

Université Abderrahmane Mira-Bejaia
Faculté des sciences Économiques, Commerciales et Sciences de Gestion
Département des Sciences Économiques



Mémoire de fin de cycle

En vue de l'obtention du diplôme de Master en Sciences Économiques
Option : Économie Quantitative

Thème

*Construction d'un modèle prévisionnel de
consommation énergétique .Cas de la consommation
de Gaz et électricité au niveau de la Wilaya de Bejaia
(2018/2024)*

Réalisé par :

M^{elle}: RAMDANI Katia

M^{elle}: OUBELGHA Lyna

Sous la direction de :

Pr : ABDERRAHMANI Fares

Membres du jury :

Rapporteur: *M^r: ABDERRAHMANI Fares*

Président : *M^r : KACI Said*

Examineur : *M^r: DJEBARI Faycal*

Date de soutenance : 25/06/2024

Année universitaire : 2023/2024

Remerciement

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

Nous remercions tout d'abord notre promoteur **Mr ABDERRAHMANI Fares** pour son aide, sa disponibilité, ses conseils, son suivi et son exigence afin de réaliser un meilleur travail.

Nous adressons nos plus sincères remerciements à nos parents, qui nous ont toujours soutenu et encouragé tout au long de notre formation et 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 le membre de jury d'avoir accepté d'évaluer notre travail.

Dédicaces

*J*e dédie ce modeste travail à mon père et ma mère
qui sont l'âme de ma vie sans oublier mes 3 sœurs et
toutes les personnes qui m'aiment.

Katia

*A*mes parents, piliers de mon parcours académique, leur
soutien inconditionnel et leur présence ont été
ma plus grande source de motivation

Lyna

Résumé

Dans notre recherche, nous avons appliqué une méthodologie de prévision de la consommation énergétique, incluant l'électricité et le gaz, pour la wilaya de Bejaïa sur la période de janvier 2018 à mars 2024, en tenant compte des changements structurels. Nous avons d'abord appliqué les tests de racine unitaire sans rupture (Dickey-Fuller et Phillips-Perron), bien qu'ils présentent des limites pour détecter les dates de rupture dans la tendance des séries temporelles. Pour surmonter ces limites, nous avons utilisé le test de Zivot avec rupture endogène, qui a identifié deux dates de ruptures dans la tendance. En intégrant ces ruptures dans notre modélisation, nous avons élaboré un modèle optimal et final de type ARMA, ajusté précisément aux données.

Mots clés: Prévision, tests de racine unitaire, modèle ARMA, CEM, CGAZ, ruptures de tendance, stationnarité, PP, DF, ZA.

Summary

In our research, we developed a methodology for forecasting energy consumption, including electricity and gas, for the wilaya of Béjaïa over the period from January 2018 to March 2024, taking into account structural changes. We first applied unit root tests without breaks (Dickey-Fuller and Phillips-Perron), although they have limitations in detecting dates of breaks in the time series trend. To overcome these limitations, we used the Zivot test with endogenous break, which identified two dates of breaks in the trend. By integrating these breaks into our modeling, we developed an optimal and final ARMA-type model, precisely adjusted to the data.

Keywords: Forecasting, unit root tests, ARMA model, CEM, CGAZ, trend breaks, stationarity, PP, DF, ZA.

Liste des abréviations

ADF: Test de Dickey-Fuller augmenté

DF: Dickey-Fuller Simple.

AIC: Akaike.

ARIMA: Auto-Regressive –Integrated Moving Average.

ARMA: Auto-Regressive Moving Average.

BB: Bruit Blanc.

DS : Différence Stationnary, des processus non-stationnaire de nature aléatoire.

DW: Durbin-Watson.

KPSS: Test Kwiatkowski, Phillips, Schmidt et Shin.

MA: Moving Average (moyenne mobile).

MCO : Moindre carré ordinaire

PP : Test de Philips-Perron.

SARIMA: Processus ARIMA saisonnier.

SC: Schwarz.

TS : Trend Stationnary, qui représente une non-stationnarité d'une nature déterministe.

ZA : Test de Zivot et Andrews

CEM: Consommation d'électricité par les ménages

CGAZ: Consommation de gaz par les ménages

CEMSA: Consommation d'électricité par les ménages corrigés des coefficients saisonniers

CGAZSA : Consommation de gaz par les ménages corrigés des coefficients saisonniers

KLE : le capital, travail et l'énergie

KLEM : le capital, travail, énergie et la matière

VAR : le modèle à vecteur autorégressif

PIB : Production intérieure brute

Cvs : correction des variations saisonnières

LED : Lissage exponentiel double

LES : Lissages exponentiels simple

Liste des figures

Figure 1:Evolution des hydrocarbures en Algérie.....	20
Figure 2: Croissance et évolution du PIB 2018-2022	20
Figure 3:Croissance et évolution du PIB hors hydrocarbures	21
Figure 4:L'exportation des biens et services en Algérie 1960-2020.....	23
Figure 5:Structure de la consommation nationale énergétique.....	27
Figure 6: L'évolution de la demande énergétique en Algérie.....	28
Figure 7:schéma résume les étapes de la méthode de box Jenkins	39
Figure 8 : La représentation graphique de la série de la consommation d'électricité (CEM) ..	57
Figure 9:La représentation graphique de la série CEMSAF.....	60
Figure 10:La présentation graphique des deux série CMSA et CMSAF	61
Figure 11:La représentation graphique du test de Zivot-Andrew sur la série (CEMSA).....	64
Figure 12 : La représentation graphique de la série(CEMSAF)	67
Figure 13:La représentation graphique du test de Zivot-Andrew sur la série du GAZ.....	70
Figure 14: L'histogramme de la série du GAZ	71
Figure 15: Prévision de la série CGAZF	72

Liste des tableaux

Tableau 1:Les résultats de certaines études et leur méthodologies.....	12
Tableau 2:L'évolution des valeurs ajoutées par secteur pour les années (2003, 2007, 2011, 2015,2017)	22
Tableau 3:Les valeurs critiques du test de Zivot et Andrew	51
Tableau 4: Les coefficients de saisonnalité pour les 12 mois.....	58
Tableau 5: Le corrélogramme de la série brute CEM	58
Tableau 6:les résultats de l'estimation de modèle ARMA (1.2).....	59
Tableau 7: La prévision de la série CGAZSA avec variations saisonnière et la série brute	63
Tableau 8:Les résultats d'estimation de la série CEMSA (Test de stationnarité de Zivot –Andrews ...	64
Tableau 9:Corrélogramme de la série CEMSA	65
Tableau 10:Résultats d'estimation de Modèle sans transformation logarithmiques	66
Tableau 11:Correlogramme du test de Bruit-Blanc des résidus sur la série CEMSA.....	67
Tableau 12:Les résidus d'estimation du modèle CEMSA du mois de Février, Mars 2024	68
Tableau 13:Tableau 12 : Les Coefficients saisonniers de la série du GAZ.....	69
Tableau 14: Le test de Zivot-Andrew la série du GAZ.....	69
Tableau 15: Correlogramme de la série du gaz	70
Tableau 16: Estimation du modèle optimal (sans la transformation Logarithmique).....	71
Tableau 17: Correlogramme test de diagnostic des résidus	72
Tableau 18 : Les résidus d'estimation du modèle CEMSA du mois de Février, Mars 2024.....	73

<u>Remerciement</u>	
<u>Dédicace</u>	
<u>Liste des abréviations</u>	II
<u>Liste des figures</u>	III
<u>Liste des tableaux</u>	IV
<u>Introduction Générale</u>	7
<u>Introduction Générale</u>	1
<u>Chapitre I</u>	4
<u>Revue de la littérature (théorique et empirique)</u>	4
<u>Introduction</u>	4
<u>1. Approche théorique</u>	4
<u>2. Approche Empirique</u>	7
<u>3. Les études empiriques</u>	11
<u>Conclusion</u>	13
<u>Chapitre II</u>	14
<u>Les caractéristiques de l'économie algérienne</u>	14
<u>Introduction</u>	15
<u>1. Les caractéristiques de l'économie algérienne</u>	15
<u>2. Le secteur énergétique en Algérie</u>	23
<u>3. L'augmentation de nombres d'habitants et la croissance démographique</u>	30
<u>Conclusion</u>	31
<u>Chapitre III</u>	32
<u>La synthèse du modèle des séries temporelles</u>	32
<u>Introduction</u>	33
<u>1. Concept de base des séries temporelles</u>	33
<u>2. Analyse d'un modèle sans changement structurel</u>	44
<u>3. Analyse d'un modèle avec changement structurel</u>	46
<u>Chapitre IV</u>	52
<u>Prévision de la consommation d'électricité et du gaz</u>	52

<u>1. La SONELGAZ de la wilaya de Bejaia</u>	53
<u>Conclusion</u>	56
<u>2. Modélisation d'un modèle sans changement structurel</u>	56
<u>3. Modélisation du modèle avec changement structurel</u>	63
<u>Conclusion Générale</u>	74
<u>Bibliographie</u>	78
<u>Annexes</u>	83
<u>Table des matières</u>	91

Introduction Générale

Introduction Générale

L'accès à l'énergie est crucial pour le développement économique, car il joue un rôle central dans l'économie. Il est utilisé à la fois comme bien de consommation finale (éclairage, chauffage, etc.) et comme bien de consommation intermédiaire essentiel au fonctionnement des machines et à la production de nouveaux biens. En Algérie, l'économie dépend fortement des revenus issus des exportations d'hydrocarbures, qui représentent 98 % des exportations nationales et plus de la moitié des ressources budgétaires de l'État. Jusqu'à présent, le pétrole et le gaz sont considérés comme des moteurs essentiels du progrès socio-économique, d'où l'importance de leurs valorisations.

Cependant, cette dépendance excessive aux hydrocarbures présente des risques et des défis pour le développement durable du pays. Il est donc essentiel pour l'Algérie de diversifier ses sources d'énergie et de promouvoir des solutions énergétiques plus durables afin de répondre aux besoins de son développement économique et social à long terme.

Depuis son indépendance, l'électricité et le gaz naturel jouent un rôle essentiel dans la politique énergétique de l'Algérie. Ces deux vecteurs énergétiques constituent une priorité stratégique pour le pays, avec pour double objectif l'amélioration de la qualité de vie des citoyens et le soutien au développement économique. D'une part, l'accès généralisé à l'électricité et au gaz répond aux besoins essentiels de la population en matière d'éclairage, de chauffage et de cuisson, contribuant ainsi à l'élévation du niveau de vie. D'autre part, la disponibilité et la distribution efficace de ces ressources énergétiques sont cruciales pour le fonctionnement et la croissance des activités industrielles, commerciales et de services à l'échelle nationale.

Pour atteindre ces objectifs, le secteur énergétique algérien s'est fixé plusieurs priorités : garantir la couverture à long terme des besoins énergétiques, diversifier les sources d'énergie et renforcer les infrastructures de production, de transport et de distribution de l'électricité et du gaz. Ainsi, l'accès à ces deux vecteurs énergétiques est devenu un enjeu central de la politique énergétique algérienne, au service du bien-être des citoyens et du développement économique du pays.

L'économétrie des séries temporelles est un domaine de l'économétrie et de l'économie qui permet de mesurer l'évolution des phénomènes économiques dans le temps. Les méthodes économétriques des séries temporelles se développent en réponse aux phénomènes économiques incertains, et de nombreuses études récentes ont amélioré la fiabilité et la précision des prévisions économiques et financières. Ces prévisions peuvent être basées sur une seule série chronologique, dans le cas uni varié, ou sur plusieurs séries chronologiques interconnectées, dans le cas multi varié.

Dans les années 1970, Box et Jenkins ont introduit le processus ARMA pour la modélisation et la prévision d'une série temporelle en fonction de ses valeurs passées, ainsi

que des valeurs présentes et passées des erreurs. Cependant, l'influence du temps sur l'évolution des processus temporels remet en cause la notion de stationnarité, un pré requis fondamental de la méthodologie de Box et Jenkins. Les séries macroéconomiques et financières sont rarement stationnaires, ce qui a conduit à une meilleure compréhension des phénomènes économiques grâce aux tests de racines unitaires, tels que les tests de Dickey-Fuller, Phillips-Perron, et d'autres, qui vérifient la stationnarité ou non d'une série temporelle et identifient le type de non-stationnarité afin de choisir la méthode appropriée pour la rendre stationnaire.

La croissance économique et la consommation énergétique sont des aspects essentiels et interconnectés dans le développement des pays. Lorsque l'économie d'un pays se développe, la demande en énergie tend à augmenter. Cette demande accrue peut provenir de divers secteurs tels que l'industrie, les transports et les ménages. Il est crucial pour les gouvernements et les entreprises de trouver un équilibre entre croissance économique et durabilité environnementale, en favorisant les sources d'énergie renouvelables et les pratiques énergétiques efficaces. Cette relation complexe entre croissance économique et consommation énergétique est étudiée de près dans de nombreux domaines, y compris l'économie, la politique énergétique et la durabilité.

Dans notre recherche, nous avons adopté une approche en deux parties. Tout d'abord, une analyse théorique visant à éclairer l'importance de la consommation énergétique dans la wilaya de Béjaïa et à comprendre le secteur de l'énergie en Algérie. Ensuite, nous procéderons à des prévisions énergétiques pour SONELGAZ de Béjaïa en utilisant divers tests de racines unitaires avec le logiciel Eviews.

Cela nous mène à poser la question principale suivante :

- 1) Comment construire une méthodologie de prévision de la consommation énergétique pour la wilaya en tenant compte des changements structurels dans la série ?

Ainsi que deux questions secondaires :

- 1) L'examen de la stationnarité selon les tests de racines unitaires sans rupture est-il suffisant pour effectuer la prévision de la série ?
- 2) Comment modéliser une série temporelle en présence de changements structurels ?

Sur le plan méthodologique, notre travail est subdivisé en quatre chapitres. Le premier chapitre de ce mémoire, intitulé « Revue de la littérature théorique et empirique », se compose de trois sections. Dans la première section, l'approche théorique vise à établir les bases nécessaires pour comprendre la relation et les interactions entre la croissance économique et la consommation énergétique. La deuxième section, l'approche empirique, examine différentes études de causalité concernant cette relation, en présentant les points de vue des divers acteurs économiques. Enfin, la troisième section résume les différents tests et travaux réalisés dans ce domaine.

Le deuxième chapitre, intitulé « Évaluation de la consommation énergétique en Algérie », vise à approfondir notre compréhension des divers concepts liés au développement de l'économie algérienne. La première section examine les caractéristiques spécifiques de l'Algérie dans le contexte de son développement économique, en étudiant son évolution depuis l'époque coloniale jusqu'à nos jours. La deuxième section de ce chapitre se concentre sur le secteur de l'énergie en Algérie, en explorant à la fois l'électricité et le gaz naturel. Enfin, la troisième section analyse la relation entre la consommation énergétique et la croissance démographique, mettant en lumière la connexion entre cette problématique et l'essor démographique du pays.

Dans le troisième chapitre, intitulé "La synthèse des modèles de séries temporelles", nous aborderons plusieurs concepts fondamentaux des séries temporelles. La première section sera dédiée à la décomposition d'une série temporelle et à l'analyse des composantes du modèle linéaire ARIMA. La deuxième section examinera les différentes méthodes de détection de racines unitaires, tandis que la troisième section se penchera sur l'analyse des modèles avec et sans changement structurel.

Quant au quatrième chapitre, intitulé "La modélisation de la série ARMA avec changement structurel", il débutera par l'utilisation de différents tests de racines unitaires sur les séries d'électricité et de gaz afin de prévoir les résultats futurs. Dans la deuxième section de ce chapitre, nous mettrons en évidence les changements structurels en utilisant le test de Zivot-Andrew. Enfin, nous conclurons ce chapitre par une brève présentation de l'entreprise où nous avons effectué notre stage pratique, à savoir SONELGAZ de la wilaya de Bejaia.

Enfin, nous clôturerons notre mémoire par une conclusion générale, où nous présenterons les résultats essentiels de notre recherche.

Chapitre I

*Revue de la littérature (théorique et
empirique)*

Introduction

Dans une économie donnée, la croissance économique est définie comme une augmentation continue de la production de bien et de service au fil du temps, le produit intérieur brut PIB est généralement utilisé pour la mesurer. Cette croissance est cruciale car elle est souvent associée à l'amélioration du niveau de vie, de l'emploi et des opportunités économiques pour la population.

