t) + s(t) + h(t) + \varepsilon_t$$

Où $g(t)$ représentent la tendance (*trend*), $s(t)$ la saisonnalité (*seasonality*), $h(t)$ les effets de jours fériés ou les effets calendaires (*holidays*), et ε_t le terme d'erreur aléatoire. Par contraste avec la méthode ARIMA qui exige stationnarité et identification préalable des ordres (p, d, q) , *Prophet* adopte une modélisation explicite et interprétable, intégrant facilement des changements de régime (*changepoints*) des effets calendaires, et une saisonnalité multiple. De plus, *Prophet* est robuste aux valeurs manquantes (*missing values*), aux valeurs aberrantes (*outliers*) et aux fortes variations structurelles, ce qui en fait un outil particulièrement adapté aux contextes économiques, marketing ou opérationnels. (Taylor, 2017)

6.1 La tendance (trend) :

La composante $g(t)$ décrit l'évolution sous-jacente de long terme. *Prophet* propose une croissance linéaire ou logistique, avec détection automatique des points de rupture ou des changements de régime (*changepoints*). La composante de tendance $g(t)$ offre deux options :

- Croissance linéaire (modèle linéaire par morceaux) :

$$g(t) = (k + a(t)^T \delta)t + (m + a(t)^T \gamma)$$

Où k et le taux de croissance initial, δ le vecteur des ajustements du taux aux changements s_j , et m l'offset (la valeur initiale de la tendance à $t = 0$). Et $\gamma = -s_j \delta_j$ est utilisé pour ajuster l'offset m afin de maintenir la continuité de la fonction $g(t)$.

- Croissance logistique (pour les séries avec saturation) :

$$g(t) = \frac{C}{1 + \exp(-k(t - m))}$$

Où C représente la capacité maximale (ou saturation asymptotique), c'est une valeur limite que la série ne peut pas dépasser. Cette approche permet de modéliser des cycles de vie de produits ou des croissances limitées.

6.2-La saisonnalité (seasonality) :

La saisonnalité $s(t)$ est estimée à l'aide de *séries de Fourier*, permettant de représenter des cycles multiples (annuels, hebdomadaires, horaires) :

$$s(t) = \sum_{n=1}^N \left(a_n \cos\left(\frac{2\pi n t}{P}\right) + b_n \sin\left(\frac{2\pi n t}{P}\right) \right)$$

Où P est la période du cycle et N (l'ordre de Fourier) détermine la complexité de la forme saisonnière. *Prophet* peut inclure plusieurs saisonnalités (annuelle, hebdomadaire, journalière) et permet l'ajout de cycles personnalisés. La saisonnalité peut être modélisée comme additive (par défaut) ou multiplicative par rapport à la tendance. (Hyndman, 2021)

6.3-Effets calendaires (Holidays) :

L'impact d'événements discrets et prévisibles $h(t)$, tels que les jours fériés nationaux ou des promotions spécifiques, est modélisé en fournissant une liste de dates d'événements. Pour chaque événement i , un effet κ_i est estimé, potentiellement sur une fenêtre de jours autour de la date effective D_i : (Hyndman, 2021)

$$h(t) = \sum_{i=1}^L \kappa_i \cdot \mathbf{1}_{t \in \mathcal{D}_i}$$

Ces effets sont appris à partir des données et permettent de mieux anticiper les chocs récurrents non périodiques. Cette capacité n'est pas prise en compte explicitement dans les modèles ARIMA ou ETS standards.

6.4-Ajustement et Évaluation du Modèle :

L'ajustement du modèle *Prophet* est réalisé via la plateforme *Stan*, utilisant généralement une approche bayésienne pour l'estimation des paramètres (maximum a posteriori ou échantillonnage MCMC complet). L'évaluation de la performance prédictive repose sur des techniques de validation croisée adaptées aux séries temporelles. Des points de coupure (cutoffs) sont définis dans l'historique, le modèle est ajusté sur les données antérieures à chaque coupure, et les prévisions sont évaluées sur un horizon suivant. Les métriques courantes incluent le MAE (Mean Absolute Error), RMSE (Root Mean Squared Error), MAPE (Mean Absolute Percentage Error), et la couverture des intervalles de prévision.

Prophet est accessible via des packages dédiés en Python (*prophet*, anciennement *fbprophet*) et en **R** (***prophet***). Ces bibliothèques offrent une intégration fluide avec les environnements *pandas/tidyverse*, des visualisations automatiques des composantes et une API intuitive. En combinant robustesse, flexibilité et simplicité, *Prophet* s'impose comme une alternative moderne aux méthodes traditionnelles, adaptée aux applications pratiques de la prévision. (Gasparin, 2020) (<https://facebook.github.io/prophet/>, 2023) (Letham, 2017)

Conclusion du chapitre II :

Dans ce chapitre, après une brève définition d'une série temporelle représentative d'un phénomène économique, nous avons présenté les principales composantes d'une série temporelle et ses caractéristiques (propriétés), qui ont constitué le fondement des méthodes de prévision que nous avons introduit en deuxième lieu. Cette présentation théorique préliminaire va constituer une base essentielle pour la modélisation et l'interprétation des résultats dans le chapitre suivant.

Chapitre III : Analyse approfondie et prévision des série temporelles

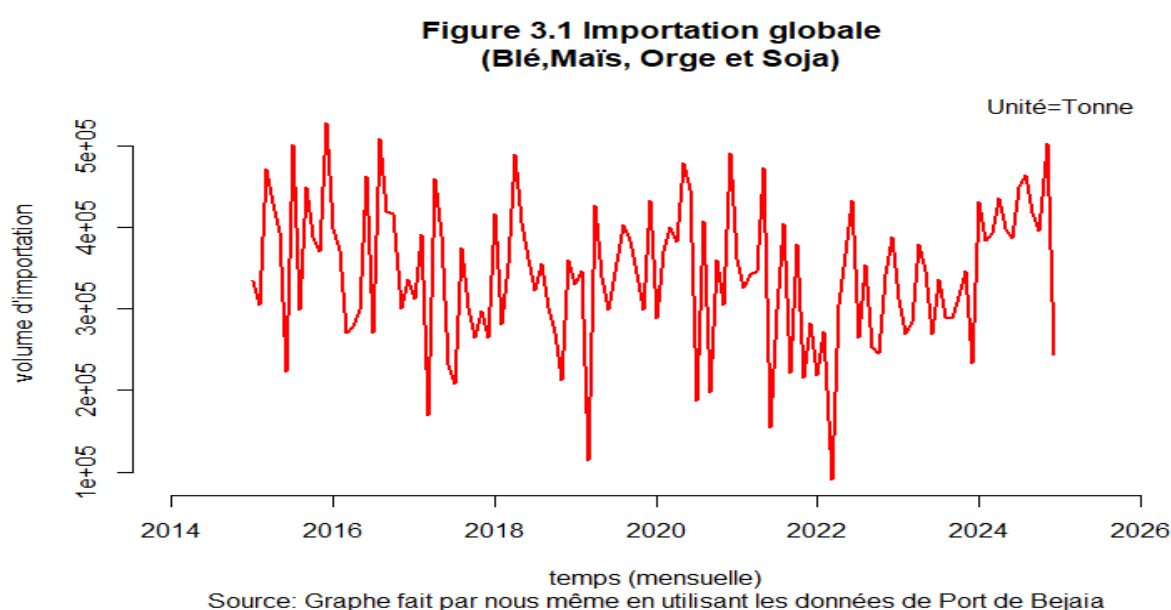
Chapitre III : Analyse approfondie et prévision des séries temporelles.

Introduction de chapitre III :

Dans ce chapitre pratique, en utilisant les méthodes que nous avons présenté dans le chapitre précédent, nous allons essayer de construire un modèle prévisionnel sur la série temporelle des importations globales (série mensuelle entre 2015 et 2024) que nous avons récupéré de la base de données du port de Bejaia. En utilisant le langage de programmation R, dans un premier lieu, nous présenterons une description de la série via un graphe et des indicateurs de la statistique descriptives, et après avoir testé la stationnarité de la série nous proposons quelques techniques de prévisions appliquées dans notre cas et nous terminerons le chapitre par une comparaison entre les résultats des techniques et des interprétations et mêmes des recommandations.

Section 1 : Présentation de la série.

1. La représentation graphique de la série :



Tableaux 3.1 : Statistiques descriptives.