Il est possible de la décrire également comme la fluctuation quantitative, durable, auto-entretienne et non réversible de la production de biens et services au fil du temps et dans un espace économique spécifique. Toutefois, l'approche la plus répandue est celle de François Perroux, qui dans son livre « l'économie du XXe siècle » publié en 1961 définit la croissance comme « l'augmentation continue (...) d'un indicateur de dimension pour la nation : le produit global brut ou net, en termes concrets. » La richesse influence la croissance économique d'un pays. Par conséquent, le PIB est le moyen le plus couramment employé pour mesurer la croissance économique. La valeur ajoutée produite à l'intérieur d'un territoire sur une année donnée est appelée Produit Intérieur Brut. La valeur ajoutée est à elle seule.

L'énergie est considérée comme une substance de base nécessaire à la vie humaine et économique. Aujourd'hui, son importance ne cesse de croître en raison de son utilisation dans la plupart des activités économiques et non économiques. Le secteur de l'énergie fournit une large gamme de produits finis nécessaires à la vie quotidienne des ménages (transports, cuisine, chauffage, éclairage) et aux activités de production des entreprises, comme l'électricité, le gaz de pétrole liquéfié, le gaz naturel, l'essence, le diesel et le fioul lourd. Huile. Malgré un consensus sur la nécessité de comprendre la relation entre la consommation d'énergie et la croissance économique afin de poursuivre des politiques énergétiques efficaces, la relation entre la consommation d'énergie et la croissance économique a été peu étudiée dans les pays sous-développés et en développement. Cette demande a récemment augmenté alors que certaines régions connaissent des crises énergétiques répétées et que les prix de l'énergie, en particulier ceux du pétrole, continuent d'augmenter. Selon une étude américaine le principal obstacle de la croissance économique réside dans la quantité d'énergie disponible.

L'analyse de ces relations implique l'introduction de différentes théories et travaux empiriques qui s'y rapportent. Ceci est très utile car cela nous permet de comprendre le travail effectué sur le terrain afin d'identifier des techniques efficaces pour traiter notre sujet.

La causalité entre la consommation d'énergie et la croissance économique a fait l'objet de plusieurs publications dans la littérature économique.

1. Approche théorique

La relation entre la croissance économique et l'énergie électrique a une longue histoire. En fait, la découverte de l'utilité de l'énergie dans le développement remonte depuis la révolution industrielle de 1780. Durant cette période, la volonté de redonner un nouveau Souffle à l'économie britannique, basée sur l'utilisation de technologies de base, conduit

certains des pionniers de l'époque (James Watt, 1763) à dégarnir de nouvelles sources d'énergie et des machines qui rendront la meilleure utilisation de l'énergie. En conséquence, ces résultats conduisent à de réels changements dans l'activité économique.¹

En fait, à partir de la fin du XVIII^e siècle, d'innombrables découvertes ont eu lieu en chimie ainsi que des innovations technologiques et mécaniques. Ce processus d'industrialisation a provoqué des changements dans les habitudes, la nature, la production et la revitalisation économique, entraînant un exode des populations rurales vers les villes qui se sont développées autour des nouvelles bases de production. L'agriculture s'est ainsi mécanisée ; les agriculteurs sont ainsi passés d'une agriculture artisanale traditionnelle à une révolution agricole basée sur les machines et les produits chimiques. Ces innovations technologiques n'auraient pas été possibles sans les fruits de nouvelles inventions, qui ont d'abord nécessité l'utilisation massive d'énergie pour créer des machines à vapeur puis des moteurs électriques.

Le rôle de l'énergie dans le processus de croissance d'un pays a conduit à divers changements dans la théorie économique. Malgré l'importance qu'il joue pendant la révolution industrielle, les auteurs classiques et néoclassiques n'associent pas directement le pouvoir à un facteur déterminant tous les produits. Adam SMITH, avec sa théorie de la valeur montre que la valeur d'une bonne chose dépend uniquement du nombre d'activités nécessaires à sa production. La valeur d'un bien est donc déterminée uniquement par le travail utilisé dans le processus de production. Garder ce concept de valeur à l'esprit couvre implicitement le travail énergétique effectué pendant la révolution industrielle. Pour compenser cette déficience, Adam Smith considérerait que la valeur ajoutée obtenue grâce à l'utilisation des machines se dissout sous forme de profits et de salaires.²

Le rôle de l'énergie dans le développement d'une nation a connu une évolution significative dans la théorie économique. Malgré son importance cruciale pendant la révolution industrielle, les écrivains classiques et néoclassiques ne considèrent pas directement l'énergie comme un facteur de production dans la détermination du produit global. Selon la théorie de la valeur d'Adam SMITH, la valeur d'un bien est uniquement déterminée par la quantité de travail nécessaire à sa fabrication. Ainsi, la valeur d'un bien dépend uniquement du travail utilisé lors du processus de production. On peut implicitement négliger cette vision de la valeur en Négligeant le rôle de l'énergie pendant une période caractérisée par l'utilisation à grande échelle de machines pendant la révolution industrielle.³

¹Energie, croissance et calcul économique [article] sem-link Jacques Percebois, Revue économique Année 1978 29-3 pp. 464-493

²Adam Smith's Theory of Value and Distribution A Reappraisal Author: Rory O'Donnell Publisher: Palgrave Macmillan UK on 1990

³A. SMITH « Recherche sur la nature et les causes de la richesse des nations » 1776, Chapitre VI, Des parties constituantes du prix des marchandises M.G. ANAGO, Rapports de stage « consommation d'électricité et croissance économique en côte d'Ivoire » 2011.

Afin de remédier à cette lacune, Adam Smith va donc considérer que les bénéfices générés par l'utilisation des machines se répartissent en profits et salaires.

A l'instar d'Adam SMITH (1776), les théories de Jean Baptiste Say⁴ et de Ricardo (1830)⁵ ne considèrent pas l'énergie comme un élément clé de la production. Toutefois, c'est grâce aux recherches menées par Stanley JEVONS en 1865 sur l'influence de la réduction de la production de charbon sur le développement industriel au Royaume-Uni que l'utilisation de l'énergie comme moyen de production va connaître une croissance.

Bien que Jevons (1865) avertisse de l'importance de l'énergie dans la croissance économique anglaise. Les économistes classiques ne vont pas la considérer comme un élément clé dans la détermination de la production nationale. En raison de l'émergence de nouvelles théories de la croissance économique, le rôle de l'énergie dans la production sera également négligé. De la même manière que leurs prédécesseurs, ces écrivains (Solow, Baro, Becker, Romer) expliquent les résultats des pays en se basant sur d'autres éléments (le progrès technique, l'innovation, les dépenses publiques, le capital humain et l'apprentissage par la pratique) sans tenir compte de l'énergie. Quatre sources principales ont été identifiées par les théoriciens de la croissance endogène, l'acquisition de connaissances, l'acquisition de capital humain, l'acquisition de capital technologique et les dépenses liées aux infrastructures publiques. Cette situation va persister jusqu'à ce que la crise pétrolière survienne.⁶

L'intérêt pour l'énergie en tant que facteur de production s'est manifesté dans les recherches économiques suite aux crises pétrolières et à leurs conséquences sur les économies.

Au cours des années 1970, la recherche de la relation entre les changements dans les ressources naturelles, notamment l'énergie, et l'économie a entraîné la prise en compte de l'énergie, puis des matières premières, en tant que moyen de production. Grâce à cette prise de conscience, les fonctions de production qui intègrent l'énergie et les matières premières ont émergé. Ces fonctions de production sont appelées KLE (capital, travail, énergie) ou KLEM (capital, travail, énergie, matière). La croissance économique est étudiée par ces nouvelles fonctions de production en incorporant un nouveau facteur de production, à savoir l'énergie. Toutefois, la problématique de la substituabilité se pose lorsqu'on élabore les fonctions de production (Percebois, 1989).

Les fonctions de production de type Cobb Douglas ont été largement utilisées dans la plupart des modèles macro-énergétiques, garantissant une substituabilité parfaite entre ces

⁴ J.B. SAY « Traité d'économie politique ou simple exposition de la manière dont se forment, se distribuent où se consomment les richesses », 1803. Palakiyem Kpemoua 2016, Electric energy consumption and economic growth in Togo MPRA_69113. disponible en ligne <https://mpra.ub.uni-muenchen.de/69113/>.

⁵ D. RICARDO « Principes de l'économie politique et de l'impôt » 1821 Fichier 02, Chapitre XXXI, Des machines. M.G. ANAGO, Rapports de stage « consommation d'électricité et croissance économique en côte d'Ivoire » 2011

⁶ S. JEVONS « l'impact de la limitation de la production de charbon sur le développement industriel au Royaume-Unis », 1985. ANAGO Mahena Gildas, Rapport de stage « consommation d'électricité et croissance économique en côte d'Ivoire », 2011

facteurs de production. Selon Gregory et Griffin (1976) : peu importe le niveau de production et la proportion des facteurs, l'élasticité de substitution reste toujours égale à l'unité et la part relative en valeur des facteurs reste constante.

Selon Bernd et Wood (1979)⁷, il est affirmé que le capital et l'énergie sont complémentaires. La question de la "substituabilité technique brute" et de la "complémentarité économique nette" entre l'énergie et le capital dans les processus de production est soulevée par cette controverse.

De plus, il convient de souligner que l'électricité est essentielle pour répondre aux besoins quotidiens des acteurs économiques. Cependant, il est également reconnu que la consommation d'énergie, notamment celle de l'électricité, a un effet bénéfique sur la croissance. La croissance entraîne également des conséquences.

La consommation d'énergie s'accroît. De plus, avec le développement d'un pays, le niveau d'intensité énergétique de son PIB diminue. Par ailleurs, il est essentiel de prendre en considération les autres facteurs de production lorsqu'on étudie la dynamique de la relation entre l'énergie et la croissance économique.

Comme les théories économiques concernent l'impact de l'énergie sur la croissance économique, de nombreuses études empiriques ont été réalisées afin de saisir cette relation.

2. Approche Empirique

De nombreuses publications dans la littérature économique ont examiné la relation entre la consommation d'énergie électrique et la croissance économique. Toutefois, les résultats de ces études se manifestent de manière opposée.

Effectivement, les premières recherches sur les liens de causalité entre la demande d'énergie et le produit national brut sont attribuées à Kraft et Kraft (1978)⁸. Afin de souligner la corrélation entre le produit national brut et la demande d'énergie aux États-Unis, Kraft et Kraft commencent par analyser la consommation d'énergie et le PNB des États-Unis entre 1947 et 1974, et arrivent à la conclusion qu'il y a une relation unidirectionnelle entre le produit national brut et la demande d'énergie. De cette manière, les résultats des études suggèrent que toute initiative visant à encourager et redynamiser le secteur de l'énergie n'aurait aucun impact sur l'évolution du PIB. Toutefois, les résultats des études menées par Kraft et Kraft ont suscité des critiques de la part d'Akarca et Long (1980).⁹

Selon ces derniers, les résultats obtenus par Kraft et Kraft sont considérés comme biaisés car la période choisie pour les études est considérée comme instable en raison de l'impact du premier choc pétrolier. En réduisant à 1950 à 1968 la période d'étude, ces auteurs

⁷Engineering and Econometric Interpretations of Energy-Capital Complementarity Ernst R. Berndt and David O. Wood the American Economic Review Vol. 69, No. 3 (Jun., 1979), pp. 342-354 (13 pages) Published By: American Economic Association

⁸ Kraft et Kraft (1978) op.cit., p1

⁹Akarca, A. T., Long, T. V. (1979) «Energy and Employment: A Time Series Analysis of the Causal Relationship». Resources and Energy 2: 151-162.

démontrent qu'il n'y a pas de lien de causalité entre le PIB et la consommation d'énergie.

En même temps, Yu et Choi (1985)¹⁰ examinent la corrélation entre la consommation d'énergie et le PNB dans un échantillon de pays comprenant le Brésil, les États-Unis, le Royaume-Uni, la Pologne et la Corée du Sud. Selon eux, il n'y a aucune corrélation entre la consommation totale d'énergie et le PNB pour les États-Unis, le Royaume-Uni et la Pologne. De plus, ils remarquent une corrélation entre le PNB et la consommation d'énergie en Corée du Sud, tandis que les Philippines font le contraire.

Dans leur étude en Chine, Shiu et Lam (2004)¹¹ ont utilisé le test de causalité de Granger afin de démontrer la corrélation entre la consommation d'électricité et le PIB réel entre 1971 et 2000. Selon Granger, la consommation d'électricité est responsable de la croissance économique. De cette manière, les initiatives et les avancées dans le domaine de l'électricité jouent un rôle dans l'amélioration de l'économie.

En Turquie deux tests ont été utilisés par Galip Altınay et ses collègues (2005), à savoir le test de Dolado-Lukepohl dans un VAR à niveau et celui de Granger selon la méthode de Toda-Yamamoto (1995) afin de mettre en évidence les liens entre la consommation d'électricité et le PIB réel entre 1950 et 2000. Suite à leur évaluation, les deux tests employés pour leur modélisation ont démontré de manière convaincante la présence d'une relation unidirectionnelle entre la consommation d'électricité et le revenu. Selon Galip Altınay et ses collègues, il est recommandé de mettre en place des politiques visant à améliorer les services de fourniture d'électricité, car ils jouent un rôle crucial dans une augmentation de la consommation d'électricité, ce qui contribuerait à soutenir la croissance économique.¹²

D'autres méthodes ont également été employées afin de souligner le lien entre la consommation d'électricité et la croissance économique. La méthode de cointégration de Pedroni est l'une de ces méthodes. Ali Arcaravci et İlhan Orz土耳其 (2009) utiliseront la méthode de cointégration de Pedroni sur les données de Panel afin de déterminer si la consommation d'électricité et la croissance économique sont liées à long terme dans un échantillon de quinze pays en développement de l'Europe de l'est. Ces écrivains évalueront un modèle en se basant sur la consommation d'électricité par personne et le produit intérieur par personne de ces pays entre 1990 et 2006. Cela conduit à la constatation qu'il n'y a pas de lien à long terme entre ces deux variables. Par conséquent, les mesures de consommation d'énergie électrique ne sont pas influencées par la production réelle à long terme pour ces pays.

Dans une autre recherche, Ali Arcaravci et İlhan Orz土耳其 (2011) ont employé l'approche ARDL de Pesaran et Al (2001) afin d'analyser la corrélation et le sens de la causalité entre la consommation d'électricité et le PIB dans onze (11) pays du Moyen-Orient et de l'Afrique du

¹⁰ Yu, E. S. H, Choi J.Y «The Causal Relationship between Energy and GNP: An International Comparison» *The Journal of Energy and Development*, spring 1985, vol. 10, no. 2, 249-272

¹¹ Shiu et Lam (2004) « test de causalité de Granger afin de démontrer la corrélation entre la consommation d'électricité et le PIB réel entre 1971 et 2000 »

¹² Oh, W., Lee, K., (2004), « Causal relationship between energy consumption and GDP revisited: the case of Korea (1970-1999) ». *Energy Economics*. Vol 26, 51-59

Nord de 1990 à 2006. En Iran, au Maroc et en Syrie, les résultats du test de Pesaran mettent en évidence l'absence d'un lien d'équilibre à long terme entre la consommation d'électricité et la croissance économique. Par conséquent, les écrivains ont choisi de les exclure de l'échantillon. Cependant, les résultats de l'étude ont mis en évidence une corrélation entre les niveaux de consommation d'électricité et la croissance économique en Egypte, Israël, Oman et l'Arabie. Le test de causalité révèle la présence d'une relation de causalité.¹³

Selon la méthode de cointégration d'Engle et Granger, Nachane, Nadkani et Karnik (1988) ont découvert une corrélation à long terme entre la consommation d'énergie et la croissance économique dans onze pays en développement et cinq pays développés. La méthodologie de Johansen, Masih et Masih (1996) est mise en œuvre sur une série d'articles. Concernant six pays asiatiques (l'Inde, le Pakistan, l'Indonésie, la Malaisie, le Singapour et les Philippines). Ces résultats sont les suivants :

Il y a une corrélation à long terme entre la consommation d'énergie et le PIB en Inde, au Pakistan et en Indonésie. La consommation d'énergie est liée au PIB en Inde, Le PIB est lié à la consommation d'énergie en Indonésie, Il y a une relation bidirectionnelle entre la consommation d'énergie et le PIB au Pakistan, L'utilisation d'un VAR ordinaire a révélé l'absence de corrélation entre le PIB et la consommation d'énergie pour les trois pays restants (Malaisie, Singapour et Philippines).

L'analyse des données réelles est souvent utilisée dans les recherches empiriques sur la corrélation entre la croissance économique et la consommation énergétique afin de comprendre les tendances et les interactions dans divers contextes. Quelques exemples de ces travaux sont présentés ¹⁴:

2.1 Analyse des données Macro-économiques

Les chercheurs se servent de données macroéconomiques nationales ou régionales afin d'analyser la relation entre la croissance du produit intérieur brut (PIB) et la consommation d'énergie. Ils ont la possibilité d'analyser des périodes particulières ou des tendances à long terme afin de repérer les liens et les causes.