Min	1 ^e quartile	Médiane	Moyenne	3 ^e quartile	Max	Ecart-type
90733	287105	346347	342826	399064	529018	86326.47

Source : faite par nous-même d'après les résultats de langage R

2. Interprétation statistique descriptives :

De début de l'année 2014 jusqu'à la fin de 2024, le port de Bejaia importe pour un minimum de à peine 90000 en volume (tonne) et pour le maximum plus 500000. En plus, le port importe en moyenne 342826 tonne chaque mois, avec une dispersion de plus 860000.

En mars 2022 nous avons la valeur minimale=90733 tonnes qui a été inférieure au premier quartile, qui pourrait être considérée comme une valeur aberrante.

La cause c'est que dans le port de Bejaia durant le mois de mars 2022 n'ont accosté que les navires du blé, maïs et orge. L'absence du Soja parmi les produits importés pendant ce mois a justifié cette valeur minimale (90733 tons), laquelle nous la considérons comme une valeur extrême.

Nous avons deux Quartiles qui sont :

- 1^{er} Quartile de 25% des (30 mois) sont inférieure à 287105 tonnes.
- 3^{ème} Quartile de 75% des (90mois) sont inférieure à 399064 tonnes.
- Médiane 50% : a été partage la série mensuelle en deux parties (50%) (60mois)
- En moyenne : $m = \frac{mars_{2015} + \dots + mars_{2021}}{n}$

La moyenne Avant le mars 2022 il import 303411,143 tons

- Ecart interquartile (IQR) : $IQR = Q3 - Q1 = 399064 - 287105 = \mathbf{111958.8}$
- Les valeurs extrêmes (Max, Min) : min=90733 et le max=529018

Seuil minimal : $Q1 - 1.5IQR = 287105 - 1.5 (111958.8) = \mathbf{119166.6}$

Seuil maximal : $Q3 + 1.5IQR = 399064 + 1.5 (111958.8) = \mathbf{567002.2}$

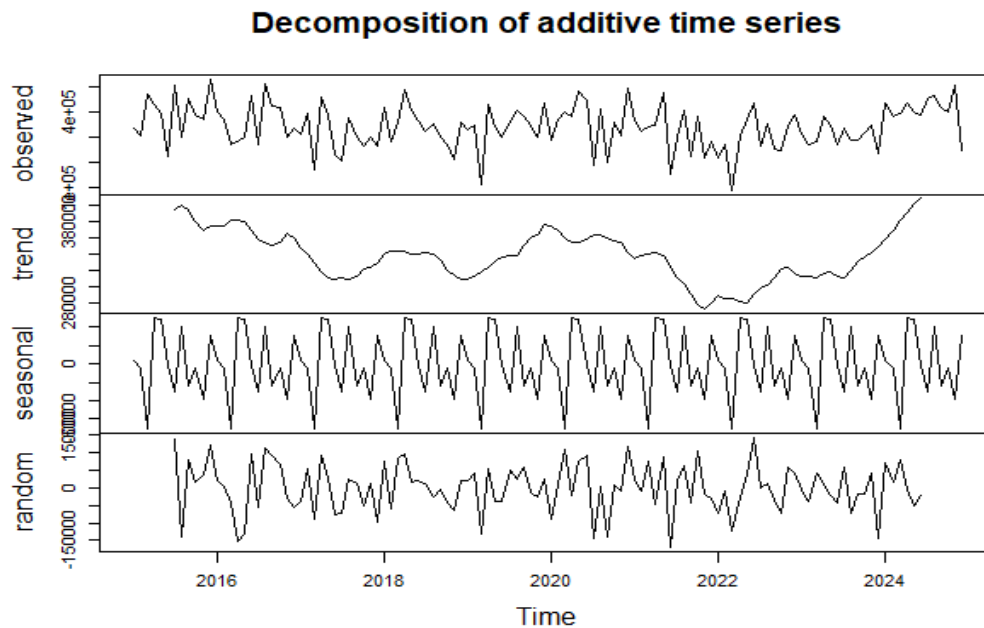
Si nous faisons une comparaison entre les valeurs min et max, nous pouvons facilement conclure que ça existe une valeur extrême minimale ($90733 < 119166.6$).

- La conséquence de la valeur extrême : Médiane est supérieure à la moyenne $\Rightarrow$
 $\mathbf{346347 > 342826}$

La conséquence de cette valeur extrême c'est l'asymétrie de la distribution de la série, parce que la moyenne est influencée par les valeurs extrêmes³.

³ L'asymétrie concerne la distribution car : la médiane est plus grande que la moyenne cette relation (**médiane > moyenne**), est un indicateur d'une asymétrie (non symétrique). Suggère une asymétrie à gauche (ou une queue à gauche plus longue) où les valeurs plus petites sont plus étalées que les valeurs plus grandes, tirant la moyenne vers le bas par rapport à la médiane.

Figure 3.2 : la décomposition additive de la série.



La source : fait par nous-même (résultats dans langage R).

3. Interprétation de la décomposition of additive time séries :

3.1-Analyse de la composante de tendance :

En la divisant en trois périodes distinctes :

A. Première période (2015-2018) :

La tendance est à la baisse continue durant cette période. Cela peut indiquer une perte de performance ou une diminution de la demande sur cette période.

B. Deuxième période (2018-2022) :

On observe une stabilisation, voire une légère oscillation de la tendance. Elle remonte légèrement entre 2019 et 2020, puis redescend un peu. Cela pourrait correspondre à un changement de comportement ou un évènement externe avec une valeur 90733 Troisième.

C .Période (2022-2024) :

La tendance repart nettement à la hausse forte de manière plus marquée que dans les périodes précédentes. Cela indique une reprise forte.

Pour la tendance globale les figures 3.2 visuellement ne nous nous pouvons pas conclure par apport à la tendance globale.

3.2-Analyse la composante de saisonnalité :

D'après la figure 3.2 nous pouvons remarquer l'existence un mouvement saisonnier. Et ce motif se répète tous les 12 mois, ce qui indique une **saisonnalité annuelle**.

3.3-Analysons la composante de résidus :

Les résidus représentent la fluctuation aléatoire qui reste après avoir retiré la tendance et la saisonnalité de la série. Cela indique que le modèle de décomposition est efficace, il a extrait correctement la tendance et la saisonnalité. Nous avons dans l'annexe C.6 le P. value=0.1783 inférieur à 0.05. En vas accepte H_0 donc y a pas d'autocorrélation.

4. Les corrélogrammes d'ACF :

D'après le corrélograme ACF de (l'annexe C) nous avons trouvé que Le lags 2 présente des autocorrélations significatives (barrés qui dépassent les bandes de L'intervalle de confiance en bleu).

Cela signifie que nous n'allons pas différencier la série pour la rendre stationnaire.

Ce corrélogramme est impliqué que le lage $P=2$ d'après les pic (+0,18) et $d=0$ car la série et stationnaire ou niveau et $q=0$ ou bien 1.

ARIMA= (2, 0, 0) ou bien (2, 0, 1)

4.1-La stationnarité :

La série observe : présente des variables au niveau

La tendance : indique une évolution lente dans le temps

La saisonnalité : est constante

Et par rapport aux résidus sont stationnaire donc modèle ARIMA ou bien ARMA

Pour justifie ça En vas faire le teste de Dickey-Fullert (ADF), KPSS et PP.

Tableaux 3.2 : les teste racine unitaire

	Tendance [4]		Constant [5]		La marche aléatoire [6]	
	Stat	P. value	Stat	P. value	Stat	P. value
ADF	-3.75	0.0238	-3.82	0.01	-0.539	0.4859
PP	139	0.01	-139	0.01	-2.87	0.331
KPSS	0.166	0.0333	0.234	0.1	/	/

Source : Les résultats des tests de racine unitaires dans annexe A.

Section 2 : Les teste d'autocorrélation :

1. Teste de racine unitaire :

D'après le **tableau 3.2** les résultats des deux modèles [4] et [5] de test ADF et de test PP nous rejetons H_0 (l'existence d'une racine unitaire) et nous ne pouvons pas le rejeter pour le modèle [6]. Quant aux tests KPSS, nous acceptons le H_0 (la stationnarité) pour le modèle [4] et nous rejetons la même hypothèse pour le modèle [5]. Donc la série stationnaire au niveau d'ordre 0 (Annexe C).

2. Interprétation d'autocorrélation ARIMA (2. 0.0), et ARIMA (2. 0.1) :

Pour ARIMA (2. 0. 0) :

P. value=0.2499

Q stat=24.937

On a $24.937 > 5.81$

$\chi^2=21$ la table chi2

$$\begin{cases} H_0: \text{il ya d'autocorrélation} \\ H_1: \text{il existe d'autocorrélation} \end{cases}$$

On va accepte H_1 et en refus H_0 donc il Ya autocorrélation

Pour ARIMA (2. 0. 1) :

P. value=0.2499

Q stat=24.937

On a $24.937 > 0.2499$

$\chi^2 = 21$ la table de chi2

$$\begin{cases} H_0: \text{il ya d'autocorrélation} \\ H_1: \text{il existe d'autocorrélation} \end{cases}$$

On va accepte H_1 et en refus H_0 donc il Ya autocorrélation.

3-Teste de modelé ARIMA :

Pour la comparaison entre ARIMA (2. 0. 0) et ARIMA (2. 0. 1) Nous allons calculer les critères AIC et SC

AIC et SC

ARIMA (2, 0, 0)

$$\begin{cases} AIC: (3070.981) \\ BIC: (3082.131) \end{cases}$$

ARIMA (2, 0, 1)

$$\begin{cases} AIC: (3071.636) \\ BIC: (3085.573) \end{cases}$$

Tableaux 3.3 : la comparaison entre le modèle ARIMA (2. 0. 0), et ARIMA (2. 0. 1)

Modelé	AIC	BIC(SC)
ARIMA (2. 0. 0)	3070.981	3082.131
ARIMA (2. 0. 1)	3071.636	3085.573

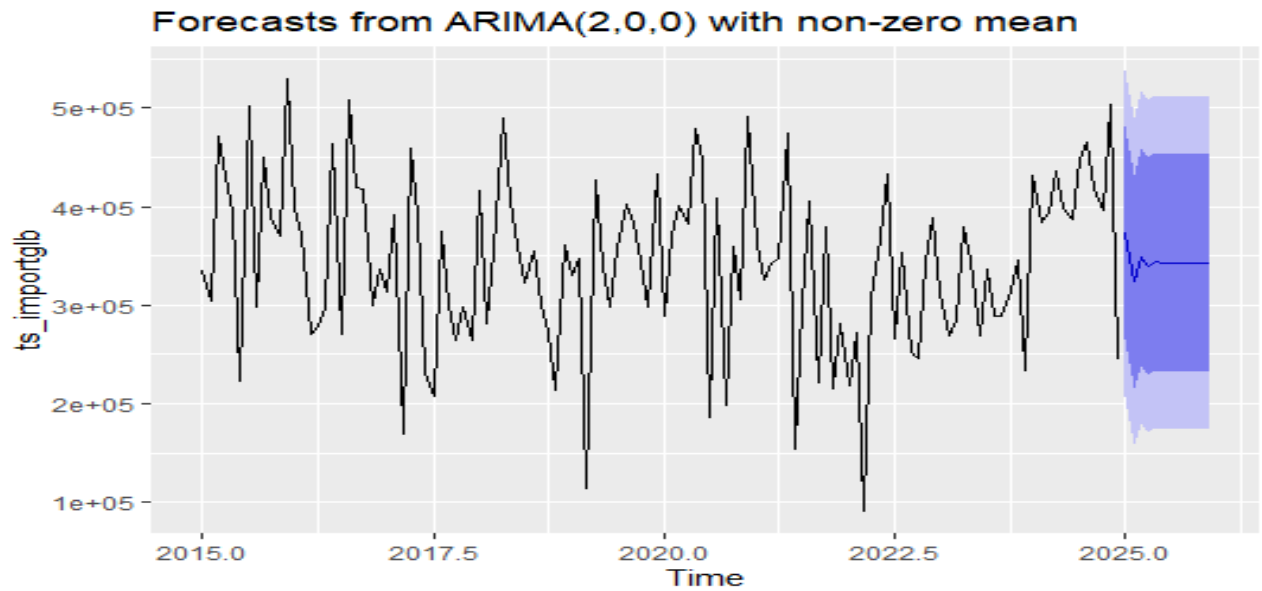
ARIMA (2. 0. 0) $y_t = \varphi_1 y_{t-1} + \varphi_2 y_{t-2} + \varepsilon_t$

ARIMA (2. 0. 1) $y_t = \varphi_1 y_{t-1} + \varphi_2 y_{t-2} + \vartheta_1 \varepsilon_{t-1} + \vartheta_2 \varepsilon_{t-2} + \varepsilon_t$

D'après l'annexe C.4 l'estimation du modèle ARIMA (2, 0,0) nous allons choisir comme un meilleur modèle car il minimise les critères de SC et AIC.

AIC=3070.98, BIC=3082.131

Figure 3.3 : la prévision de modèle ARIMA (2, 0,0)



Source : faite par nous-même à partir des résultats de langage R

Tableaux 3.4 : résultats de la prévision de modèle ARIMA (2, 0,0).

Point Forecast	Borne inf 95	Borne sup 95
Jan 2025	230912.8	546085.0
Feb 2025	179351.8	495009.3
Mar 2025	198981.1	516552.1
Apr 2025	262015.0	582632.8
May 2025	260919.8	583708.9
Jun 2025	209354.9	533766.7
Jul 2025	202796.1	529275.9
Aug 2025	228826.7	557439.1
Sep 2025	206743.9	536888.1
Oct 2025	164884.5	496615.4
Nov 2025	188065.9	521895.9
Dec 2025	238847.8	574082.2

Source : fait par nous-même à partir les résultats de langage R.

4. Interprétation de la prévision de modèle ARIMA (2, 0,0) :

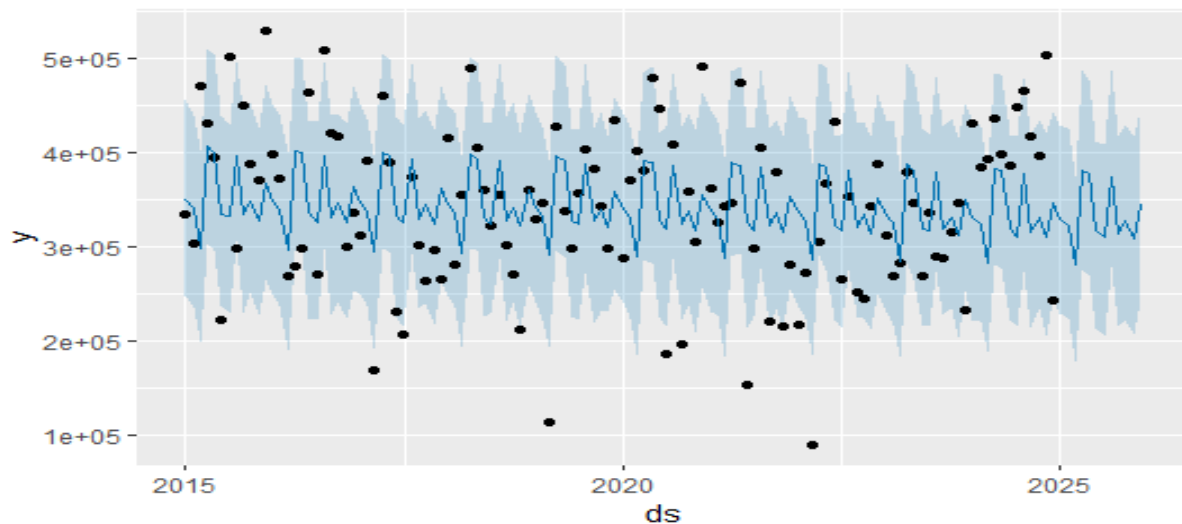
La figure 3.3 illustre la série temporelle historique de l'importation des variable d'un série temporelle 2015 à 2024, suivie des prévisions pour l'année 2025 à l'aide du modèle ARIMA (2, 0, 0) avec une moyenne non nulle, et à propos de la tendance la série sans il ne montre pas une tendance très clair à long terme elle n'affiche ni hausse ni à la baisse mais il y a une variance significative.

Pour les prévisions de 2025 A partir de janvier 2025 nous voyons un bande bleue qui sent il représente l'intervalle de confiance à 95% qui va devenir de plus en plus large au fil du temps, il reflète l'incertitude croissante que les prévisions se projettent dans l'avenir et pour la ligne noire au milieu des bandes bleues elle représente la ligne noire de la prévision ponctuelle.