2.2 Analyse Économétrique

Des chercheurs ont employé des modèles économétriques afin d'analyser la manière dont la croissance économique influence la consommation d'énergie et inversement. L'objectif de ces recherches est de saisir les liens de causalité et les interactions entre ces deux facteurs.

¹³ Revue Chercheur. (n.d.). *Titre de l'article. Revue Chercheur*. Retrieved July 2, 2024, from <https://www.revuechercheur.com/index.php/home/article/download/259/189/872>

- **Étude sur les modèles de consommation d'énergie**

Ces recherches portent sur la manière dont les ménages, les entreprises et les industries consomment de l'énergie. Ils étudient la manière dont ces comportements sont évalués en fonction de la croissance économique, des avancées technologiques et des politiques énergétiques.

2.3 Analyse des données sectorielle

Les chercheurs étudient les informations particulières de certains secteurs économiques, tels que l'industrie, les transports ou le secteur résiduel, afin de saisir l'impact de la croissance économique sur la demande énergétique dans ces domaines. Cela pourrait englober des recherches sur l'efficacité énergétique, les avancées technologiques et les méthodes de gestion.

- **Étude sur les chocs économiques et énergétiques**

Ces recherches étudient l'impact des chocs économiques, comme les crises financières ou les récessions, sur la consommation d'énergie, ainsi que l'impact inverse ou les perturbations dans l'approvisionnement énergétique, sur l'activité économique.

2.4 Analyse comparative entre les pays

Les chercheurs établissent des comparaisons entre les évolutions de la consommation d'énergie et de la croissance économique dans divers pays ou régions afin de repérer les éléments qui impactent ces variables et les meilleures pratiques en matière de politique énergétique.

Différents modèles statistiques sont employés pour analyser la corrélation entre la croissance Économique et la consommation d'énergie. Voici quelques-uns des modèles les plus fréquemment employés :

- **LE MODELE DE REGRSSION LINEAIRE SIMPLE OU MULTIPLE :** L'utilisation de ce modèle permet d'analyser la corrélation entre une variable dépendante, telle que la consommation d'énergie, et une ou plusieurs variables indépendantes, comme le PIB, la population, le taux d'urbanisation, etc. La régression linéaire offre la possibilité d'examiner la force et la direction de la relation entre ces variables.
- **LE MODELE DE REGRSSION NON LINEAIRE :** Il arrive parfois que la corrélation entre la croissance économique et la consommation d'énergie ne soit pas parfaitement perpendiculaire. Dans de telles situations, il est possible d'utiliser des modèles de régression non linéaire, comme les modèles quadratiques ou exponentiels, afin de saisir cette relation plus complexe.
- **LE MODELE DE SERIES CHRONOLOGIQUES :** Ce modèle est utilisé pour

étudier les données historiques concernant la croissance économique et la consommation d'énergie. Les séries de chronologie offrent la possibilité d'analyser les tendances à long terme, les fluctuations saisonnières et les conséquences de certains événements sur ces variables.

- **LE MODELE VAR (VECTOR AUTOREGRESSION) :** Les modèles VAR sont utilisés à fin d'analyser les liens de rétroaction entre différentes variables. Ils offrent une aide précieuse pour étudier comment la croissance économique et la consommation d'énergie s'influencent sur le long terme.
- **LES MODELES DE COINTIGRATION :** Ces modèles étudient les liens à long terme entre les périodes non stationnaires, comme la croissance économique et la consommation d'énergie. Ils offrent la possibilité de repérer les équilibres à long terme et les ajustements à court terme entre ces variables.
- **LE MODELE DE PANEL :** Les modèles de panel mettent en évidence la relation entre les deux variables à travers divers pays, régions ou secteurs en utilisant des données transversales et temporelles. Les effets fixes et aléatoires ainsi que les interactions entre les unités observées peuvent être analysés grâce à eux.

3. Les études empiriques

Les études empiriques ont bien documenté la question de la demande d'énergie, tant dans les pays en développement que dans les économies développées. L'énergie joue un rôle essentiel dans le processus de production et la croissance économique, et une augmentation de la consommation d'énergie devrait stimuler la croissance, tandis qu'un manque d'énergie pourrait la ralentir. Pour le cas des différents pays, les études montrent une relation de causalité bidirectionnelle entre la consommation de l'électricité et la croissance économique mais aucune relation causale entre la consommation du gaz naturel et la croissance. De nombreuses études se sont également intéressées à la relation de l'électricité et de la croissance économique, révélant une forte corrélation, bien que à l'existence et à la direction de causalité.¹⁵

3.1 Résultats de certaines études

D'après cette revue de la littérature, deux méthodologies différentes permettent de tester la relation causale entre la demande d'énergie et la croissance du PIB réel. La première est le teste de non causalité de Granger, qui utilise le Vecteur Autorégressif structurel (SVAR). La seconde est le test de causalité de granger standard. La plupart des études cherches à montrer des relations de causalité de granger standard. La plupart des études cherche à déterminer les relations de corrélation, ainsi qu'à estimer l'élasticité prix de l'énergie et de PIB. Le choix de la méthodologie appropriée est essentiel pour tirer des conclusions précises sur la relation entre la demande de l'énergie et la croissance du PIB réel, en fonction des objectifs de l'étude et des données disponibles.¹⁶Le tableau suivant résume les conclusions de certaine étude récente sur ce sujet dans différents pays, en résumé les travaux

¹⁵Reddy, A. K. N., & Reddy, M. R. (2013). Title of the article. *Journal of Energy in Southern Africa*, volume(number), pages.

¹⁶Rao, S. S. (2012). Title of the article. *Journal of Energy in Southern Africa*, volume(100-101), pages.

empiriques soulignent l'importance de l'énergie pour la croissance économique et les résultats sur la direction de la causalité varient selon les contextes nationaux étudiés.

Tableau 1: Les résultats de certaines études et leurs méthodologies

Auteurs	Variables	Méthodologies	Résultats
(Aqeel A. & Butt M.S., 2001)	PIB par habitant, énergie par habitant, gaz, électricité, consommation de pétrole	Test de cointégration Version de Hsiao de la causalité de Granger	La croissance du PIB provoque la consommation d'énergie La croissance du PIB provoque la consommation de pétrole Pas de causalité dans la consommation de gaz et le PIB
(Ghosh, S., 2002)	PIB par habitant, consommation d'électricité par habitant	Approche de Engel-Granger Causalité de Granger	Pas de cointégration Causalité unidirectionnelle de la CE à la croissance du PIB
(Shiu,A. &Lam, P., 2004)	PIB réel, consommation d'électricité	Cointégration de Johansen	La Consommation d'électricité entraine la croissance du PIB
(Mehrara, M., 2007)	PIB par habitant, consommation d'énergie par habitant	Cointégration en donnée de Panel Causalité de Granger en Panel	Causalité unidirectionnelle de la croissance économique vers la consommation d'énergie.
(Narayan,P.K. & Smyth, R., 2008)	PIB, consommation d'énergie, capital fixe brut (tous par habitant)	Cointégration en panel avec et sans rupture structurelle, causalité de panel	L'investissement, la consommation d'énergie et la croissance du PIB sont cointégrées. La formation de capital et la consommation d'énergie entraînent une croissance positive du PIB réel à long terme.
(Khan, M.A. & Qayyum, A., 2009)	PIB, prix de l'électricité, consommation d'électricité, nombre de clients, température	ARDL	Le revenu et le nombre de clients exercent un impact positif sur la demande d'électricité à long terme et à court terme. Le prix de l'électricité exerce un effet négatif sur la demande d'électricité à long
(Ozturk, I. &Acaravci, A., 2010)	PIB, émission de dioxyde de carbone, consommation d'énergie (tous par habitant), taux d'emploi	ARDL	Ni les émissions de carbone ni la consommation d'énergie ne provoquent la croissance du PIB.Le taux d'emploi entraîne une croissance du PIB
(Jamil, F. & Ahmad, E., 2010)	PIB, prix de l'électricité, consommation d'électricité, nombre de clients	Cointégration de Johanssen, VECM causalité de Granger	La croissance du PIB entraîne une consommation d'énergie. La croissance de la production dans les secteurs commercial, manufacturier et agricole a tendance à augmenter la consommation d'électricité

Source : article sur site-web <https://mpr.ub.uni-muenchen.de/82967/>

Conclusion

Il est indéniable que l'énergie joue ou a joué un rôle dans la croissance économique. Comme illustration, la révolution industrielle aurait été impossible sans la présence de sources d'énergie abondantes. Ainsi, l'emploi de l'énergie aide à améliorer les conditions de vie et la qualité du travail. Elle joue un rôle essentiel dans la société contemporaine, tout comme les technologies de l'information (Ph. Busquin, commissaire européen). La compréhension du rôle de l'énergie, dans la théorie traditionnelle de la croissance, n'est pas aussi claire. En ce qui concerne l'aspect empirique, nous constatons que le débat a évolué avec l'emploi des méthodes de séries temporelles pour analyser la cointégration des variables et la direction de la causalité. Toutefois, la corrélation entre la consommation d'énergie et la croissance économique demeure une question récurrente, même si jusqu'à présent, il n'y a pas de consensus sur la nature de cette relation. La causalité peut être utilisée dans les deux sens. La variété des résultats empiriques exige non seulement des recherches supplémentaires, mais aussi l'utilisation de nouvelles méthodes pour étudier le lien entre la consommation d'énergie et la croissance économique. La valorisation de ces connexions favoriserait l'amélioration des conséquences socio-économiques des politiques énergétiques, ce qui devrait favoriser le progrès.

Chapitre II

Les caractéristiques de l'économie algérienne

Introduction

Aujourd'hui, après plus de trente ans de tentatives pour adapter l'économie du pays afin de la rendre plus compétitive et rentable, les résultats économiques de l'Algérie demeurent essentiellement inchangés. Cette situation économique est étroitement liée aux fluctuations des prix de l'énergie.

Ce chapitre sera partagé en trois sections. La première sera consacrée à la description de l'économie algérienne, la deuxième portera sur le secteur énergétique de l'Algérie, et la dernière section sera dédiée au rôle de l'énergie sur la croissance démographique.¹⁷

1. Les caractéristiques de l'économie algérienne

L'économie algérienne se distingue des autres économies régionales par plusieurs traits marquants. Tout d'abord, elle a poussé la transformation socialiste à un niveau plus avancé que ses voisins, adoptant une orientation économique similaire à celle des pays d'Europe centrale et orientale ainsi que de certains pays asiatiques à tendance socialiste. De plus, l'histoire coloniale et postcoloniale de l'Algérie a profondément influencé son développement économique. La colonisation et la décolonisation ont été marquées par des violences et des perturbations qui ont eu un impact significatif sur les structures économiques traditionnelles du pays.

L'importance des hydrocarbures dans l'économie algérienne est notable, en tant que principale source de revenus d'exportation. Cependant, cette dépendance aux hydrocarbures tend à masquer la complexité réelle de l'économie algérienne, souvent réduite à ce seul facteur. Malgré son statut d'exportateur d'hydrocarbures, l'Algérie fait face à un problème de sous-emploi structurel, ce qui la distingue des monarchies pétrolières du Golfe. Les migrations, tant en termes d'émigration que d'immigration de travail, ajoutent une dimension complexe à la dynamique sociale du pays. Il est crucial de considérer ces divers aspects pour une compréhension approfondie de l'économie algérienne.

1.1 Approche coloniale

Nous entendons par l'économie coloniale, le système d'exploitation des richesses et du travail par la contrainte qui a duré de la colonisation à l'indépendance, soit de 1830 à 1962. Bien qu'il s'agisse d'une période révolue, elle est indispensable pour comprendre certaines conséquences économiques et sociales sur l'évolution et l'état actuel de l'économie de l'Algérie coloniale. Cependant, ces conséquences sont peu importantes pour deux raisons : D'une part, un gouvernement général de l'Algérie aux objectifs se limitant au contrôle des populations et à la fiscalité. D'autre part, le problème posé par la population indigène (insuffisances de l'état civil, grande mobilité, indifférence, etc.). Il faudra attendre la fin de la Seconde Guerre mondiale avec la création de l'INSEE, pour qu'en Algérie se développe un

¹⁷ Fatiha TALAHITE. (2010), Thèse d'habilitation à diriger des recherches, « Réformes et transformations économiques en Algérie », Université Paris 13-Nord

effort sérieux de réflexion sur la fiabilité des données collectées et par la suite sur le traitement des statistiques imparfaites.

Benissad résume les secteurs de l'économie algérienne coloniale en ces mots : "Ils sont le résultat d'un bouleversement violent et profond de la société algérienne pré coloniale et de ses activités productives, mais ce bouleversement produit une économie moderne gérée par la population européenne à son profit et une économie traditionnelle, essentiellement agricole, qui permet la subsistance de la majorité de la population algérienne indigène."

Les Algériens ont hérité d'une situation critique après l'indépendance. À quelques exceptions près, il s'agit d'études qui portent sur différents aspects de l'économie coloniale. Ils ont souligné presque unanimement que l'économie coloniale servait avant tout le peuple. Un groupe minoritaire européen vivant dans les grandes villes en Algérie. Le dualisme et l'extraversion sont des caractéristiques fondamentales de diverses politiques économiques et autorités coloniales. Les Français ont laissé derrière eux une économie coloniale sous-développée, conséquence d'une politique économique caractérisée par la faiblesse. Un investissement industriel basé sur la coexistence de deux filières agricoles, des logiques disparates et des dépendances multiples et croissantes commerciales et financières pour la métropole. Les éléments clés de cette entreprise de développement économique pendant la période coloniale sont les suivants :

Premièrement, l'Algérie est fortement dépendante et influencée par les pays étrangers, avec des conditions de change très défavorables.

Deuxièmement, à l'époque, l'économie était principalement rurale, avec près de la moitié de la main-d'œuvre travaillant dans le secteur agricole à l'échelle mondiale.

Troisièmement, l'économie coloniale algérienne était caractérisée par un marché de travail divisé en deux catégories principales : d'un côté, le marché de travail européen qui comprenait des emplois permanents et temporaires, et de l'autre côté, le marché de travail musulman qui conduisait à des inégalités extrêmes.

Quatrièmement, l'économie coloniale algérienne était caractérisée par la faiblesse en termes de quantité et de qualité du capital humain, en raison des politiques scolaires mises en place.

En raison de la situation asymétrique, le niveau d'éducation des "musulmans" est très faible. Malgré le niveau d'éducation relativement faible des "Européens" par rapport à d'autres pays, comme les villes de France. Cet héritage colonial de la politique scolaire s'est poursuivi dans la loi de 1892. La Troisième République n'a pas assuré une éducation adéquate aux musulmans en 1944, seulement 8% d'entre eux fréquentaient l'école, comparée à 90% des enfants européens.

Le cinquième point concerne le système financier de l'époque. Même s'il dépendait du système, les institutions financières de l'Algérie coloniale faisaient partie de la zone "Franc", et la plupart des banques "algériennes" étaient des filiales des banques métropolitaines. Les

systèmes bancaires "algériens" jouissaient d'une relative autonomie et avaient des systèmes d'organisation uniques. Leur travail était de financer l'économie locale, mais cela se faisait au détriment des "musulmans", en favorisant plutôt l'économie "française".

Les effets de la politique coloniale étaient perceptibles dans l'Algérie post coloniale. Les politiques économiques coloniales ont eu des conséquences négatives et ont laissé des institutions politiques, sociales et économiques qui ont entravé l'adoption des stratégies de développement spécifiques.

1.1.1 Industrialisation et expansion du secteur des hydrocarbures :

L'industrialisation de l'Algérie après son indépendance (1962 à 1985) a été marquée par la nationalisation des ressources nationales, en particulier dans le secteur des hydrocarbures. Cette mesure visait à moderniser l'économie en permettant à l'État de contrôler ces ressources stratégiques. Cependant, cette politique a engendré des défis majeurs pour le pays. La forte dépendance aux revenus pétroliers a rendu l'économie vulnérable aux fluctuations des prix du pétrole sur le marché mondial. Cette situation a créé un cercle vicieux où la stabilité économique dépendait fortement des cours du pétrole. La priorité accordée à l'industrie lourde a renforcé cette dépendance en augmentant les importations nécessaires à ce secteur.

Le secteur des hydrocarbures, principalement orienté vers l'exportation, est devenu un pilier crucial de l'économie algérienne. Les revenus tirés de l'exportation de pétrole et de gaz naturel ont été essentiels pour financer les programmes de développement et d'industrialisation du pays. Cependant, cette dépendance a également limité la diversification des exportations, exposant l'économie à des risques en cas de chute des prix du pétrole. Malgré les investissements massifs dans l'industrie et l'éducation, la croissance économique a été freinée par une gestion centralisée et des problèmes structurels. Le secteur privé, principalement composé de petites et moyennes entreprises, n'a pas pu prospérer pleinement en raison de barrières à la concurrence.