D'après l'analyse de tableaux (3.4) le modèle ARIMA (2, 0,0) semble être un ajustement raisonnable pour la série temporelle (stationnaire avec un comportement autorégressif) il

fournit une estimation globale de la tendance probable et de l'ampleur des importations en 2025.

Figure 3.4 : le graphe de la prevision de facebook prophet.



Source : fait par nous-même à partir des résultats de langage R.

Tableaux 3.5 : le résultat de la prévision Forecast :

DS	$\hat{Y}$	<u>Yhat_lower</u>	<u>Yhat_upper</u>
2025-01-01	330085.6	228885.4	429881.7
2025-02-01	322177.1	225268.2	425893.6
2025-03-01	281354.3	178408.7	374779.9
2025-04-01	380830.7	276680.4	486865.5
2025-05-01	377753.0	271806.7	477601.6
2025-06-01	317856.3	214773.5	411748.6
2025-07-01	310342.7	204774.2	408696.4
2025-08-01	374837.0	278800.1	487015.6
2025-09-01	314739.5	215751.9	416544.7
2025-10-01	328187.7	223327.6	428450.5
2025-11-01	308569.9	207272.6	417519.7
2025-12-01	345685.6	242711.0	445809.6

Yhat_lower => borne inferieure, Yhat_upper => borne supérieure

Source : fait par nous-même à partir des résultats de logiciel de programme R.

5. Interprétation prévisionnelle de facebook prophet :

Le graphique de figure (3.5) représente l'évolution des importations (aux d'une autre variable économique similaire) entre 2015 et 2024, avec les prévisions générées par le modèle Facebook-Prophet par les mois de 2025.

Les points noirs représentent la série brute, ligne bleue foncée c'est courbe d'estimation de modèle Prophet et pour la bande bleue claire elle représente L'intervalle de confiance. La partie de la courbe après l'année 2025 représente la prévision.

6. Composantes du la prévision Forecast :

Ce tableau 3.5 présente les prévisions ponctuelles (P) ainsi que les intervalles de confiance pour l'année 2025.

DS(Data) mensuelle de prévision pour l'année 2025, Y chapeau c'est la valeur moyenne prédite de la variable économique et pour $\hat{Y}_{borne\ inférieure}$ et $\hat{Y}_{borne\ supérieure}$ ils représentent l'intervalle de confiance à 95%.

Ce tableaux Illustre visuellement la capacité du modèle FP à suivre la série des prévisions jusque ou il montre la prévision des valeurs estimés pour chaque mois de 2025 les deux ils démontrent l'estimation de la variable de modèle FP pour l'année janvier 2025.

7. Interprétation de la tendance et la stationnarité (FP).

Le graphique de l'annexe E (facebook prophet) représente la tendance et la saisonnalité annuelle de la série temporelle. Il montre comment la valeur de la série varie typiquement au cours d'une année.

* Axe des ordonnées : représente l'impact de la saisonnalité en pourcentage (de -10% à +10%). C'est la contribution additive ou soustractive de la saisonnalité à la tendance générale.

* Axe des abscisses (X) : représente de janvier à janvier de l'année suivante, découpé par mois (janvier, avril, juillet, octobre, janvier).

* La ligne bleue : C'est le motif saisonnier annuel.

La ligne bleue montre un motif saisonnier cyclique et répétitif sur une année.

* Début d'année (Janvier-Février) : La ligne commence près de 0%, puis descend, indiquant une contribution négative ou une baisse par rapport à la moyenne annuelle.

* Printemps (Avril-Mai) : Il y a un pic significatif autour d'avril-mai, où la saisonnalité contribue positivement (environ +7-8%). Cela signifie que, en moyenne, la série tend à être plus élevée pendant cette période.

* Été (Juillet-Août) : Ensuite, la valeur redescend pour atteindre un creux notable en juillet-

août (environ -8-9%). Cela indique une contribution négative importante, suggérant une baisse typique de la série pendant ces mois.

* Automne (Octobre-Novembre) : Un autre pic apparaît vers octobre-novembre (environ +5-6%).

* Fin d'année (Décembre-Janvier) : La ligne redescend vers 0% ou légèrement en dessous à la fin de l'année.

En résumé pour la saisonnalité : La série présente deux périodes de forte activité/valeur (printemps et automne) et deux périodes de faible activité/valeur (fin d'hiver/début de printemps et été). Ces fluctuations sont récurrentes chaque année.

Tableaux 3.6 : La comparaison des modèles

	ARMA (2, 0, 0)	Ets	Snaive	Tbats	FP
ME	81.421	-888.463	1926.574	405.409	-1125.176
RMSE	84387.1	86178.55	119009.5	80402.54	79758.13
MAE	67985.09	69578.48	95899.89	64061.55	64507.98
MPE	-8.667	-9.004	-8.661	-7.672	-7.944
MAPE	24.331	25.026	33.841	22.951	22.598

Source : fait par nous-même à partir les résultats des modèles.

8. Interprétation de la comparaison des modèles :

Le tableau compare la performance de plusieurs modèles de prévision (ARMA (2, 0,0), ets, Snaive, tbats, et FP) en utilisant des métriques d'erreur (ME, RMSE, MAE, MAPE). L'objectif est de trouver le modèle le plus précis, celui qui minimise les erreurs. Bien que le modèle "ets" montre le moins de biais (ME le plus faible), le modèle FP se distingue comme le plus performant globalement. Il présente les valeurs les plus basses pour le RMSE, le MAE et le MAPE, ce qui indique que ses prévisions sont en moyenne les plus proches des valeurs réelles, avec les erreurs les plus minimisées. En revanche, ARMA (2, 0,0) montre un bon ME, mais FP est meilleur sur les autres indicateurs de précision.

Conclusion de Chapitre III :

Dans ce chapitre pratique nous avons présenté le logiciel R comme un environnement complet pour la modélisation et la prévision des séries chronologiques. L'accent a été porté sur l'exploitation de packages (Forecast, tseries, aTSA, prophet). Essentiels, à commencer par les modèles ARIMA, essentiel à l'analyse des dépendances linéaires dans les séries temporelles. Le modèle Facebook Prophet a été introduit comme une approche efficace pour traiter les séries complexes, influencées par une forte saisonnalité. Le modèle SNAIVE et Tbat quand eux, a été présentés comme des repères méthodologiques simples mais pertinents, tandis que la méthode TABAS a démontré son intérêt dans la prise en compte de multiples composantes structurelles des séries, renforçant ainsi la finesse de la modélisation et la fiabilité des prévisions.

Le choix final du modèle ne devrait pas seulement reposer sur les métriques statistiques, mais aussi sur le contexte métier. Si la minimisation du biais est une priorité absolue, le modèle "ets" pourrait être considéré. Cependant, si l'objectif principal est la précision globale et la minimisation des écarts (surtout des plus importants) par rapport aux valeurs réelles, le modèle FP est clairement le plus adapté. Le tableau 3.6 fournit les bases quantitatives pour une décision éclairée, mais le décideur doit pondérer l'importance de chaque type d'erreur en fonction de l'application spécifique.

Conclusion Générale

Conclusion Générale :

Ce travail de mémoire de fin d'étude sous objectif central est d'approfondir la compréhension et la modélisation des phénomènes économiques à travers l'approche des séries temporelles. Notre démarche a débuté par l'établissement d'une base théorique solide, définissant les séries temporelles, leurs composants essentiels et leurs propriétés fondamentales. Cette première étape fut cruciale pour jeter les fondations méthodologiques nécessaires à toute analyse prévisionnelle rigoureuse.

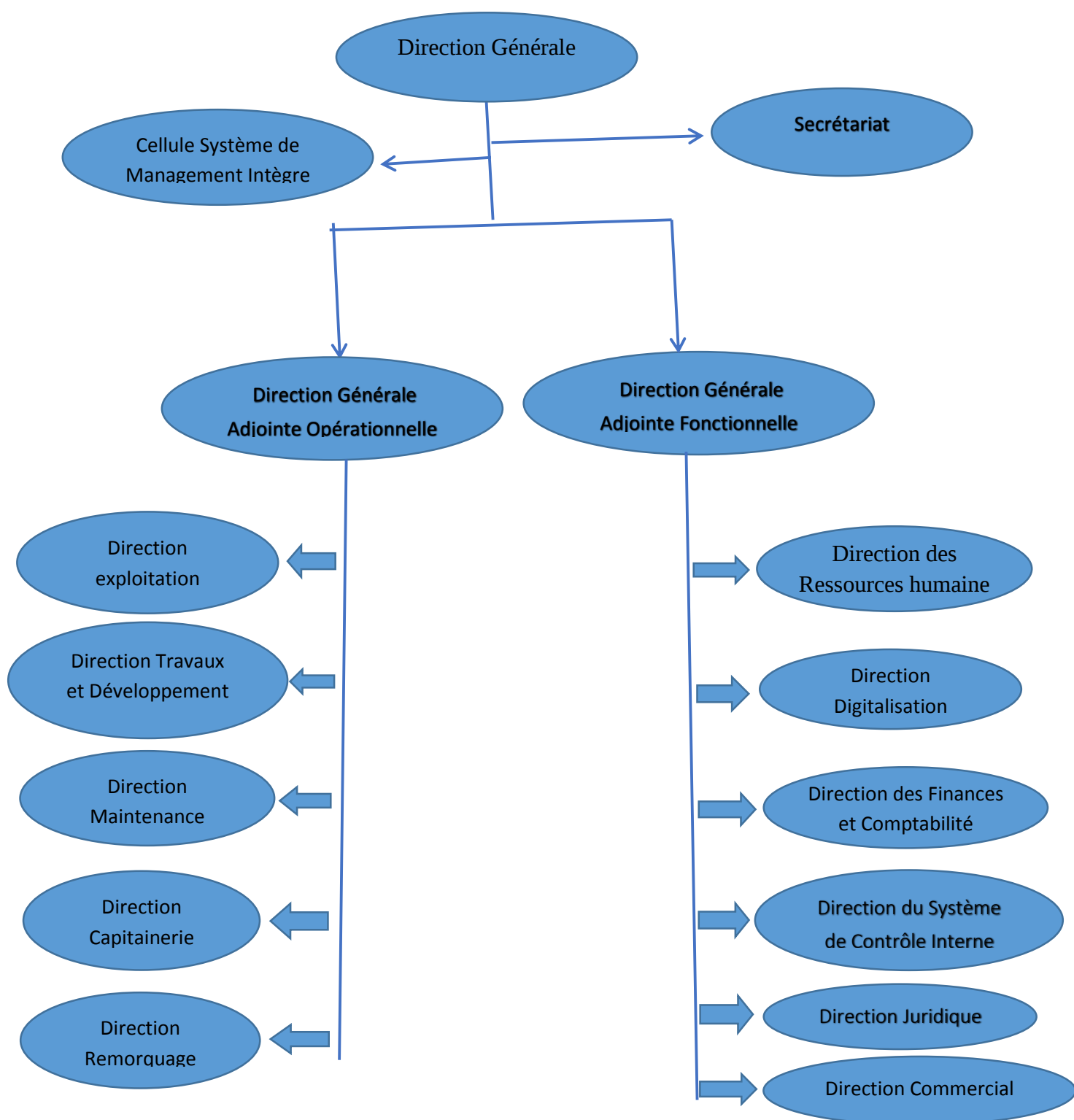
Par la suite, nous avons exploré l'application concrète de ces concepts en évaluant la performance de deux approches majeures de modélisation de séries temporelles : le modèle ARIMA et Facebook Prophet. L'analyse comparative de ces outils a permis de mettre en lumière leur efficacité respective dans la prévision de séries temporelles. L'évaluation de leur pertinence s'est appuyée sur des métriques d'erreur de prévision précises, tout en soulignant l'importance de l'interprétation des dynamiques sous-jacentes pour une compréhension complète des données.

En parallèle à cette dimension méthodologique, nos investigations ont mis en exergue le rôle économique stratégique du port de Bejaia (chapitre 1). Il a été démontré que ce dernier est un acteur crucial dans l'économie algérienne et l'activité économique locale à Bejaia, notamment en tant que pôle vital pour les importations de céréales, telles que le soja, le blé, le maïs et l'orge. Ce constat souligne l'impact direct des séries temporelles sur des secteurs économiques clés et l'intérêt majeur d'une prévision fiable pour l'importation. L'analyse a montré que Facebook Prophet et ARIMA présentent chacun des avantages statistiques selon le type de données analysées. Facebook Prophet est un outil simple à utiliser, efficace pour des données économiques sujettes à des variations saisonnières comme celles du trafic portuaire, ce modèle il rend utile pour prévoir les volumes d'importation, notamment au port de Bejaia. Toutefois, il est moins performant pour des séries de données très courtes ou sans tendance claire. De son côté, le modèle ARIMA est plus précis pour des données stables (stationnaires) et permet de modéliser les relations économiques dans le temps, mais il demande une préparation technique complexe et s'adapte mal à des données influencées par plusieurs facteurs extérieurs. En résumé, Facebook Prophet convient mieux aux données économiques en évolution, tandis qu'ARIMA est plus adapté aux contextes plus réguliers, où les données sont constantes dans le temps.

En définitive, cette étude démontre que d'après les résultats qui nous allons utiliser sur la base de données de port de Bejaia dans logicielle de langage R. Pour choisir le meilleur modèle c'est facebook prophet qui minimise la métrique d'erreur par rapport au modèle ARMA, lissage exponentielle et FP, Snaive, tbats. La dévolution des différents modèles de prévision à l'aide des métriques d'erreur standards (ME, RMSE, MAE, MAPE) converge vers une conclusion claire : le modèle FP se distingue comme la solution la plus performante. Bien que d'autres modèles puissent exceller sur une métrique isolée (comme le biais minimal pour ets et ARMA), la capacité du modèle FP à minimiser de manière cohérente et significative l'ampleur des erreurs absolues, quadratiques et proportionnelles le positionne comme le choix le plus robuste. Cette performance globale et supérieure indique que le modèle FP est le plus à même de fournir des prévisions fiables et précises, essentielles pour une prise de décision éclairée et une optimisation des processus dans le contexte d'application de ces données. Démonstre la puissance de l'analyse des séries temporelles comme outil d'aide à la décision dans le domaine économique. L'intégration entre la maîtrise des fondements théoriques (H1). L'application de modèles de prévision avancés, et la compréhension des enjeux spécifiques d'un secteur comme celui des importations portuaires, Les résultats de ce travail constituent ainsi une contribution significative à l'éclaircissement des dynamiques économiques étudiées.

Annexes

Annexe A : Organigramme de l'entreprise.



Source : fait par nous-même en utilisant les données....etc.

Annexe B : Tableaux de buys ballot

	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
2015	335399	304281	471269	430545	394061	223677	501842	298676	449795	388051	369907	529018
2016	398452	372456	269988	278727	298388	463618	270167	508845	419793	417413	299752	336240
2017	313093	391997	168696	459341	389892	231262	207435	374952	301328	264785	297476	265030
2018	416185	280784	356074	489681	405756	361274	322521	354875	301598	271344	213260	360676
2019	329945	347400	114349	427312	338751	298713	357276	403025	383447	343444	298808	433598
2020	288200	370788	400898	381917	479377	446864	186554	408310	197773	359385	305517	491564
2021	362235	325618	342604	346538	473881	154022	299341	405375	221467	378983	215315	281971
2022	218321	272010	90733	305324	368096	432617	265332	353610	252541	245406	342710	388296
2023	312062	269098	283819	378903	346061	269766	336474	289575	288501	315087	346156	233759
2024	431576	384015	392428	436309	398274	386853	448913	464806	417898	396441	503148	243930

Annexe C :**Annexe C.1 : teste ADF**

Augmented Dickey-Fuller Test

alternative: stationary

Type 1: no drift no trend

lag ADF p.value

[1,] 0 -1.952 0.0499

[2,] 1 -0.914 0.3508

[3,] 2 -0.748 0.4109

[4,] 3 -0.602 0.4631

[5,] 4 -0.539 0.4859

Type 2: with drift no trend

lag ADF p.value

[1,] 0 -10.73 0.01

[2,] 1 -6.23 0.01

[3,] 2 -5.00 0.01

[4,] 3 -3.96 0.01

[5,] 4 -3.82 0.01

Type 3: with drift and trend

lag ADF p.value

[1,] 0 -10.74 0.0100

[2,] 1 -6.25 0.0100

[3,] 2 -4.99 0.0100

[4,] 3 -3.91 0.0162

[5,] 4 -3.75 0.0238

Note: in fact, p.value = 0.01 means p.value $\leq$ 0.01

Annexe C.2 : Test PP

Phillips-Perron Unit Root Test

alternative: stationary

Type 1: no drift no trend

lag Z_rho p.value

4 -2.87 0.331

Type 2: with drift no trend

lag Z_rho p.value

4 -139 0.01

Type 3: with drift and trend

lag Z_rho p.value

4 -139 0.01

 Note: p-value = 0.01 means p.value <= 0.01

Annexe C.3 : Test KPSS

KPSS Unit Root Test

alternative : nonstationary

Type 1: no drift no trend

lag stat p.value

2 3.03 0.01

 Type 2: with drift no trend

lag stat p.value

2 0.234 0.1

 Type 1: with drift and trend

lag stat p.value

2 0.166 0.0333

 Note: p.value = 0.01 means p.value <= 0.01

: p.value = 0.10 means p.value >= 0.10

Annexe C.4 : L'estimation du modèle ARMA (2, 0,0).