En somme, l'industrialisation de l'Algérie postindépendance, marquée par la nationalisation des ressources, notamment dans les hydrocarbures, a apporté des avancées significatives, mais a aussi posé des défis importants, en particulier en termes de diversification économique et de création d'emplois durables.

1.1.2 Crise de (1985-1986) et lancement du processus de réformes :

Le gouvernement en question a immédiatement promulgué une loi libéralisant la vente d'actifs dans le secteur des hydrocarbures, permettant ainsi l'investissement direct étranger dans la prospection, ainsi que des partenariats dans la production et la commercialisation avec un "droit d'entrée immédiat". Cette mesure visait à rentabiliser rapidement ce secteur, qui avait été négligé en termes d'investissement, afin de répondre aux contraintes extérieures. La même année, l'Algérie a obtenu du FMI un crédit conditionné à des critères de performance, principalement pour réduire la création monétaire.

En 1985, une chute brutale du prix du pétrole, combinée à celle du dollar, a exercé un choc sur l'économie algérienne, non anticipé par le gouvernement. Les exportations ont chuté de 55,5% en valeur entre 1984 et 1987, suivies par une diminution des importations de 54%, en raison de mesures d'austérité. Cette situation a rapidement paralysé toute l'économie. Le pays a dû s'endetter pour maintenir les importations de biens stratégiques, sous la menace d'une explosion sociale.

À la fin des années 1980, l'Algérie a lancé un processus de réformes économiques, souvent désigné comme une transition vers une économie de marché, notamment après les émeutes d'octobre 1988. Le gouvernement réformateur arrivé en 1989 a initié un projet global de réformes économiques appuyées par une ouverture politique. Ces réformes visaient à rétablir les lois du marché dans l'économie, à restaurer la contrainte financière sur les banques et les entreprises publiques, tout en assainissant la gestion de ces entreprises pour les rendre performantes et compétitives sur le marché national et international. Il s'agissait d'un processus graduel visant à autonomiser l'économie du politique et à mettre en place les instruments d'une véritable politique économique.

En réponse à la situation économique difficile, le gouvernement suivant a rapidement promulgué une loi libéralisant la vente d'actifs dans le secteur des hydrocarbures, permettant ainsi l'investissement direct étranger dans la prospection, ainsi que des partenariats dans la production et la commercialisation moyennant un "droit d'entrée immédiat". L'objectif était de rentabiliser rapidement ce secteur, qui avait été négligé en termes d'investissement, afin de répondre aux contraintes extérieures. La même année, l'Algérie a obtenu du FMI un crédit conditionné à des critères de performance, principalement pour réduire la création monétaire.

1.1.3 La remise en cause de la réforme et programme d'ajustement structurel :

- **Interprétation de la réforme (économie de guerre) (1992-1994)**

La crise politique menée de 1992 à 1994 a consisté à remettre en question les réformes antérieures, notamment en modifiant la loi sur la monnaie et le crédit, en ajustant le code du commerce et en révisant les textes sur l'autonomie des entreprises. La création d'un comité chargé du suivi du commerce extérieur a contribué à bloquer la production en raison de la complexité des procédures.

- **Le programme d'ajustement structurel (1994/1998)**

En 1994, confronté à une situation de cessation de paiement, le gouvernement algérien a sollicité le rééchelonnement de sa dette extérieure, amorçant des négociations avec le FMI et la Banque Mondiale pour un Programme d'Ajustement Structurel (PAS) entre 1994 et 1998. Malgré des discussions difficiles sur des questions telles que la restructuration et la privatisation du secteur public, ainsi que la libéralisation du commerce extérieur, le

gouvernement, affaibli politiquement, a finalement accepté des mesures standards d'ajustement structurel. Ces mesures, combinées à des accords de rééchelonnement avec les Clubs de Paris et de Londres, ont injecté entre 20 et 22 milliards de dollars d'aide entre 1994 et 1998. En échange, le gouvernement s'est engagé à mettre en œuvre un plan d'ajustement comprenant des mesures de stabilisation macro-financière, notamment la réduction de l'inflation, la dévaluation du dinar, la libéralisation des prix et du commerce extérieur. Cependant, ces réformes ont eu un coût social et politique élevé, aggravé par la guerre civile en cours. Le chômage a doublé entre 1990 et 1997, dépassant les 20% de la population active. Bien que ces mesures aient atténué la pression extérieure, elles n'ont pas réussi à relancer la croissance. Les élections présidentielles de 1999 ont marqué un retour à la recherche d'un consensus minimal.

1.1.4 Hausse des revenus des hydrocarbures et poursuite des réformes :

Le programme quinquennal [2015-2019]¹⁸ a été élaboré avec plusieurs objectifs clés. Tout d'abord, il visait à réaliser une croissance économique moyenne de 7% au cours de cette période. De plus, une priorité était accordée à la réduction du chômage, avec l'objectif ambitieux de passer de 980 chômeurs à 8% à la fin du programme.

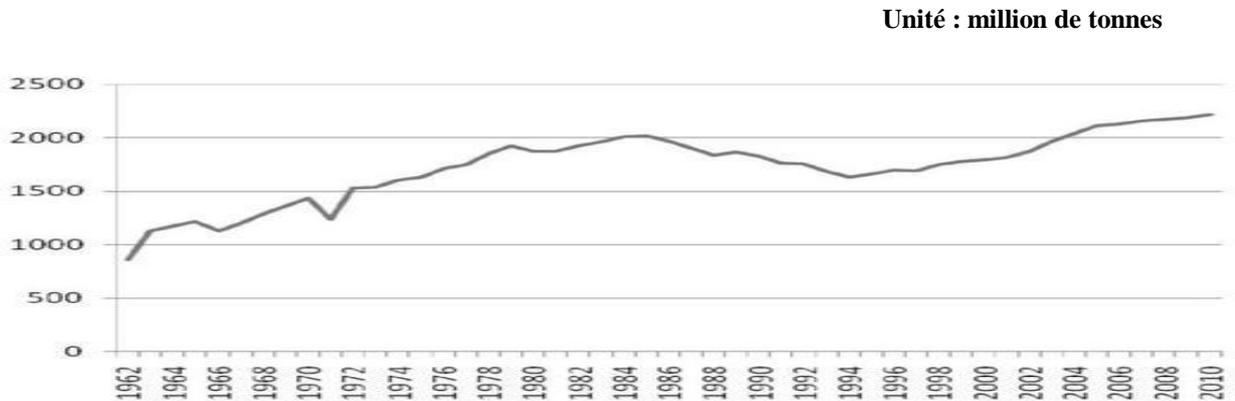
Parallèlement, le programme cherchait à améliorer la qualité de vie des citoyens en mettant en œuvre des mesures favorisant le développement socio-économique. Une autre dimension importante était la modernisation du système de financement bancaire, afin de mobiliser les ressources du marché au service de l'économie nationale.

Dans le cadre des réformes, des efforts ont été déployés pour améliorer le climat des affaires, notamment dans les secteurs financiers et fiscaux, afin d'attirer des investissements directs étrangers. Enfin, une attention particulière a été portée au développement du sud algérien, avec la mise en œuvre d'un programme spécifique visant à favoriser cette région. Ces objectifs ont été formulés dans le contexte d'une gestion prudente des revenus pétroliers, avec l'introduction d'un fond de régulation pour stabiliser les finances publiques face à la volatilité des cours du pétrole. L'ensemble de ces mesures était en ligne avec les orientations antérieures visant à utiliser les excédents financiers pour rembourser la dette extérieure et soutenir des projets clés dans divers secteurs, allant des infrastructures aux services publics et au développement humain.

¹⁸ 20/06/2019). 3 SAHNOUNE Okba. (2017), Communication, « La structure économique de l'Algérie au cours de la dernière décennie », Université Emir Abdelkader des sciences islamiques

- Une dépendance de plus en plus forte aux hydrocarbures :

Figure 1: Evolution des hydrocarbures en Algérie



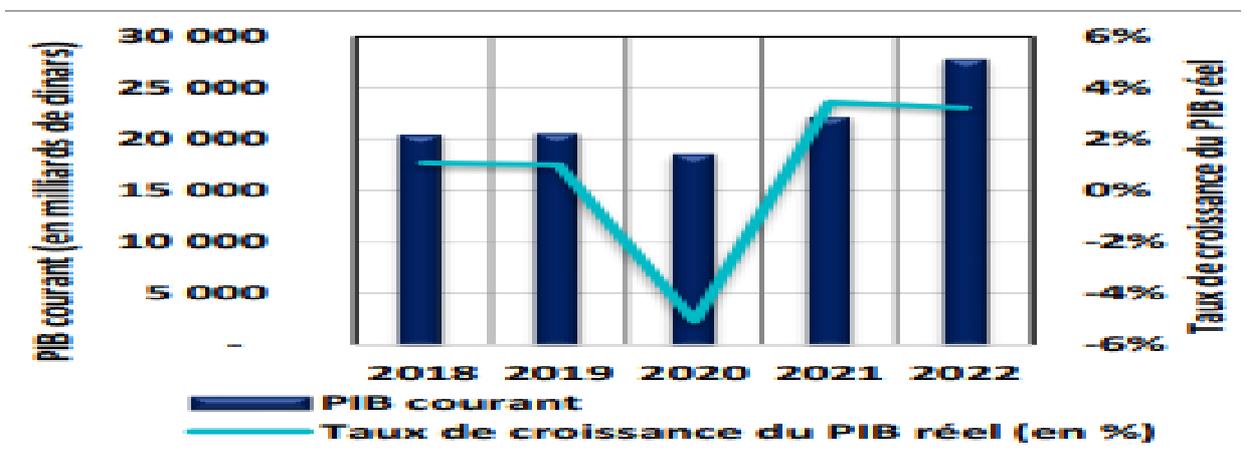
Source : World Data Bank

Ce figure montre l'évolution économique de l'Algérie, qui est fortement dépendante des hydrocarbures. Depuis les années 1970, la part de ce secteur dans la valeur ajoutée totale a fluctué, La gestion prudente des revenus pétroliers est essentielle pour stabiliser l'économie face à la volatilité des prix du pétrole.

1.2 L'évolution du secteur PIB en Algérie

Depuis l'indépendance, l'Algérie a investi considérablement pour rentabiliser et augmenter les revenus de tous les secteurs d'activité, notamment l'agriculture, les hydrocarbures, l'industrie et les services

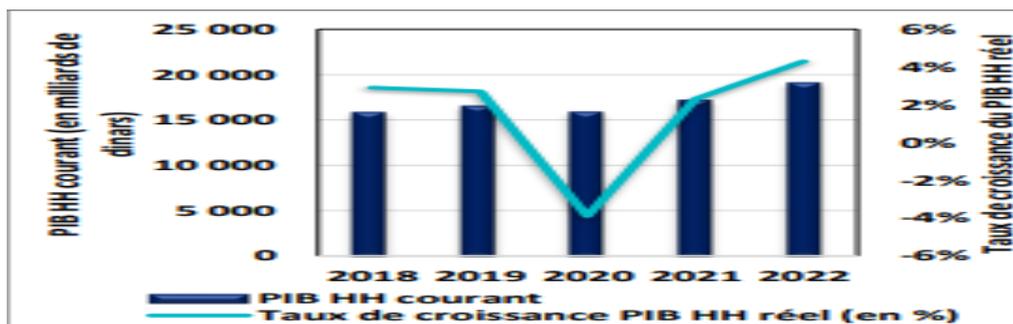
Figure 2: Croissance et évolution du PIB 2018-2022



Source :ONS

Le figure 2 L'augmentation du PIB peut être due soit à une augmentation de la quantité produite, soit à une augmentation des prix. La croissance en valeur prend en compte l'augmentation des prix, c'est-à-dire l'inflation. La croissance en volume ne prend en compte que l'augmentation des quantités produites. Elle est corrigée de l'inflation. C'est l'indicateur le plus utilisé.

Figure 3: Croissance et évolution du PIB hors hydrocarbures



Source ONS

Le figure 03 représente Le PIB hors hydrocarbures a affiché une progression de 4,3 % en 2022, qui est une excellente nouvelle pour l'économie comparé à 2,3 % en 2021. En revanche, le secteur des hydrocarbures a connu une baisse de 0,6 % cette année-là. La croissance totale en volume s'est établie à 3,2 % en 2022, légèrement inférieure à celle de l'année précédente. En termes de valeur, le PIB a atteint 27 688,9 milliards de dinars. Ces chiffres montrent une évolution positive de l'économie, malgré quelques fluctuations.

Après une forte récession de 5,1 % en 2020 à cause de la pandémie, l'économie nationale de l'Algérie a connu une reprise avec une croissance de 3,4 % en 2021, puis de 3,2 % en 2022. Cette performance reflète une dynamique économique différente de celle de l'année précédente. En 2021, la reprise était principalement due au secteur des hydrocarbures, c'est-à-dire le pétrole et le gaz. Cependant, en 2022, la croissance provient essentiellement des secteurs autres que les hydrocarbures, tels que l'agriculture, l'industrie et les services. C'est encourageant de voir comment l'économie du pays se diversifie et se développe dans différents domaines.

Tableau 2:L'évolution des valeurs ajoutées par secteur pour les années (2003, 2007, 2011, 2015,2017

Valeurs ajoutées des secteurs	2003	2007	2011	2015	2017	Part(%)
Agriculture	490.7	722	1189.9	1936.4	2302.5	9.83
Hydrocarbures	1887.4	4137	5418.7	3134.3	3849.2	31.43
Industrie hors hydrocarbures	340.6	443	632.3	900.9	1106.7	5.38
Bâtiments et travaux publics	455.8	812	1324	1908.1	2188.5	9.91
Services marchand et non marchand	1682.9	2663	4985.2	7403.6	8551.3	36.92
Le PIB	5161.5	9325	14418.6	16591.9	19324.6	100
PIB hors hydrocarbures	3283.1	5187	8999.9	13457.6	15475.4	68.57

Source : établi à base des données du ministre des finances

L'évolution de la structure du PIB en Algérie montre un déplacement significatif des secteurs dominants depuis l'indépendance jusqu'à nos jours. Ce tableau montre que :

- La part de l'agriculture dans le PIB a diminué au fil du temps, passant de 25 % en 1962 à seulement 12 % en 2010. Cela suggère une relative stagnation, voire un déclin de ce secteur par rapport aux autres.

- Les hydrocarbures ont été le moteur principal de l'économie algérienne, représentant une part dominante du PIB depuis 1962. Cependant, leur contribution a diminué progressivement, mais ils restent toujours le principal contributeur, bien que leur part soit passée de 62 % en 1962 à 33 % en 2010. Cette dépendance continue aux hydrocarbures expose l'économie algérienne à des risques liés à la volatilité des prix du pétrole sur le marché mondial.

- Le secteur industriel a connu une croissance relative, passant de 8 % en 1962 à 26 % en 2010. Cela indique une diversification progressive de l'économie algérienne et des efforts pour développer des capacités de production nationales.

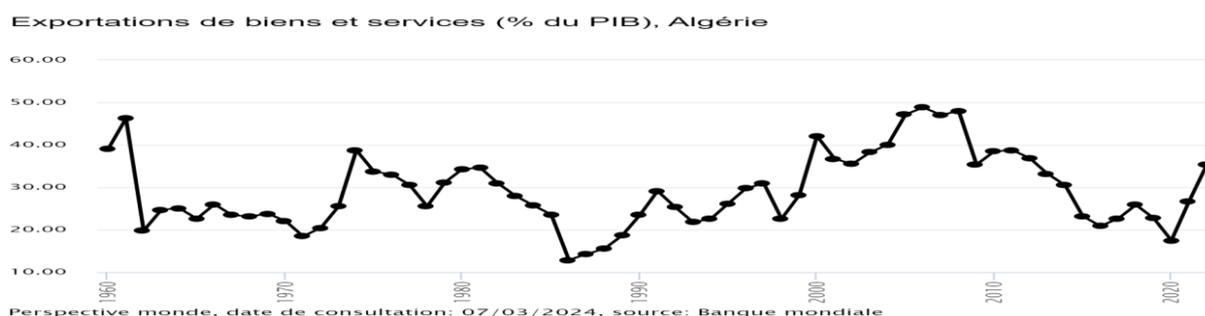
- Le secteur des services a également augmenté de manière significative, passant de 5 % en 1962 à 29 % en 2010. Cette croissance reflète l'urbanisation croissante, le développement du secteur financier, du tourisme et d'autres services liés à l'économie moderne.

Ces chiffres montrent les changements importants dans la structure du PIB en Algérie et mettent en évidence la diversification de l'économie au fil du temps. L'analyse de cette évolution suggère que l'Algérie doit continuer à diversifier son économie, renforcer ses capacités industrielles et promouvoir les secteurs non liés aux hydrocarbures pour assurer une croissance économique durable et résiliente.

1.2.1 L'évolution de secteur des exportations en Algérie

L'économie algérienne dépend fortement des exportations de pétrole et de gaz naturel. Les hydrocarbures représentent plus de 95% des revenus d'exportation. Les principaux partenaires d'exportation de l'Algérie sont les États-Unis, l'Italie, l'Espagne, la France et le Canada. L'Algérie importe principalement des biens d'équipement, des denrées alimentaires et des biens de consommation. Ses principaux partenaires d'importation sont la France, la Chine, l'Italie, l'Espagne et l'Allemagne.

Figure 4: L'exportation des biens et services en Algérie 1960-2020



Source : banque mondiale

La figure 5 : C'est une représentation graphique de la variation des exportations de l'Algérie de 1960 à 2020. Elle montre que le PIB présente une tendance notable avec un taux de 60,00. Les exportations de PIB atteignent leur maximum en 2006 avec un pourcentage de 48,811 % et leur minimum en 1986 avec 12,855 %. Cette dépendance aux hydrocarbures rend l'économie algérienne sensible aux fluctuations du pétrole et du gaz naturel sur le marché mondial. Les exportations jouent un rôle significatif, ce qui suggère une dépendance importante aux marchés étrangers pour la croissance économique du pays.

2. Le secteur énergétique en Algérie

L'énergie est une composante fondamentale de notre univers, essentielle à tous les processus physiques, chimiques et biologiques. Elle constitue un facteur très important dans le processus de développement de toutes les nations et vise à améliorer la qualité de vie des citoyens et à renforcer la situation économique du pays.¹⁹

Ce secteur de l'énergie joue un rôle prépondérant dans le développement national en Algérie depuis l'indépendance en 1962. La politique énergétique adoptée a mis l'accent sur

¹⁹ Achour TaniYamna. (2013-2014), Thèse de doctorat en sciences, « L'Analyse de la croissance économique en Algérie » Université de Tlemcen

l'expansion des infrastructures électriques et gazières, avec un engagement prioritaire envers.²⁰

Dans cette section, nous explorerons les concepts fondamentaux de l'énergie, les sources et les formes spécifiques présentes en Algérie, ainsi que la situation énergétique et les modèles de consommation d'électricité et de gaz.

Le terme "énergie" vient du Grec Ancien "énergie", qui se traduit par "La force en action". Initialement introduit par Aristote, ce concept scientifique a connu une transformation significative au fil du temps. Aujourd'hui, l'énergie désigne "la capacité à effectuer des transformations". Par exemple, l'énergie permet de fournir du travail, de produire un mouvement, de modifier la température ou de changer l'état de la matière. Toute action humaine requiert de l'énergie : se déplacer, se chauffer, fabriquer des objets et même vivre. Si on ne peut pas voir l'énergie, ses effets sont là, tout autour de nous. Toute chose dans la vie a besoin d'énergie pour s'améliorer ou fonctionner. Le vent qui pousse les voiles, le bois qui brûle dans la cheminée, le soleil qui fait pousser les plantes, le barrage qui produit de l'électricité et la chaleur du soleil, du gaz et de l'électricité. Tout cela, c'est l'énergie. Et la vie sans énergie serait froide et sombre. On peut dire que l'énergie est la force de la terre.²¹

L'énergie est issue de différentes sources qui peuvent être classifiées en deux groupes : les énergies non renouvelables, dont les sources ont des stocks limités sur Terre, et les énergies renouvelables, qui dépendent d'éléments que la nature renouvelle en permanence.²²

L'énergie renouvelable est une forme d'énergie qui provient de ressources naturelles. Elle est considérée comme durable car elle se régénère naturellement et est moins importante sur l'environnement que l'énergie fossile. On distingue plusieurs types d'énergies²³ renouvelables :

-La lumière solaire : elle provient du soleil sous forme de rayonnement électromagnétique. Elle est utilisée pour produire de l'électricité via des panneaux solaires ou pour chauffer des espaces grâce à des systèmes solaires thermiques.

-Le vent : l'énergie éolienne est produite par la force du vent, captée par des éoliennes pour générer de l'électricité.

-L'eau : également appelée énergie hydraulique, elle est produite à partir du mouvement de l'eau, généralement captée par les barrages hydroélectriques pour produire de l'électricité.

-La géothermie : elle provient de la chaleur interne de la Terre, du soleil ou de l'eau souterraine, utilisée pour le chauffage.

²⁰<https://www.energy.gov.dz/?rubrique=energies-nouvelles-renouvelables-et-maitrise-de-lrenergie>

²¹<https://www.cambridge.org/core/books/earth/forces-and-energy/9F878F86DE422A135A13632E25ADDE27>

²²<https://www.planete-energies.com/fr/media/article/differentes-formes-denergie>

²³ <https://www.planete-energies.com/fr/medias/decryptages/l-energie-les-differentes-formes-d-energie>,

-La biomasse : elle est dérivée de matières organiques telles que les déchets agricoles, forestiers et industriels, ainsi que les résidus organiques. Elle peut être transformée en électricité, en biocarburants ou en chaleur.

L'énergie non renouvelable²⁴ est une forme d'énergie qui provient de ressources limitées dans la nature. Elles s'épuisent avec le temps et leur utilisation entraîne des émissions de gaz à effet de serre et d'autres impacts environnementaux. On distingue :

-Les énergies fossiles : elles proviennent de la combustion de matières organiques telles que le pétrole, le gaz naturel et le charbon. Ces combustibles fossiles se sont formés sur de longues périodes géologiques et sont en quantités finies dans le sous-sol, résultant de la décomposition de la matière organique.

-L'énergie nucléaire : elle est produite par la fission (division) ou la fusion (combinaison) des noyaux d'atomes. Elle est utilisée pour générer de l'électricité dans les centrales nucléaires. Cette fission des atomes d'uranium dégage de la chaleur qui produit de la vapeur, utilisée pour entraîner une turbine reliée à un alternateur qui produit l'électricité. L'uranium est obtenu à partir de minerai, disponible en quantité finie, transformé pour être exploitable. Parmi toutes ces sources d'énergie, on distingue les énergies primaires des énergies secondaires.

-L'énergie primaire : est une forme brute d'énergie qui provient directement de sources naturelles comme le vent, le soleil, l'eau, la biomasse, la géothermie, le pétrole, le charbon, le gaz ou l'uranium.

-L'énergie secondaire : est obtenue par la transformation de ces sources primaires. Par exemple, l'électricité est une forme d'énergie secondaire produite à partir de différentes sources primaires telles que l'énergie solaire, nucléaire, hydraulique ou éolienne.

L'énergie peut exister sous plusieurs formes. Parmi les principales :

-L'énergie électrique : c'est une forme d'énergie associée au mouvement de particules chargées électriquement, elle est issue du déplacement des électrons dans un conducteur, se manifestant par des transferts d'énergie entre les générateurs et les récepteurs.

Les générateurs	Les récepteurs
<ul style="list-style-type: none"> •Piles •Batteries •Dynamos 	<ul style="list-style-type: none"> •Résistances thermiques •Lampes • Moteurs électriques

²⁴ <http://la-tour-solaire.e-monsite.com/pages/les-energies-non-renouvelables-1.html>

-**L'énergie mécanique** : cette forme d'énergie est associée au mouvement et à la position des objets. Elle est divisée en deux composantes principales : l'énergie cinétique, qui est liée au mouvement d'un objet, et l'énergie potentielle, qui est liée à la position d'un objet par rapport à un point de référence.

-**L'énergie thermique** : elle est associée à la chaleur et aux mouvements thermiques. Elle résulte de l'agitation des atomes et des molécules, ce qui entraîne une élévation de la température dans un objet ou un événement.

-**L'énergie chimique** : elle se manifeste lorsque les liaisons des atomes de molécules contenues dans un objet sont transformées ou cassées. Cette transformation ou réaction chimique libère de l'énergie, qui peut être utilisée telle quelle ou transformée en une autre forme d'énergie : la conservation de l'énergie.

La conservation de l'énergie stipule que la quantité totale d'énergie dans un système donné reste constante, ce qui signifie qu'on ne peut ni la créer ni la détruire. L'énergie se transforme d'une forme à une autre, sans perte ni gain global. Par exemple, lorsque l'eau est chauffée, l'énergie chimique du bois se convertit en chaleur et en lumière, tout en préservant la quantité totale d'énergie. De même, dans le fonctionnement d'une voiture, l'énergie chimique de l'essence se transforme en diverses formes d'énergie telles que la chaleur, l'énergie mécanique et l'énergie cinétique, illustrant ainsi la conservation de l'énergie.

Un autre exemple : lorsqu'une voiture fonctionne, l'essence libère son énergie chimique en brûlant dans l'air. Elle chauffe le moteur et pousse les pistons (énergie thermique et énergie mécanique). Les pistons font tourner le moteur et les roues, transfèrent d'énergie mécanique, et la voiture se déplace (énergie cinétique). Au passage, la courroie fait tourner l'alternateur qui transforme une petite partie de l'énergie mécanique en électricité qui sera stockée dans la batterie.²⁵

2.1 La situation de l'énergie en Algérie

La situation énergétique de l'Algérie est principalement basée sur ses réserves en hydrocarbures, comme le pétrole et le gaz naturel. Cependant, le pays doit faire face à des défis liés à l'épuisement de ces ressources et à la nécessité de diversifier son mix énergétique. Il y a un potentiel solaire important en Algérie, mais les énergies renouvelables²⁶ ne représentent qu'une petite partie de la consommation énergétique totale. Pour un avenir durable, l'Algérie doit développer une stratégie énergétique à long terme et promouvoir les énergies renouvelables.

D'après les bilans statistiques d'énergie en Algérie pour les années précédentes, le ministre de l'énergie annonce que "La consommation nationale d'énergie (y compris les pertes) a atteint 67,2 M Tep en 2021, reflétant une hausse de 7,7% par rapport à 2020, tirée essentiellement par celle de la consommation finale (8,0%). La reprise de l'activité économique et la levée progressive des mesures sanitaires liées à l'épidémie de Covid-19 ont

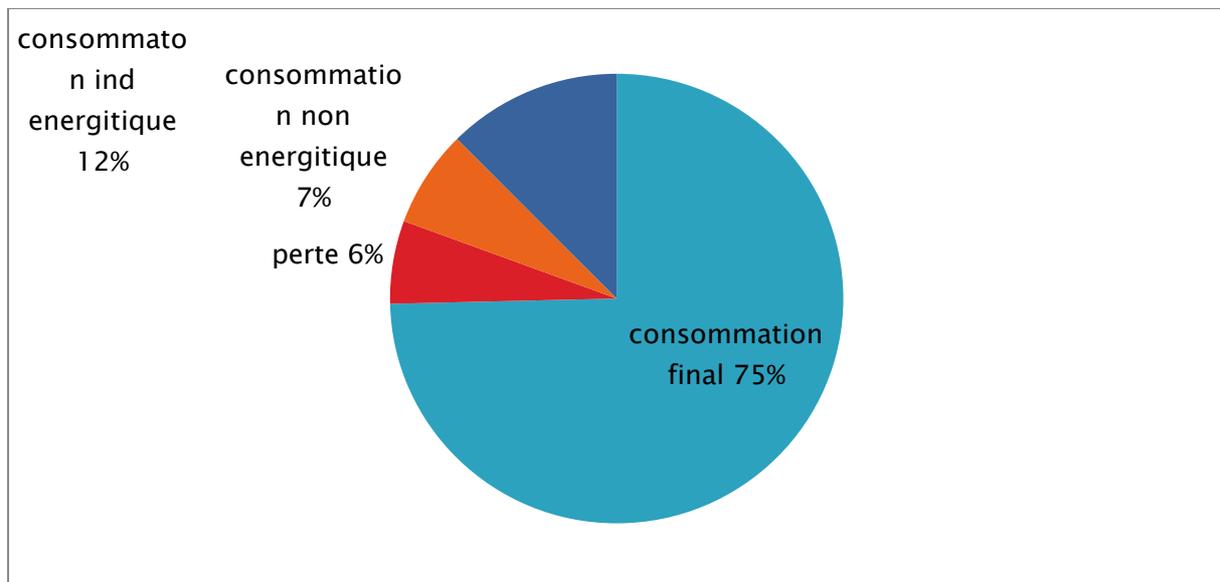
²⁵<https://www.choisir.com/energie/articles/158904/quelles-sont-les-differentes-formes-denergie>

²⁶ <http://www.explorateurs-energie.com/index.php/l-energie/qu-est-ce-que-l-energie>, consulté le (14/02/2019) 17

généralisé un rebond de la consommation nationale d'énergie. La consommation des industries énergétiques ainsi que celle des industries non énergétiques ont également enregistré des hausses respectives de 6,9% et 8,4%.

La répartition de la consommation nationale d'énergie est restée stable entre 2020 et 2021, avec une prédominance continue de la consommation finale représentant 75% du total, suivie par les industries énergétiques (12%), l'industrie non énergétique (7%), et les pertes (6%), comme indiqué ci-dessous :

Figure 5: Structure de la consommation nationale énergétique²⁷



Source : données de bilan national 2021

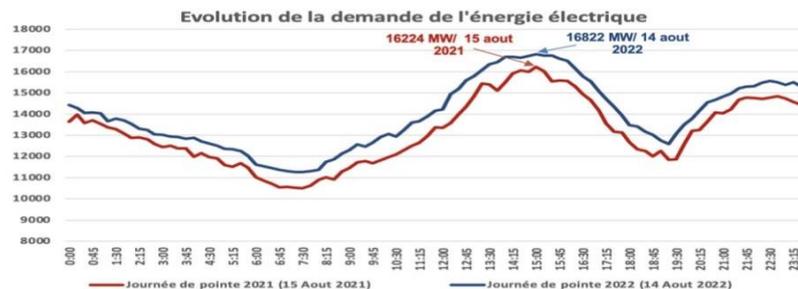
- L'énergie électrique

Selon le ministre algérien de l'Énergie, Mohamed Arkab, l'Algérie consomme environ 20 milliards de mètres cubes de gaz naturel chaque année pour répondre à sa demande locale en électricité. Cependant, avec la demande croissante et l'utilisation intensive de la climatisation, la consommation d'électricité a atteint un nouveau record le 7 juillet dernier, atteignant 15 044 mégawatts. Cette augmentation de la demande d'électricité pose des défis pour l'approvisionnement en gaz naturel destiné à l'exportation. Il est donc important de mettre en place des mesures durables pour répondre à cette demande croissante en électricité. Au fil des années, la demande croissante en électricité, principalement pendant l'été, résulte des changements dans les habitudes de consommation, de l'amélioration de la qualité de vie des consommateurs et du dynamisme du secteur économique et industriel. Face à cette

²⁷: données de bilan national 2021

augmentation, il est essentiel de mettre en place des mesures efficaces et durables pour répondre à cette demande croissante en électricité.²⁸

Figure 6: L'évolution de la demande énergétique en Algérie



Source : <https://www.sonelgaz.dz/fr/5526/demande-en-electricite-2>

La répartition de cette consommation se fait entre le secteur de l'industrie et du BTP, ainsi que le secteur résidentiel (ménages et autres).

Le secteur résidentiel fait référence à l'ensemble des habitations privées où les gens vivent. Cela inclut les maisons individuelles, les appartements, les condominiums et tout autre type de logement utilisé à des fins de résidence. En termes de consommation d'énergie, ce secteur demande de l'électricité, du chauffage, de l'eau chaude et d'autres besoins énergétiques pour les foyers. C'est le principal consommateur d'électricité en Algérie.

Le secteur de l'industrie englobe toutes les activités économiques liées à la production de biens matériels ou de services non destinés à la consommation individuelle, mais plutôt à un usage commercial ou industriel. Ce secteur représente une part importante de la demande, utilisant l'électricité et d'autres formes d'énergie pour alimenter les machines, les équipements et les processus de fabrication.