Call:

```
arima(x = ts_importglb, order = c(2, 0, 0))
```

Coefficients:

	ar1	ar2	intercept
	-0.0017	0.1916	342856.617
s.e.	0.0896	0.0907	9473.156

sigma^2 estimated as 7.121e+09: log likelihood = -1531.49, aic = 3070.98

Training set error measures:

	ME	RMSE	MAE	MPE	MAPE	MASE	ACF1
Training set	81.42124	84387.1	67985.09	-8.668827	24.33135	0.7161959	-0.01173397

Annexe C.5 : L'estimation du modèle ARIMA (2, 0,1).

```

Call:
arima(x = ts_importglb, order = c(2, 0, 1))

Coefficients:
      ar1      ar2      ma1  intercept
    0.5342  0.1851 -0.5649 343917.12
s.e.  0.3222  0.1007  0.3263  11831.08

sigma^2 estimated as 7.039e+09:  log likelihood = -1530.82,  aic = 3071.64

Training set error measures:
              ME      RMSE      MAE      MPE      MAPE      MASE      ACF1
Training set -192.7645 83899.52 67925.25 -8.650777 24.29008 0.7155655 0.003377188

```

Annexe C.6 : Le test des résidus du modèle ARIMA (2, 0,0).

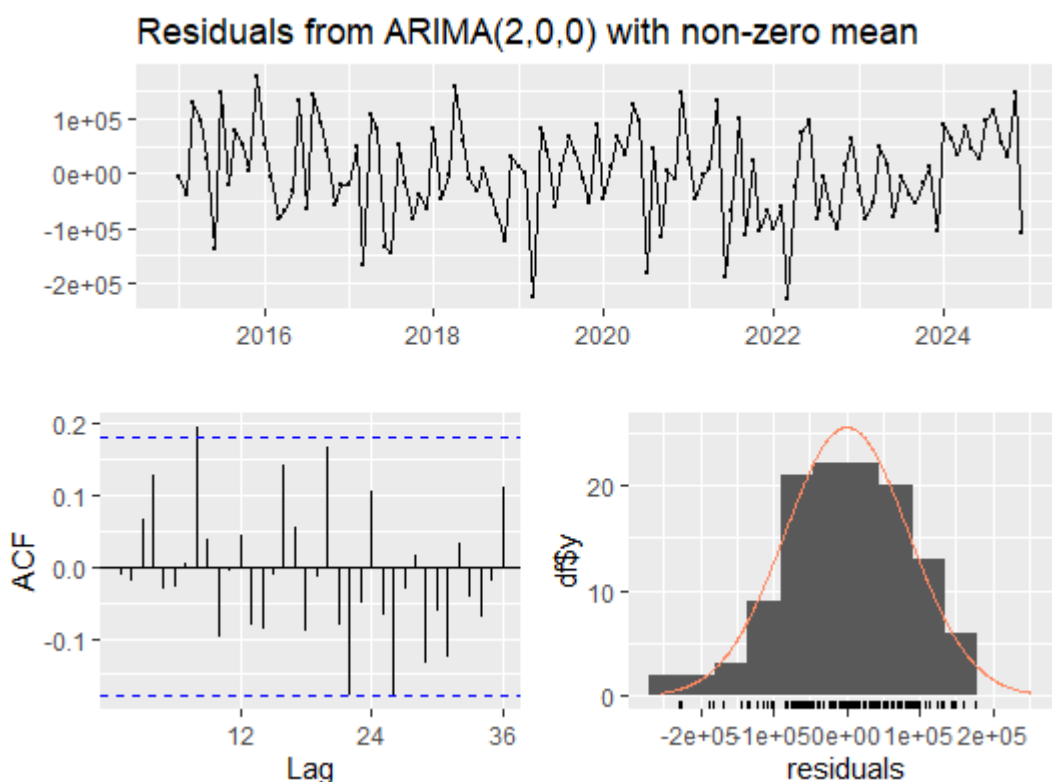
```

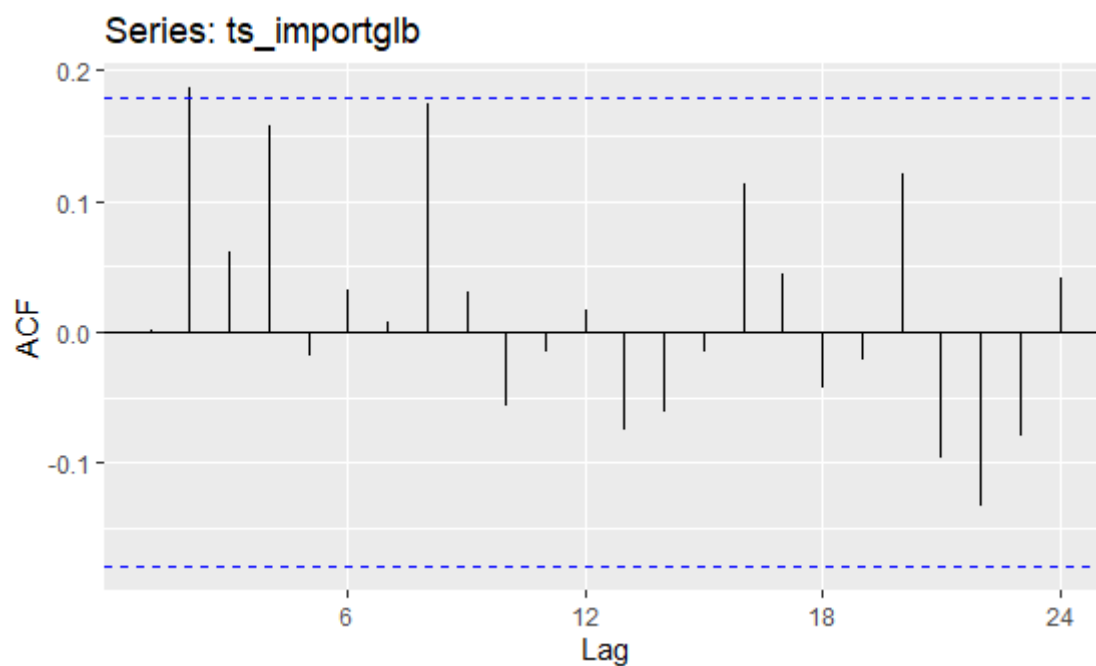
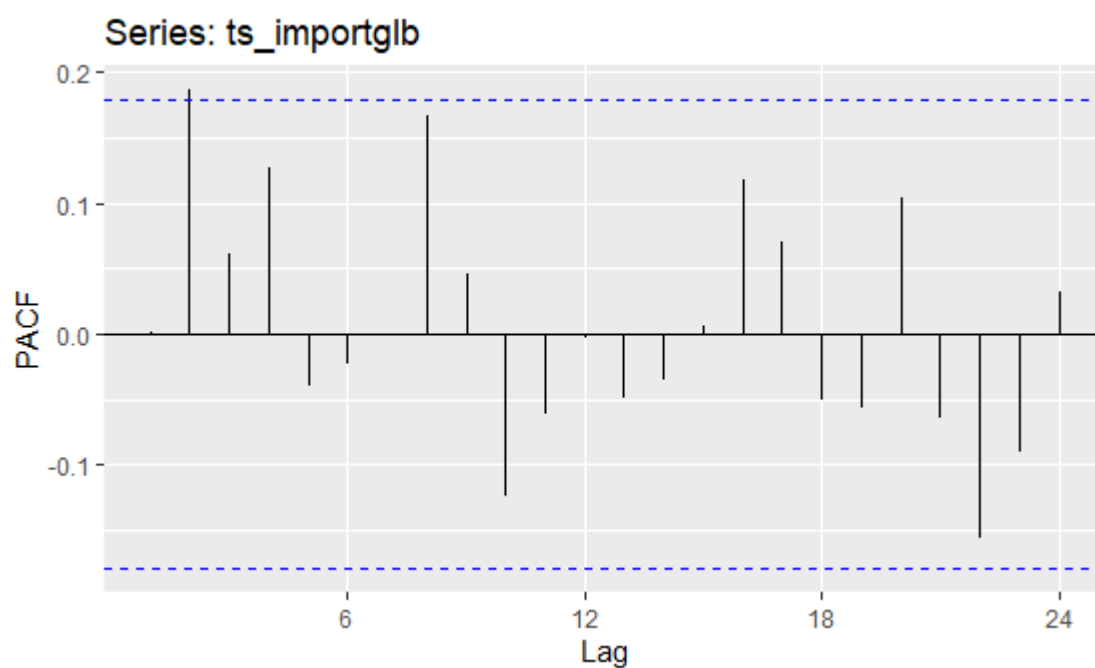
Ljung-Box test

data:  Residuals from ARIMA(2,0,0) with non-zero mean
Q* = 27.923, df = 22, p-value = 0.1783

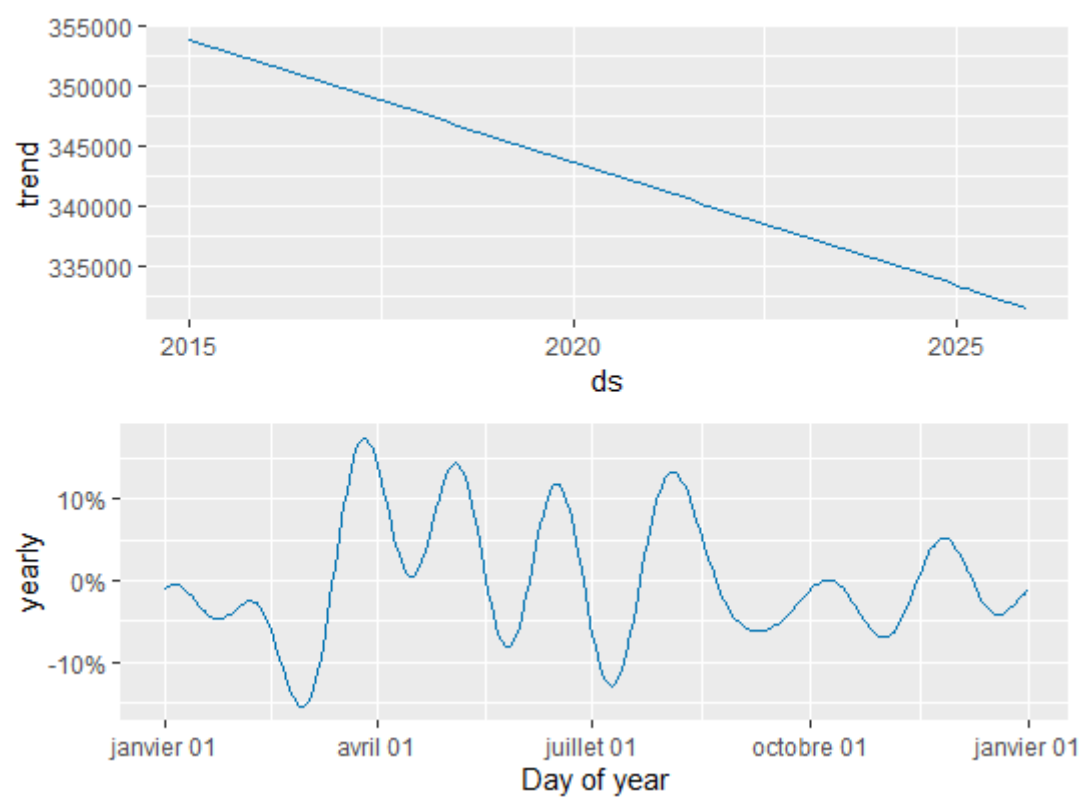
Model df: 2.    Total lags used: 24