Il existe également d'autres secteurs qui consomment une faible part d'électricité, présentant les différentes consommations des secteurs dans le graphique suivant :

²⁸Maxicours. (n.d.). *Les sources et les formes d'énergie*. Maxicours. Retrieved 10/05/ 2024, from <https://www.maxicours.com/se/cours/les-sources-et-les-formes-d-energie/>

- L'énergie gazière

L'économie algérienne est souvent caractérisée comme une économie rentière en raison de sa forte dépendance aux revenus tirés de l'exportation des hydrocarbures, en particulier du gaz naturel. Depuis son introduction, la demande de gaz naturel a considérablement augmenté, devenant ainsi l'une des principales sources d'énergie du pays, utilisée à la fois par les ménages et l'industrie. Les ménages l'utilisent principalement pour la cuisine et le chauffage, tandis que l'industrie l'emploie pour le chauffage, la production d'électricité et divers processus industriels. Cette dépendance au gaz naturel le place en compétition avec d'autres sources d'énergie telles que l'électricité, le charbon et le fioul, ce qui influence les fluctuations des prix du gaz naturel Selon les prix relatifs de ces différentes sources énergétiques.²⁹

Selon les dernières informations du bilan énergétique national en 2022, on peut conclure que l'Algérie a utilisé 44,3 milliards de mètres cubes de gaz naturel, équivalant à 1,59 exa joules, enregistrant une baisse de 7,2 % par rapport à 2021 mais une augmentation de 47,96 % depuis 2012. Le pays se classe au 21e rang mondial, représentant 1,1 % de la consommation globale. En 2019, 41,5 % de cette consommation était destinée à la production d'électricité, 8 % à l'industrie énergétique, 10,4 % à des utilisations non énergétiques (comme la chimie) et 38,8 % à la consommation finale d'énergie (dont 23,2 % pour le secteur résidentiel et 11,2 % pour l'industrie). Le ministre Mohamad Arkab annonce que la structure de la consommation nationale de gaz est tirée à hauteur de 66 %, soit plus de 12,7 millions de tep (tonnes équivalent pétrole), par les ménages, le secteur tertiaire (bâtiments administratifs, hôpitaux, hôtels et écoles) et par le secteur agricole. Ces secteurs utilisent principalement le gaz pour différentes utilisations. En revanche, le secteur industriel ne représente que 33 % de la consommation totale, avec un volume estimé un peu plus de 6,4 millions de tep. Alors, la consommation de gaz en Algérie représente à la fois une ressource vitale pour l'économie nationale et un défi à relever pour assurer une utilisation efficace et durable. Avec ses vastes réserves de gaz naturel, l'Algérie est un acteur majeur sur le marché mondial du gaz. Cependant, la dépendance excessive à cette ressource soulève des préoccupations en matière de sécurité énergétique et d'environnement. Une gestion prudente des ressources gazières, couplée à des investissements dans la diversification énergétique et les énergies renouvelables, est nécessaire pour garantir la durabilité à long terme du secteur énergétique algérien et pour répondre aux défis futurs tout en maximisant les avantages économiques et environnementaux.

Conclusion, la consommation énergétique en Algérie présente à la fois des défis et des opportunités. Bien que le pays dispose de ressources énergétiques abondantes, telles que le pétrole et le gaz naturel, il est confronté à des défis liés à la gestion efficace de ces ressources, à la diversification de son mix énergétique et à la promotion des énergies renouvelables. Une

²⁹ Climamaison. (n.d.). *Énergie électrique*. Climamaison. Retrieved april 2, 2024, from <https://www.climamaison.com/lexique/energie-electrique.htm>

transition vers des sources d'énergie plus durables et une meilleure efficacité énergétique peuvent contribuer à garantir la sécurité énergétique à long terme et à réduire les émissions de gaz à effet de serre, tout en stimulant le développement économique et social du pays.

3. L'augmentation de nombres d'habitants et la croissance démographique

La croissance démographique est l'un des phénomènes les plus importants de notre époque. Cela représente un défi majeur pour l'humanité et a un impact significatif sur les efforts de développement, en particulier dans les pays en développement. La population augmente à un rythme plus rapide que le développement économique, ce qui entraîne plusieurs problèmes sociaux et urbains. Avec la croissance démographique croissante et la hausse de la consommation, il est devenu nécessaire d'étudier attentivement ce phénomène ces dernières années. Les études géographiques ne se limitent pas à une simple description de l'existence humaine, mais elles examinent également les chiffres, les équations et les rapports statistiques liés à la répartition et à la composition de la population.

Il existe une forte connexion entre les problématiques énergétiques et la croissance démographique mondiale. Il apparaît nécessaire, voire indispensable, de mettre en place une dynamique nouvelle relative à la production, au transport et à la distribution de l'énergie, en adéquation avec la croissance de la population. Selon de nombreuses études prospectives, la transition démographique est irréversible en 2050, la population mondiale s'élèvera à 9,8 milliards d'habitants, dont deux milliards n'auront pas accès à des services énergétiques durables et fiables, et dont 1,6 milliard se trouveront dans les pays en développement. Les équilibres fondamentaux politiques et économiques internationaux se modifient afin de gérer durablement les questions énergétiques en tenant compte des évolutions démographiques. Les liens entre croissance démographique et énergie sont forts : l'accès à l'énergie impacte directement les taux de natalité et de mortalité. Les niveaux de production énergétique doivent donc tenir compte de l'évolution démographique. Il est nécessaire à la fois d'anticiper les besoins des pays émergents et de maîtriser la consommation énergétique globale. Dans le même temps, l'apparition sur la scène internationale des pays émergents, notamment l'Inde, comme des acteurs majeurs du développement et de la croissance est intéressante, d'autant que leur évolution démographique est largement supérieure et plus rapide que celle des pays occidentaux. Dans ce contexte, la montée en puissance des pays émergents va sans doute stimuler les pays occidentaux, tant leur croissance et leur envolée économiques sont stimulantes dans un cadre de mondialisation. Dans le même esprit, les enjeux démographiques induisent les politiques d'urbanisation.

Les analystes prévoient qu'en 2050, le monde comptera six milliards d'urbains, soit 75 % de la population mondiale. Cette transition démographique entraîne d'inévitables conséquences, telles que l'accroissement de la demande en énergie alors que dans le même temps, les ressources naturelles s'épuisent. Parallèlement et de façon induite, de nouveaux défis apparaissent : accès des pays en développement à l'énergie, limitation des émissions de

CO2 et maîtrise de la consommation des pays riches en trouvant des solutions alternatives. Dans le même temps, la Chine est lancée dans une nouvelle stratégie énergétique internationale dans le but d'accroître la sécurité de l'approvisionnement et de diminuer ses vulnérabilités nationales face à la réduction de l'offre et de la demande. Le principe repose sur l'achat par les trois grandes compagnies nationales chinoises (CNPC [China national pétroleur corporation], Sinopec et China national offshore Oil Cie) et des accords avec les pays voisins sur la construction des nouveaux pipelines. Dans le même ordre d'idées, la Chine, en 2017, s'impose comme le premier énergéticien au monde et ce, depuis la fusion entre Shenhua Group (producteur chinois de charbon) et China Guodian Corp. (électricien chinois) pour former National Energy Investment Group. De plus, Pékin a mis en place une diplomatie énergétique, notamment avec les pays du Golfe, l'Asie centrale, la Russie, l'Afrique, l'Amérique latine et le Canada. À cela, il convient d'ajouter une volonté de médiation pour stopper les conflits régionaux latents (ex. : accords avec l'Inde, le Pakistan, la Russie, la Biélorussie, l'Ukraine) dans le but d'avoir la mainmise sur toutes les ressources actuelles et à venir. L'Union européenne représente 14 % de la demande internationale d'énergie, avec une accélération exponentielle de sa consommation liée à sa croissance au milieu des années 1990 et les vagues d'élargissement (2004-2007-2013) : l'UE a connu une consommation qui a augmenté de 105 % ; cette augmentation est toutefois liée à celle du PIB.

Conclusion

En somme, l'Algérie se distingue par la prédominance de son secteur énergétique, notamment grâce à ses vastes réserves de pétrole et de gaz naturel. Ce secteur joue un rôle crucial dans l'économie nationale, tant en termes de revenus que d'emplois. Cependant, la dépendance excessive à l'égard des hydrocarbures expose l'économie algérienne à des risques, notamment la volatilité des prix sur le marché mondial

Chapitre III

La synthèse du modèle des séries temporelles

Introduction

Dans l'ensemble, l'étude des séries temporelles a connu deux grandes évolutions dans son traitement. Tout d'abord, il y a l'analyse traditionnelle où le temps d'observation est considéré comme constant. Ce traitement suppose également que la série ne contient ni des observations manquantes, ni des valeurs aberrantes ou accidentelles sur toute la période d'observation. Dès les années 1970, à la suite des recherches de box et Jenkins, une nouvelle approche du traitement des séries temporelles s'est développée, selon eux à un moment donné la valeur (1) de la série est un état de variables aléatoires, cette famille de variables aléatoires étant indexée par le temps.³⁰

1. Concept de base des séries temporelles

la série temporelle, chronologique ou bien coranique est une suite d'observations chiffrées d'un même phénomène ordonnée dans la temps (X_1, X_2, \dots, X_n) en générale les séries temporelles sont, mensuelle ($P=12$), trimestrielle ($P=4$), semestrielle ($P=2$) et annuelle ($p=1$). Cette série se présente graphiquement pour la présentation des point (t, Y_t) en mettant le temps en abscisse et les valeurs d'observation (n) en ordonnées qui s'appelle la longueur considérée dans la série.

1.1 Décomposition d'une série temporelle

Le but de la décomposition de la série temporelle est mieux compris la structure et le comportement des données de la série et distinguer son évolution

La composante d'une série chronologique (temporelle) :

- **La tendance (C_t)** : correspond à l'évolution de la série à long terme soit à la Hausse soit à la baisse
- **La variation saisonnières (S_t)** : sont des fluctuations périodiques a l'intérieur d'une année on dit qu'il existe une saisonnalité dans une série si on remarque sur le graphe un phénomène qui se répète dans le temps d'une façon régulière
- **La variation accidentelle (Résidentielle)** : sont des fluctuations imprévisibles et irrégulières ou bien une intensité faible de nature aléatoire. Généralement proviennent des circonstances non prévisibles comme la crise boursière, la grave condition optionnelle, catastrophe naturelle...etc.

Ces composantes principales suivies des deux modèles de composition sont comme suit :

- a) **Le modèle additif** : Dans ce modèle toutes les composantes sont indépendantes entre

³⁰ https://busci.univ-saida.dz/doc_num.php?explnum_id=372

elle dans ce modèle la série s'écrit sous forme de la somme des trois composantes

$X_t = C_t + S_t + E_t$ Et le graphe de la série se situe entre deux droites parallèles, l'amplitude des variations est constante autour de la tendance (même amplitude).

b) Le modèle multiplicatif : La variation saisonnière dépendante de la tendance, la série $Y_t = C_t \times S_t + E_t$ est entourée de deux droites qui ne sont pas en parallèle, L'amplitude des variations varie (son amplitude est croissante lorsque la tendance est croissante).

Ce modèle se ramène à un modèle additif lorsque la série Y_t a une valeur

$$\ln(Y_t) = \ln(C_t) + \ln(S_t) + \ln(E_t) \dots \dots \dots (1)$$

1.2 Analyse de la composante

- **Ajustement de la tendance :** pour ajuster la tendance d'une série chronologique on utilise la méthode des moindres carrés ordinaires MCO qui permet de faire sortir la tendance générale de la série. On note t : la variable représentant le temps et X_t : la variable représentant le phénomène étudié.

L'équation de la droite des moindres carrés ordinaires s'écrit comme suite :

$$X_t = \beta_0 + \beta_1 t + \varepsilon_t \dots \dots \dots (2)$$

$$\hat{\beta}_1 = \frac{\sum X_i t - n \bar{X} \bar{t}}{\sum t^2 - n \bar{t}^2} \rightarrow \beta_0 = \bar{X} - \hat{\beta}_1 \bar{t} \dots \dots \dots (3)$$

Et La prévision pour un horizon de h période noté :

$$\hat{X}_{t+n}^p = \hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_1 (t + h) \dots \dots \dots (4)$$

- **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 de la série *ajustée* des valeurs observées (On calcule les coefficients saisonniers et on fait la moyenne pour chaque sous-période identique (par Trim1 par ex)

Deuxièmement On fait la prévision tenant compte de la saisonnalité : les données futures obtenues par la droite d'ajustement sont dessaisonnalisées grâce aux coefficients saisonniers

$$X_t \begin{cases} 1 \\ 2 \\ 3 \\ 4 \end{cases} \Rightarrow \hat{X}_t = \hat{\alpha} + \hat{\beta} t \quad \begin{cases} \text{Additif} \\ \text{Multiplicatif} \end{cases}$$

Additif : $S_j = X_t - \hat{X}_t$ Méthode de la différence à la tendance

si $\sum_{j=1}^p S_j = 0 \Rightarrow S_j = S_j^*$

si $\sum_{j=1}^p S_j \neq 0 \Rightarrow S_j^* = S_j - \bar{S}$

S_j : Coefficients saisonniers

Et

 S_j^* : Coefficients saisonniers corrigés**Multiplicatif** : $S_j = \frac{X_t}{\hat{X}_t}$ Méthode des rapports à la tendance

Si $\sum_{j=1}^P S_j = P \Rightarrow S_j = S_j^*$

Si $\sum_{j=1}^P S_j \neq P \Rightarrow S_j^* = S_j / \bar{S}$ avec $\bar{S} = \sqrt{\prod_{j=1}^P S_j}$

Prévision pour un horizon de h périodes

Cas additif : $\hat{X}_{t+h}^P = \hat{X}_{t+h} + CSMP \dots \dots \dots (5)$

Cas multiplicatif : $\hat{X}_{t+h}^P = \hat{X}_{t+h} * CSMP \dots \dots \dots (6)$

1.3 Les modèles linéaires ARIMA

Les séries temporelles sont des suites de données observées chronologiquement, comme les ventes d'un produit au fil du temps, les cours de bourse quotidiens ou encore les températures moyennes mensuelles. L'analyse de ces séries temporelles est essentielle dans de nombreux domaines, que ce soit pour la prévision, la compréhension des phénomènes étudiés ou encore la prise de décision.

Parmi les modèles les plus utilisés pour représenter et analyser les séries temporelles, on trouve les modèles linéaires ARIMA (Autorégressive Intégrates Moving Average). Développés par les statisticiens George Box et Gwilym Jenkins³¹ dans les années 1970, ces modèles constituent une famille très riche et flexible, capable de s'adapter à de nombreuses situations.

Le principe des modèles ARIMA est de considérer que chaque valeur de la série temporelle peut être expliquée par une combinaison linéaire de ses valeurs passées (composante autorégressive) et de termes d'erreur passés (composante moyenne mobile). Cette approche permet de capter la dynamique interne de la série, contrairement aux modèles considérant les données comme une simple fonction du temps.

L'intérêt majeur des modèles ARIMA réside dans leur capacité à produire des prévisions fiables à court et moyen terme, tout en fournissant une compréhension approfondie du processus générateur de la série étudiée. Leur utilisation requiert cependant une bonne maîtrise des concepts de stationnarité, de différenciation et d'identification du modèle adéquat.

- **La différenciation**

L'estimation des modèles ARIMA suppose que l'on travaille sur une série stationnaire. Ceci signifie que la moyenne de la série est constante dans le temps, ainsi que la variance. La

³¹ http://archives.univ-biskra.dz/bitstream/123456789/19181/1/Chaouchhouane_Meriem.pdf

meilleure méthode pour éliminer toute tendance est de différencier, c'est-à-dire de remplacer la série originale par la série des différences adjacentes. Une série temporelle qui a besoin d'être différenciée pour atteindre la stationnarité est considérée comme une version intégrée d'une

série stationnaire (d'où le terme *Intégra*).

La correction d'une non-stationnarité en termes de variance peut être réalisée par des transformations de type logarithmique (si la variance croît avec le temps) ou à l'inverse exponentielles. Ces transformations doivent être réalisées avant la différenciation. Une différenciation d'ordre 1 suppose que la différence entre deux valeurs successives de y est constante. $Y_t - Y_{t-1} = \mu + \varepsilon_t$ où μ est la constante du modèle, et représente la différence moyenne en Y . Un tel modèle est un ARIMA (0,1,0). Il peut être représenté comme un accroissement linéaire en fonction du temps.

Si μ est égal à 0, la série est stationnaire

- **Détermination de l'ordre de différenciation :**

Une série stationnaire fluctue autour d'une valeur moyenne et sa fonction d'auto corrélation décline rapidement vers zéro. Si une série présente des autos corrélations positives pour un grand nombre de décalages (par exemple 10 ou plus), alors elle nécessite d'être différenciée. La différenciation tend à introduire des autos corrélations négatives. Si l'auto corrélation de décalage 1 est égale à 0 ou négative, la série n'a pas besoin d'être différenciée. Si l'auto corrélation de décalage 1 est inférieure à -0.5 , la série est sur différenciée. L'ordre optimal de différenciation est souvent celui pour lequel l'écart-type est minimal. Un accroissement de l'écart-type doit donc être considéré comme un symptôme de sur différenciation. Un troisième symptôme de sur-différenciation est un changement systématique de signe d'une observation à l'autre.

- **Processus Autorégressifs AR(p) :** Les modèles autorégressifs supposent qu' Y_t est une fonction linéaire des valeurs précédentes.

$$Y_t = \mu + \vartheta_1 Y_{t-1} + \vartheta_2 Y_{t-2} + \vartheta_3 Y_{t-3} + \dots + \varepsilon_t \dots \dots \dots (7)$$

Littérairement, chaque observation est constituée d'une composante aléatoire (choc aléatoire, ε) et d'une combinaison linéaire des observations précédentes. Φ_1 , φ_2 et φ_3 dans cette équation sont les coefficients d'auto-régression. Un processus autorégressif ne sera stable que si les paramètres sont compris dans un certain intervalle ; par exemple, s'il n'y a qu'un paramètre autorégressif, il doit se trouver dans l'intervalle $-1 < \varphi_1 < +1$. Dans les autres cas, les effets passés s'accumuleraient et les valeurs successives des Y_t se déplaceraient infiniment vers l'avant, ce qui signifie que la série ne serait pas stationnaire. S'il y a plus d'un paramètre autorégressif, des restrictions similaires (générales) sur les valeurs des paramètres peuvent être posées.

• **Identification des termes AR :**

Après que la série ait été stationnarité, l'étape suivante consiste à identifier les termes AR et MA nécessaires pour corriger l'auto corrélations résiduelles. Cette analyse est basée sur l'examen des fonctions d'auto corrélation et d'auto corrélation partielle. Si le corrélogramme

partiel n'a que ses q premiers retards différents de zéro et que les termes du corrélogramme simple diminuent lentement, cela caractérise un AR(P).

$$AR(P): X_t = \phi_1 X_{t-1} + \phi_2 X_{t-2} + \dots + \phi_p X_{t-p} + \varepsilon_t \dots \dots \dots (8)$$

Chaque valeur de la série est la combinaison linéaire des valeurs précédentes.

Si la valeur de la série Y_t à l'instant "t" dépend de la valeur précédente et d'une perturbation aléatoire alors le processus est dit autorégressif d'ordre 1 :

$$AR(1) : y_t = \phi_1 y_{t-1} + \varepsilon_t \dots \dots \dots (9)$$

Calculer son espérance et sa variance :

$$E(y_t) = E(\phi_1 y_{t-1}) + E(\varepsilon_t) \dots \dots \dots (10)$$

$$E(y_t) = \phi_1 E(y_{t-1}) + E(\varepsilon_t) \dots \dots \dots (11)$$

$$E(y_t) - \phi_1 E(y_{t-1}) = E(\varepsilon_t) \dots \dots \dots (12)$$

$$E(y_t)[1 - \phi_1] = E(\varepsilon_t) \dots \dots \dots (13)$$

$$E(y_t) = \frac{E(\varepsilon_t)}{1 - \phi_1} \text{ avec } |\phi_1| < 1 \dots \dots \dots (14)$$

$$V(y_t) = E(y_t - E(y_t))^2 = E(\phi_1 y_{t-1} \varepsilon_t)^2 \dots \dots \dots (15)$$

$$\Rightarrow E(y_t)^2 = E[\phi_1^2 y_{t-1}^2 + 2\phi_1 y_{t-1} \varepsilon_t + \varepsilon_t^2] \dots \dots \dots (16)$$

$$\Rightarrow E(y_t)^2 = \phi_1^2 E(y_{t-1} - 1)^2 - 2\phi_1 E(y_t + \varepsilon_t) + E(\varepsilon_t) \dots \dots (17)$$

$$\Rightarrow E(y_t)^2 = \phi_1^2 E(y_t)^2 + \delta_\varepsilon^2 \dots \dots \dots (18)$$

$$\Rightarrow E(y_t)^2 = \frac{\delta_\varepsilon^2}{1 - \phi_1^2} \text{ avec } |\phi| < 1 \dots \dots \dots (19)$$

• **Moyenne mobile MA(q) :**

Les modèles à moyenne mobile suggèrent que la série présente des fluctuations autour d'une valeur moyenne. On considère alors que la meilleure estimation est représentée par la moyenne pondérée d'un certain nombre de valeurs antérieures (ce qui est le principe des procédures de moyennes mobiles utilisées pour le lissage des données). Ceci revient en fait à considérer que l'estimation est égale à la moyenne vraie, auquel on ajoute une somme pondérée des erreurs ayant entaché les valeurs précédentes.

Un processus MA (1) est défini par l'équation suivante :

$$X_t = \theta_0 + \theta_1 \varepsilon_{t-1} + V_t \dots \dots \dots (20)$$

D'une manière générale un processus MA d'ordre q s'écrit comme suit :

$$\mathbf{X}_t = \theta_0 + \theta_1 \varepsilon_{t-1} + \theta_2 \varepsilon_{t-2} + \dots + \theta_q \varepsilon_{t-q} + V_t \dots \dots \dots (21)$$

Littérairement, chaque observation est composée d'une composante d'erreur aléatoire (choc aléatoire, ε) et d'une combinaison linéaire des erreurs aléatoires passées. $\theta_1, \theta_2 \dots \dots \theta_q$ Sont les coefficients de moyenne mobile du modèle.

- **Identification des termes MA :**

La fonction d'auto corrélation joue pour les processus de moyenne mobile le même rôle que la fonction d'auto corrélation partielle pour les processus autorégressifs. Si l'auto corrélation simple n'a que ses « q » premiers retards différents de 0 et que les termes du corrélogramme partiel diminuent lentement, nous pouvons pronostiquer un MA(q).

- **Modèles ARMA (p,q) :**

Ces processus constituent une extension des processus AR et MA. Ce sont en fait des processus mixtes dans le sens où ils introduisent simultanément des composantes AR et MA sous la forme fonctionnelle. Le modèle ARMA (p,q) s'écrit de la manière suivante :

$$\mathbf{X}_t = \phi_0 + \phi_1 \mathbf{X}_{t-1} + \dots + \phi_p \mathbf{X}_{t-p} + \theta_1 \varepsilon_{t-1} + \theta_2 \varepsilon_{t-2} + \dots + \theta_q \varepsilon_{t-q} + \dots \dots \dots (22)$$

$$\text{ARMA (1,1) : } X_t = \phi_0 + \phi_1 X_{t-1} + \theta_1 \varepsilon_{t-1} + V_t \dots \dots \dots (23)$$

$$\text{ARMA (0,2) : } X_t = \theta_0 + \theta_1 \varepsilon_{t-1} + \theta_2 \varepsilon_{t-2} + V_t \dots \dots \dots (24)$$

$$\text{ARMA (1,0) : } X_t = \phi_0 + \phi_1 X_{t-1} + \varepsilon_t \dots \dots \dots (25)$$

Le processus est stationnaire si et seulement si P n'a pas de racine (complexe) de module supérieur à 1.

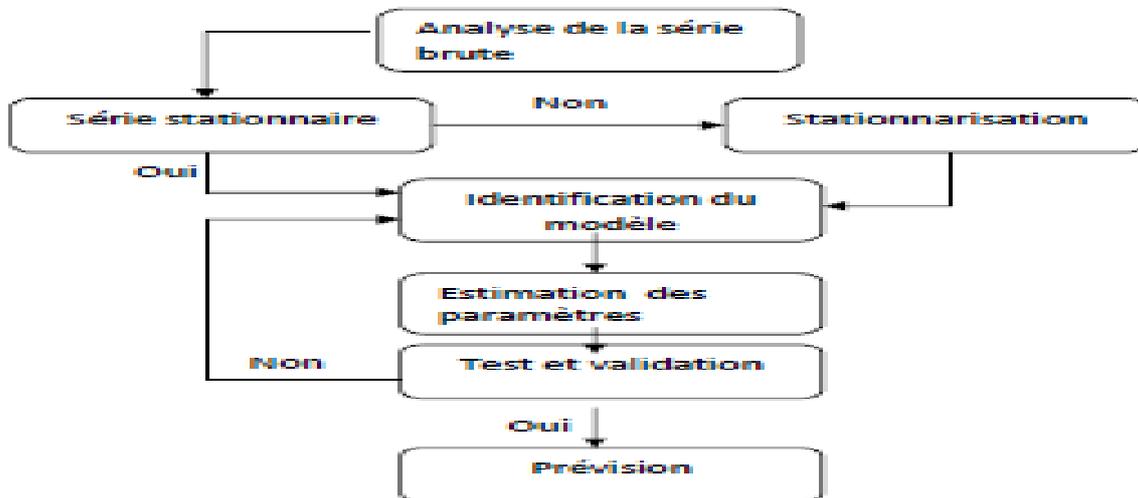
1.4 Méthodologie de Box Jenkins

L'approche de Box et Jenkins (1976)³² consiste en une méthodologie d'étude systématique des séries chronologique à partir de leurs caractéristiques afin de déterminer dans la famille des modèle ARMA ,elle pouvant convenir a une série temporelle selon ses caractéristiques , elle se décompose en plusieurs étape « l'estimation et élimination de la saisonnalité de la série chronologique utilisant l'analyse de corrélogramme simple et partielle le teste de stationnarité (DF –Filips-perron .KPSS, Kwiatkowski, philips ,schmtid et shin), déterminer et éliminer de la tendance de la série chronologique dessaisonalisée, déterminer l'ordre p et q du modèle ARMA ,estimation des coefficient du modèle (méthode de varie semblance) ,analyser des coefficient et des résidus (si la série non pas de bruit blanc) et finalement la prévision du modèle.

³² https://elearning-facsc.univ-annaba.dz/pluginfile.php/3116/mod_resource/content/0/Chapitre3.pdf

Le test de box et Jenkins 1976 sur une série suit quatre étapes importantes nous pouvons les résumer dans le schéma suivant :

Figure 7:schéma résume les étapes de la méthode de boxJenkins



1.4.1 Étape d'identification du modèle

cette étape a pour but de trouver le modèle adéquat pour les modèles ARIMA ,étudiant les corrélogramme simple et partiel ,impliquant les méthodes d'estimation du paramètre d'intégration « d » et l'estimation des ordre « p » et « q »,premièrement la dessaisonalisation de la série dans le cas d'une série effectuée d'un mouvement saisonnier ,deuxièmement est la recherche de la stationnarité en terme de tendance ,si l'étude du corrélogramme et le test statistique présagent d'une série affectée d'une tendance ,Cette étape d'élimination de la tendance est en fonction du processus DS ou TS .

1.4.2 Étape d'Estimation du modèle

Elle diffère selon le type du processus diagnostique, dans le cas de modèle AR(p) on utilise la méthode de MCO ou bien la relation existante entre les autocréations et le coefficient du modèle avec l'équation de Yule –Walker.

1.4.3 Étape de validation du modèle

Cette étape a pour but d'assurer que le modèle retenu décrit bien la série d'observation passe par un examen des coefficients estimés ils doivent être significativement différents de 0 et les résidus estimés doivent suivre un processus de BB (Bruit blanc)

- **Test sur les coefficients** : Ce test sur le modèle ARMA estimé : pour dire que les coefficients sont significatifs il faut que la valeur de T de Student soit supérieure a (1.96)

pour un risque de 5% et pour la taille suffisante T supérieure à 30 observations .

- **Test sur les résidus** : il s'agit d'un test d'autocorrélation de (Boxe et Pierce 1970) et (Ljung et boxe 1978) lorsque l'échantillon est de petite taille. Si l'ordre des erreurs d'ordre k (k>1)

$$E_t = p_1 \times X_{t-1} + p_2 \times E_{t-1} + \dots + p_k \times E_{t-k} + k + V_t \dots\dots\dots(26)$$

L'hypothèse de boxe. Pierce :

$$\begin{cases} H_0 = p_1 = p_2 = \dots = p_k = 0 \\ H_1 = \text{il existe au moins un parametre} \neq 0 \end{cases}$$

Les critères d'informations : les critères les plus utilisés sont :

Critère d'AKAIKE (1969) :

$$AIC = \log \hat{\sigma}_\varepsilon^2 + \frac{2(p+q)}{T} \dots\dots\dots(27)$$

Critère d'information de Schwartz :

$$SC = \log(\hat{\sigma}_\varepsilon^2) + (p + q) * \frac{\log T}{T} \dots\dots\dots(28)$$

Plus la valeur prise par les statistiques de AIC et SC est faible plus le modèle est proche de la réalité.

1.4.4 Étape de la prévision du modèle

C'est l'étape de la modalisation et la prédiction de valeur future de la série chronologique appliquant le théorème de Wold 1948. Considérons un processus ARMA (p,q), on note : \hat{y}_{t+h} la prévision faite en "t" pour la date t+h. Par définition la prévision pour un horizon h est donnée :

$$\hat{y}_{t+h} = E(y_{t+h}/I_t) \dots\dots\dots(29)$$

Avec I_t : l'information disponible à la date "t".

L'espérance conditionnelle représente la meilleure prévision de la série y conditionnellement à l'information disponible à la date t. Dans le cas linéaire, il s'agit d'une fonction de régression. La prévision dans le cas d'un processus ARMA (1,1) est donnée de la manière suivante.

1.5 Les modèles des séries temporelles non stationnaires

Dans la section précédente nous avons vu que la première étape de l'analyse d'une série temporelle consiste à vérifier la stationnarité de processus générateur des données. Dans cette section, nous allons étudier d'une façon plus précise ce qui est un processus non stationnaire, la non stationnarité qui le caractérise et la méthode de stationnarisation pour chaque type de

processus.³³

1.5.1 Processus TS (Trend-Stationnaire) : Ce type de processus s'écrit comme la somme d'une fonction déterministe de temps et d'une composante stochastique stationnaire d'espérance mathématique nulle. Un processus de ce type devient stationnaire par écart à une composante déterministe qu'est dans ce cas une fonction linéaire de temps. Formellement, un processus stationnaire x_t est dit TS et s'écrit : $x_t \sim s_t$.

S'il peut s'écrire sous la forme :

$$x_t = f(t) + \varepsilon_t \dots \dots \dots (30)$$

f : Est une fonction de temps et ε_t est un processus stochastique stationnaire. Il est évident que ce processus ne satisfait pas la définition de la stationnarité puisque son espérance dépend du temps. L'exemple le plus simple d'un processus TS est celui d'une tendance linéaire perturbée par un BB : $x_t = \alpha + Bt + \varepsilon_t$ où α et B sont deux paramètres fixes et ε_t est un BB. Dans ce cas le processus x_t est non stationnaire puisque son espérance dépend du temps.

En revanche, le processus y_t défini par l'écart entre X_t et la composante déterministe et stationnaire :

$$Y_t = (x_t - \alpha - Bt) \Rightarrow y_t = \varepsilon_t \dots \dots \dots (31)$$

Lorsqu'un processus TS est affecté par un choc aléatoire, l'effet de ce choc tend à disparaître lorsque le temps passe, c'est la propriété du non persistance des chocs. Le non stationnarité qui caractérise le processus TS est de nature déterministe ou aléatoire.

1.5.2 Processus DS (Différence Stationnary) : C'est un processus dont la non stationnarité est au tour d'une tendance stochastique. Tandis que le processus X_t est caractérisé par une non stationnarité de nature aléatoire, on dit aussi que le processus admet des racines unitaires. Pour le rendre stationnaire on applique l'opération de différentiation à un ordre "d". Formellement, le processus DS s'écrit de la manière suivante :

$$x_t = B + x_{t-1} + \varepsilon_t \Rightarrow x_t - x_{t-1} = B + \varepsilon_t \Rightarrow \Delta x_t = B + \varepsilon_t \dots (32)$$

L'introduction de la constante B permet de définir 2 processus différents :

$B = 0$: Le processus DS est sans dérive (marche au hasard).

Il s'écrit :

$$X_t = x_{t-1} + \varepsilon_t \dots \dots \dots (33)$$

Comme ε_t est un BB, ce processus DS porte le nom de marche au hasard (RANDOM-WALK-MODEL). Il est très utilisé dans la modélisation des marchés financiers.

³³ <http://www.varenes-ecofin.com/materials/C1NSE.pdf>

$B \neq 0$: Le processus porte le nom de processus DS avec dérive. Il s'écrit

$$X_t = B + X_{t-1} \dots \dots \dots (34)$$

La variance d'un processus DS dépend du temps. Un processus DS est caractérisé par une non stationnarité de nature aléatoire.

1.5.3- Prévion d'une série temporelle

Après avoir défini la série temporelle ainsi ses composantes et ses caractéristiques nous examinons les méthodes traditionnelles de prévision à savoir le lissage exponentiel. Nous étudions les méthodes de prévision classique, à savoir le lissage exponentiel. Dans un premier temps, nous examinerons le cas d'une série sans saisonnalité en utilisant le lissage exponentiel simple et double pour extrapoler la tendance. Ensuite, nous examinerons les séries temporelles qui sont affectées par un mouvement saisonnier, en utilisant le modèle de Holt Winter.