```



Annexe D:**Annexe D.1 :** la fonction d'autocorrelation.**Annexe D.2 :** la fonction d'autocorrélation partielle.

Annex E: facebook-prophet .



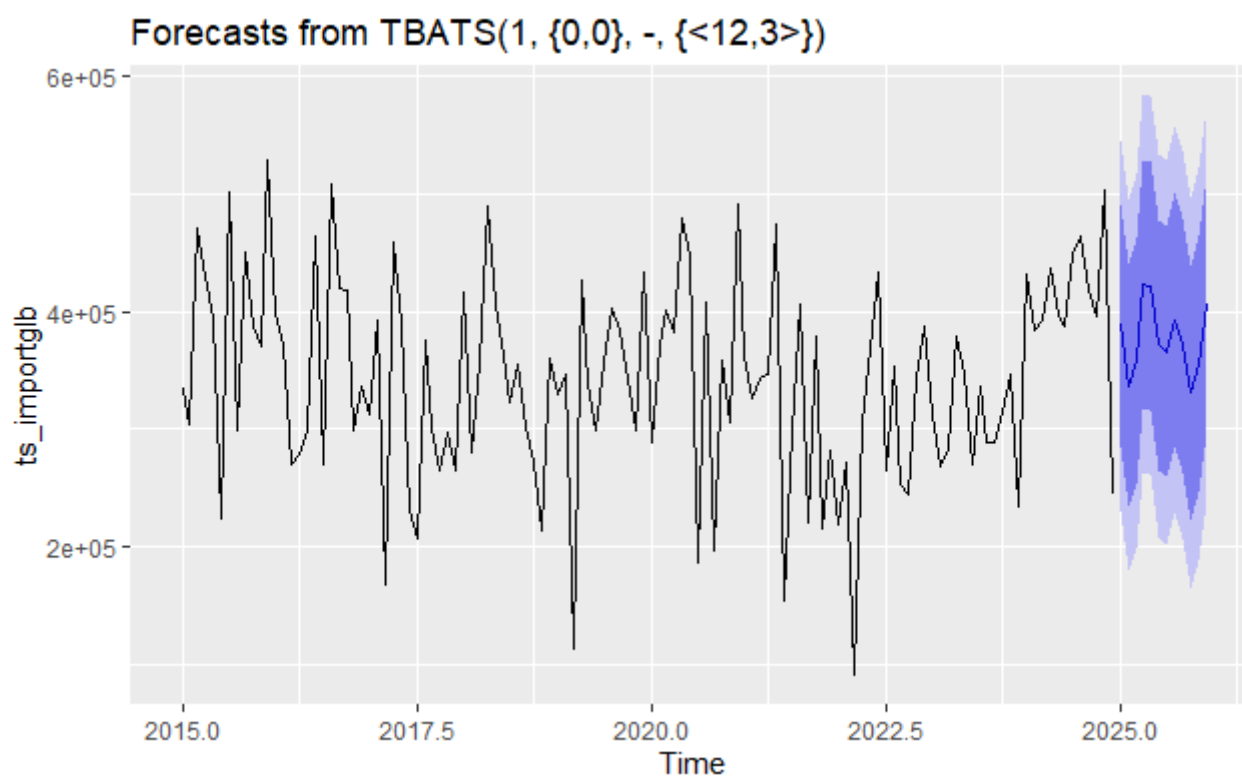
Annexe F :

Annexe F.1 : la prevision de modele tbats.

```
> forecast(tbats(ts_importglb),h=12)
```

	Point	Forecast	Lo 80	Hi 80	Lo 95	Hi 95
Jan 2025		388498.9	285458.9	491538.9	230912.8	546085.0
Feb 2025		337180.6	233981.9	440379.2	179351.8	495009.3
Mar 2025		357767.0	253943.0	461591.0	198981.9	516552.1
Apr 2025		422323.9	317503.5	527144.2	262015.0	582632.8
May 2025		422314.3	316784.1	527844.6	260919.8	583708.9
Jun 2025		371560.8	265500.0	477621.6	209354.9	533766.7
Jul 2025		366036.0	259299.2	472772.8	202796.1	529275.9
Aug 2025		393132.9	285698.9	500567.0	228826.7	557439.1
Sep 2025		371816.0	263881.2	479750.8	206743.9	536888.1
Oct 2025		330749.9	222296.4	439203.5	164884.5	496615.4
Nov 2025		354980.9	245841.1	464120.8	188065.9	521895.9
Dec 2025		406465.0	296866.0	516064.0	238847.8	574082.2

Annexe F.2 : le graphe de modelé tbats.



Bibliographie

<https://facebook.github.io/prophet/>. (2023).

Bouazza, M. T. (2017). *La méthodologie de Box et Jenkins et application*.

Bourbonnais, R. (2018). *économétrie*. Dunod 11, rue Paul Bert, 92240 Malakoff: 10^{eme} édition.

Gasparin, A. M. (2020). Time Forecasting Using Facebook Prophet :A Tutorial . *Journal of Data Science and Analytics*.

Hyndman, R. &. (2021). Forecasting principles and Practice . *Otexts* .

k.TAMITI. (2021). *Méthodes de lissage exponentiel pour la prévision*. Batna.

Khedhiri, S. (2007). *économetries méthodes et application*. 11,rue Lavoisier 75008 Paris.

L'EPB, H. d. (1982, Aout 14). *Document de port* .

Letham, S. J. (2017, juin 01). <https://doi.org/10.1080/00031305.2017.1380080>.

OUBELGHA, R. e. (2023/2024). *Construction d'un modèle prévisionnel de consommation énergétique. Cas de la consommation de gaz et électricité au niveau de Wilaya de Bejaia(2018/2024)*. Wilaya de Bejaia.

Régis Bourbonnais, M. T. (2010). *Analyse des séries temporelle* . Paris, DUNOD: 3^{eme} édition.

Taylor, S. J. (2017). Forecasting at Scale. *The American Statistician*, 37-45.

Liste des figures :

Figure 1 : organigramme de la direction commerciale.....	16
Figure 2.1 : les étapes de la méthodologie de Box et Jenkins.....	32
Figure 3.1 : importation globale (Blé, Maïs, Orge et soja).....	40
Figure 3.2 : la décomposition additive de la série.....	42
Figure 3.3 : la prévision de modèle ARIMA (2, 0, 0).....	46
Figure 3.4 : le graphe de la prévision de Facebook Prophet.....	48

Liste des tableaux :

Tableau 3.1 : statistique descriptives.....	40
Tableau 3.2 : le teste de racine unitaire.....	44
Tableau 3.3 : la comparaison entre les modèle ARIMA (2, 0, 0) et ARIMA (2, 0, 1).....	45
Tableau 3.4 : les résultats de la prévision de modèle ARIMA (2, 0, 0).....	47
Tableau 3.5 : les résultats de la prévision Forecast.....	48
Tableau 3.6 : la comparaison des modèles.....	50

Table des matières :

DEDICACE

REMERCIEMENT

LISTE DES ABREVIATIONS

SOMMAIRE

INTRODUCTION GENERALE 1

CHAPITRE I : PRESENTATION GENERALE DE PORT DE BEJAIA (L'EPB) 4

Introduction de chapitre I: 4

Section 1 : Présentation de l'entreprise portuaire de Bejaia 4

1. Historique de l'EPB : 4

2-Création de l'EPB..... 5

3- Les infrastructures et les terminaux de L'EPB (L'EPB, 1982):..... 7

4- La gestion des domaines portuaires : 10

Section 02 : Missions & activités de l'entreprise 11

1- Les Missions : 11

2- Les visions : 12

3- Les valeurs : 12

4- Les activités : 12

5- Organisation de l'entreprise : 13

Conclusion de chapitre I : 17

**CHAPITRE II : LES MODELES QUANTITATIFS POUR LES PREVISIONS DES
SERIE TEMPORELLES 18**

Introduction de chapitre II : 19

Section 1 : Les Approches quantitative de la modélisation et la prévision 19

1. Concepts de bas :. 19

2- Propriété des séries temporelle : 22

Section02 : la prévision des séries temporelle..... 26

1. Introduction à la prévision des séries temporelles :..... 26

2 /Les modèles ARIMA : 28

3-La méthode de BOX et JENKINS : 30

4/Prévision des méthodes de lissage exponentiel : 33

5-Les critères de comparaison des modèles : 34

6-La méthode <i>Facebook prophet</i> :.....	35
Conclusion du chapitre II :	38
CHAPITRE III : ANALYSE APPROFONDIE ET PREVISION DES SERIE TEMPORELLES	39
Introduction de chapitre III :	40
Section 1 : Présentation de la série.	40
1. La représentation graphique de la série :	40
2. Interprétation statistique descriptives :.....	41
3. Interprétation de la décomposition of additive time séries :	42
4. Les corrélogrammes d'ACF :	43
Section 2 : Les teste d'autocorrélation.....	44
1. Teste de racine unitaire :	44
2. Interprétation d'autocorrélation ARIMA (2. 0.0), et ARIMA (2. 0.1) :.....	44
3-Teste de modelé ARIMA :	45
4. Interprétation de la prévision de modèle ARIMA (2, 0,0) :	47
5. Interprétation previsionnelle de facebook prophet	49
6. Composantes du la prévision Forecast :	49
7. Interprétation de la tendance et la stationnarité (FP)	49
8. Interprétation de la comparaison des modèles :.....	50
Conclusion de Chapitre III :	51
CONCLUSION GENERALE :	53
BIBLIOGRAPHIE	64
LISTE DES FIGURES :	65
LISTE DES TABLEAUX :	66
Bibliographie :.....	
Liste des figures :.....	
Liste des tableaux :	
Table des matières :	
Résume :	

Résumé :

Cette étude analyse l'activité portuaire du port de Béjaïa à partir des données mensuelles d'importations sur la période 2015–2024, dans une perspective de modélisation et de prévision. Trois méthodes principales ont été mobilisées : le lissage exponentiel (ETS), les modèles ARIMA et Facebook Prophet. Les modèles TBATS et SNaïve ont servi de repères pour la comparaison. L'évaluation des performances à l'aide des métriques RMSE et MAPE montre que les modèles ARIMA et Prophet offrent les meilleurs ajustements, avec un avantage pour Prophet. Ces résultats soulignent l'intérêt des modèles prévisionnels pour anticiper les évolutions du trafic portuaire et appuyer les décisions de gestion.

Mots-clés : prévision, importations, port de Béjaïa, séries temporelles, ARIMA, lissage exponentiel, Facebook Prophet.

Abstract:

This study analyzes the port activity of Béjaïa using monthly import data over the period 2015–2024, with the aim of building a forecasting model. Three main methods were employed: exponential smoothing (ETS), ARIMA models, and Facebook Prophet. TBATS and SNaïve models were used as benchmarks for comparison. Forecasting performance was evaluated using RMSE and MAPE metrics. The results show that ARIMA and Prophet Models provide the best fit, with a slight advantage for Prophet. These findings highlight the relevance of forecasting models for anticipating changes in port traffic and supporting strategic decision-making.

Keywords: forecasting, imports, Béjaïa port, time series, ARIMA, Exponential smoothing, Facebook Prophet.

ملخص:

تهدف هذه الدراسة إلى تحليل نشاط ميناء بجاية بالاعتماد على بيانات الاستيراد الشهرية خلال الفترة الممتدة من 2015 إلى 2024، وذلك في إطار بناء نموذج للتنبؤ. تم استخدام ثلاث طرق رئيسية: طريقة التسوية الأسية (ETS)، ونماذج ARIMA، وطريقة Facebook Prophet. كما تم اعتماد نماذج TBATS و SNaïve كنماذج مرجعية للمقارنة. تم تقييم دقة النماذج باستخدام مؤشري RMSE و MAPE. أظهرت النتائج أن نماذج ARIMA و Prophet كانت الأكثر ملاءمة للبيانات، مع تفوق طفيف لنموذج Prophet. وتؤكد هذه النتائج على أهمية نماذج التنبؤ في استباق تطورات النشاط المينائي ودعم اتخاذ القرار الاستراتيجي.

الكلمات المفتاحية: التنبؤ، الاستيراد، ميناء بجاية، السلاسل الزمنية، ARIMA، التسوية الأسية، Facebook Prophet.