1.6. La méthode de lissage exponentielle

Les techniques de lissage exponentiel ont été introduites par Holt en 1957 mais surtout par Brown en 1962. Le lissage regroupe l'ensemble des techniques empiriques qui ont pour caractéristique commune, c'est à dire accorder un poids plus important aux valeurs récentes de la série, ces méthodes portent aussi le nom de filtrage, car il s'agit d'une opération mathématique transformant un entrant X_t en une nouvelle série sortante Y_t .

1.6.1 Lissages exponentiels simples (Les)

Supposons que Y_t est une série temporelle, ses observations peuvent être considérées comme le résultat d'une combinaison linéaire infinie de ses valeur passées, l'influence du passé sur le présent étant décroissante avec son ancienneté, cette valeur combinée représente la valeur lissée de la série X_t calculé en $t-1$. Par hypothèse et lorsque les paramètres sont estimés, cette valeur lissée peut être considérée comme la valeur prévue de X_t calculée $t-1$ pour telle modèle de lissage exponentiel simple ne possède ni d'une tendance ni d'une saisonnalité. Sa formule est représentée comme suit :

$$x_t = a_0 + \epsilon_t \dots \dots \dots (35)$$

$$\hat{x}_t = \lambda x_{t-1} + (1 - \lambda)\hat{x}_{t-1} \dots \dots \dots (36)$$

Tel que λ entre $[0,1]$

1.6.2 Lissage exponentiel double (LED)

Le modèle du lissage exponentiel double est comme son nom l'indique consiste à effectuer un lissage de la série déjà lissée. Le lissage exponentiel double tient compte de la tendance dans la modélisation de la série temporelle, ses formules générales sont les suivantes :

$$\hat{x}_t = \lambda x_{t+1} + (1-\lambda)\hat{x}_{t-1} \dots\dots\dots(37)$$

$$\hat{y}_t = \lambda \hat{x}_t + (1-\lambda)\hat{y}_{t-1} \dots\dots\dots(38)$$

$$a_t = 2\hat{x}_t - \hat{y}_t \dots\dots\dots(39)$$

$$b_t = \frac{1}{\lambda} (\hat{x}_t - \hat{y}_t); \bar{\lambda} = \frac{1-\lambda}{\lambda} \dots\dots\dots(40)$$

1.6.3 Lissage exponentiel de Holt- Winter

Holt –Winter utilise le lissage exponentiel pour prendre en considération l'existence d'une saisonnalité dans la série. Cette méthode de prévision permet de distinguer la partie saisonnière de l'extra-saisonnalité de la série. Ceux deux composantes peuvent donc être modélisées individuellement et combiner différentes méthodes de prévision pour chaque d'entre elles. Il s'agit d'un lissage exponentielle double de Holt a deux paramètres pour la partie non saisonnière a un paramètre de Winter. La formule de lissage de Holt varie en fonction des deux versions additives et la version multiplicatives.

- **Cas additif :**

Lissage de la moyenne :

$$a_t = \alpha [xt - s_{t-p}] + 1 (1-\alpha)[\alpha_{t-1} + b_{t-1}] \dots\dots\dots(41)$$

Lissage de la tendance :

$$b_t = \beta [xt - S_{t-p}] + 1(1-\alpha) [(\alpha_{t-1}) + (b_{t-1})] \dots\dots\dots(42)$$

Lissage de la saisonnalité :

$$S_t = \gamma [xt - \alpha_t] + (1-\gamma) S_{t-p} \dots\dots\dots(43)$$

Prévision : si on a $1 \leq h \leq p$

$$\hat{x}_{t+h}^p = \alpha_t + h \cdot b_t + S_t \dots\dots\dots(44)$$

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

$$\hat{x}_{t+h}^p = (\alpha_t + h \cdot b_t) + S_{t-p+h} \dots\dots\dots(45)$$

• **Cas multiplicatif :**

Lissage de la moyenne :

$$a_t = \alpha [xt/s_{t-p}] + 1 (1-\alpha)[\alpha_{t-1} + b_{t-1}] \dots \dots \dots (46)$$

Lissage de la tendance :

$$b_t = P[a_t - a_{t-1}] + 1\beta (b_{t-1}) \dots \dots \dots (47)$$

Lissage de la saisonnalité :

$$S_t = \gamma [xt/\alpha_t] + (1-\gamma) S_{t-p} \dots \dots \dots (48)$$

2. Analyse d'un modèle sans changement structurel

2.1 Test de racine unitaire sans rupture

Les structures de tendance déterministe (DS) et de tendance stochastique (TS) jouent un rôle très important dans le traitement statistique d'une série temporelle. Le teste de racine unitaire permettent de déterminer la nature du processus générateur de la série, en choisissant entre ces deux séries les tests standards de racine unitaire ont pour hypothèse nulle (H0) la prestance d'une racine unitaire ,contre l'hypothèse alternative (H1) de stationnarité du processus. Les principaux tests de ce type sont le test de Dickey-Fuller simple (1979) le DF augmenter (1981) et le teste de Philips –Perron (1981) ces test son paramétrique et reposent sur l'estimation d'un processus autorégressif pour la série temporelle. La distinction entre les structure DS et TS est crucial car elle conditionne le choix du modèle statistique appropriée pour analyser la serie. IL permettent de rancher entre ces deux hypothèses structurelles .

2.2 Test de DICKEY-FULLER (test de non stationnarité)

Le test de DICKEY-FULLER permet de mettre en évidence le caractère stationnaire ou non stationnaire d'une chronique par la détermination d'une tendance déterministe ou stochastique. Les modèles de base de la construction de ces tests sont du nombre de trois. Le principe de ce test est simple :

Si l'hypothèse $H_0: \phi = 1$ est retenue dans l'un des trois modèles le processus est alors non stationnaire.

$M[1]: X_t = \phi_{t-1} + \varepsilon_t \dots \dots \dots (49)$ Modèle autorégressif d'ordre 1

$M[2]: X_t = C + \phi X_{t-1} + \varepsilon_t \dots \dots \dots (50)$ Modèle autorégressif d'ordre 1 avec constante

$M[3]: X_t = C + Bt + \phi X_{t-1} + \varepsilon_t$. Modèle autorégressif d'ordre 1 avec constante et trend.

Si H_0 est vérifiée la série X_t n'est pas stationnaire quel que soit le modèle retenu.

Le principe général du test est le suivant :

On estime par les moindres carrés ordinaires (MCO) le paramètre ϕ , noté $\hat{\phi}$, pour les modèles [1], [2] et [3].

L'estimation des coefficients et des écarts types du modèle fourni

La statistique de Dickey-Fuller, notée : $t_{\hat{\phi}} = \frac{\hat{\phi}}{\sigma_{\hat{\phi}}}$

Si l'hypothèse H_0 est acceptée. Il existe alors une racine unitaire. Le processus n'est donc pas stationnaire.

2.3 Test de DICKY-FULLER augmenté (ADF)

Dans les modèles précédents utilisés pour les tests de Dickey-Fuller simple le processus ε_t est par hypothèse un BB. Or, il n'y a aucune raison pour que l'erreur soit non corrélée. On appelle test ADF la prise en compte de cette hypothèse. Les tests ADF sont fondés par l'estimation par les MCO des trois modèles :

$$M[4]: X_t = \rho X_{t-1} + \sum_{j=2}^p \phi_j \Delta X_{t-j+1} + \varepsilon_t \dots \dots \dots (51)$$

$$M[5]: X_t = \rho X_{t-1} + \sum_{j=2}^p \phi_j \Delta X_{t-j+1} + C + \varepsilon_t \dots \dots \dots (52)$$

$$M[6]: X_t = \rho X_{t-1} + \sum_{j=2}^p \phi_j \Delta X_{t-j+1} + C + B_t + \varepsilon_t \dots \dots \dots (53)$$

Le test se déroule de manière similaire au test de Dickey-Fuller simple seules les tables statistiques diffèrent. La valeur de ρ peut être déterminée selon les critères AKAIKE (AIC) et SCHWART.

2.4 Le Test de Philips-Perron

Le test de Philips-Perron (1988) vise à corriger les problèmes d'autocorrélation et d'hétéroscédasticité des erreurs présente dans le teste de DF en utilisant un modèle non paramétrique il se déroule en quatre étapes

Estimation par les moindres carrés ordinaires (MCO) des modèles de base des tests de Dickey-Fuller et calcul des statistiques associées, soit ε_t le résidu estimé

Estimation de la variance dite de court terme des résidus :

$$\hat{\sigma}^2 = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \varepsilon_t^2 \dots \dots \dots (54)$$

Estimation d'un facteur correctif s_t^2 (variance de long terme) établi à partir de la structure des covariances des résidus des modèles précédemment estimés de telle sorte que les transformations réalisées conduisent à des distributions identiques à celles de Dickey-Fuller standards

$$S_t^2 = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \varepsilon_t^2 + 2 \sum_{i=1}^t \left(1 - \frac{i}{t}\right) \frac{1}{n} \sum_{t=i+1}^n \varepsilon_t \varepsilon_{t-1} \dots \dots \dots (55)$$

Calcul de la statistique de PP

$$t_{\hat{\theta}_1}^* = \sqrt{k} \times \frac{(\hat{\theta}_1 - 1)}{\hat{\sigma}_{\hat{\theta}_1}} + \frac{n(k-1)\hat{\sigma}_{\theta_1}}{\sqrt{k}} \ln \rightarrow k = \frac{\hat{\sigma}^2}{s_t^2} \dots \dots \dots (56)$$

avec $k = 1$ et ε_t est un bruit blanc

2.5 Le Test de KPSS

Le test de KPSS a été proposé par Kwiatkowski, Philips, Schmidt et Shin en 1992. Il permet de tester l’hypothèse nulle de stationnarité d’une série temporelle contre l’hypothèse alternative de non-stationnarité ces auteurs ont posé une statistique de test particulière pour tester

$$H_0 : \sigma_v^2 = 0 \text{ contre } H_1 : \sigma_v^2 > 0$$

Avec la régression auxiliaire $X_t = u + \delta_t + \varepsilon_t$ ou ε_t est le résidu estimé

Si X_t ne comporte pas de tendance stochastique, alors les résidus seront stationnaires et les résidus contiendront une racine stationnaire.

On définit la somme partielle des résidus : $S_t = \sum_{j=1}^t \hat{\varepsilon}_j$

Si les $\hat{\varepsilon}_j$ sont stationnaires, alors S_t est par définition un processus I(1).

La statistique de KPSS est alors définie par :

$$KPSS = \frac{1}{T^2} \frac{\sum S_t^2}{\hat{\sigma}_{\infty}^2} \dots \dots \dots (57)$$

Où $\hat{\sigma}_{\infty}^2$ est un estimateur de la variance de long terme des résidus.

Sous l’hypothèse nulle de stationnarité, la statistique de KPSS converge vers une limite connue. Si la valeur calculée est supérieure à la valeur critique, on rejette l’hypothèse nulle on conclut que X_t n’est pas stationnaire. Donc le KPSS permet de confirmer la non-stationnarité de S_t , lorsque les résidus $\hat{\varepsilon}_j$ sont stationnaires, en complément des tests de racine unitaire.

3. Analyse d’un modèle avec changement structurel

Le problème du changement structurel dans les modèles de régression linéaire est un sujet important en économétrie et en statistique. Il se pose lorsque les paramètres d’un modèle de régression linéaire subissent des modifications au cours du temps. Cela peut être dû à des changements dans les conditions économiques, politiques, technologiques, etc.

Dans les premiers travaux sur le sujet, la date du changement structurel était supposée connue a priori. Par exemple, Chow (1960) a proposé un test pour vérifier s’il y a eu un changement de régime à une date donnée.

Par la suite, les recherches se sont orientées vers des modèles où la date du changement est inconnue. Les contributions de Brown, Durbin et Evans (1975), Bhattacharya (1994) et d'autres ont permis de développer des tests pour détecter l'existence d'un changement structurel sans connaître sa date.

Les développements les plus récents concernent les tests optimaux pour détecter les changements structurels, comme ceux proposés par Andrews (1993) et Andrews et Ploberger (1994). Ces tests permettent de déterminer s'il y a eu un ou plusieurs changements structurels, ainsi que leurs dates.

Le problème a également été étudié dans le cadre de modèles avec variables intégrées ou cointégrées, et est lié aux débats sur la racine unitaire versus le changement de tendance dans les séries temporelles.

Bien que la littérature soit vaste sur le sujet, les études sur les changements structurels multiples restent encore relativement peu nombreuses. Les travaux de Bai et Perron (1996, 1997) font partie des contributions importantes dans ce domaine, en proposant des méthodes d'estimation des paramètres et de sélection du nombre de changements structurels. L'objectif de cette étude est donc de présenter un survol des principaux résultats de Bai et Perron sur ces questions.

La modélisation de la composante déterministe est cruciale pour les tests de racine unitaire. Perron (1989) et Perron (1989) estiment que la plupart des variables économiques sont stationnaires autour d'une tendance déterministe avec une rupture de tendance. Cependant, les tests de racine unitaire basés sur les modèles autorégressifs ont une faible puissance contre cette alternative.

Perron (1992) a montré que la mauvaise modélisation de la composante déterministe peut entraîner un biais important pour les statistiques de test de Dickey-Fuller. Sous l'hypothèse nulle de racine unitaire, la distribution asymptotique de la statistique TP dépend de l'ensemble des variables déterministes incluses dans le modèle estimé.

Lorsqu'on omet une composante déterministe dans le modèle, les variables omises tendent vers l'infini à une vitesse supérieure ou égale aux variables déterministes du modèle estimé. Cela conduit à une distribution asymptotique normale centrée réduite pour la statistique TP, avec des valeurs critiques plus petites (en valeur absolue) que celles issues de la distribution asymptotique non normale lorsque la tendance est incluse.

Cependant, lorsque le processus générateur de données spécifie une composante stochastique Z_t et que les composantes déterministes incluses dans le modèle sont d'ordre inférieur à celles du mécanisme générateur, alors le test basé sur la statistique t_p n'est pas convergent sous l'hypothèse nulle de racine unitaire.

En effet, lorsque l'on a trop de régresseurs déterministes, cela décroît la puissance des tests de racine unitaire entre les alternatives stationnaires. Il apparaît qu'un non rejet de l'hypothèse de racine unitaire peut être dû à une mauvaise spécification des composantes incluses en tant que régresseur. À fin d'étudier les implications d'une évolution dans la tendance sur les tests de Dickey Fuller, on met en évidence trois types de variations possibles dans la tendance :

- Un changement de niveau modèle [A].

$$X_t = u_1 + B_t + (u_1 - u_2)DU_t + \varepsilon_t \dots \dots \dots (58)$$

Où ε_t est un bruit blanc.

. DU_t : La variable muette, permet la modélisation d'une rupture se produisant à la date T_b la date de rupture)

- Un changement de pente modèle [B].

$$X_t = u + B1_t(B_2 - 1)DT_t^* + \varepsilon_t \dots \dots \dots (59)$$

- Une combinaison des deux modèles [C]

$$X_t = u + B1_t(B_2-1)DT_t^* + \varepsilon_t \dots \dots \dots (60)$$

Perron conclut, par le biais de simulation que les tests de Dickey-Fuller sont biaisés en faveur de l'hypothèse nulle de racine unitaire, même asymptotiquement, lorsque la série étudiée contient au moins une évolution dans sa tendance. Retenons en premier lieu l'hypothèse d'une tendance déterministe linéaire et d'une rupture de tendance. Perron génère 10 .000 séries X_t de longueur 100, définie à partir du processus générateur de données suivant :

3.1 Test de Perron

L'approche de perron (1989) s'inscrit dans la continuité de l'analyse d'intervention proposée par Box et Tiago (1979). Cette méthode vise à extraire les points aberrants du processus d'erreur et a les modéliser explicative ment en tant qu'intervention dans la composante déterministe du modèle . Cette méthode s'appuie sur les travaux antérieur de Boxe et Tiago sur l'analyse d'intervention , mais en se concentre spécifiquement sur la modélisation des points aberrants comme des éléments déterministes du modèle plutôt que comme des erreurs aléatoire. La stratégie du test est basée sur les tests suivants :

Modèle [A] : changement exogène dans le niveau

$$\begin{cases} H_0: X_t = u + dD(Tb)_t + X_{t-1} + \varepsilon_t \dots \dots \dots (61) \\ H_1: X_t: u_t + (u_2 - u_1)DU_t + \varepsilon_t \dots \dots \dots (62) \end{cases}$$

Avec :

$$\begin{cases} D(Tb) = 1 \text{ si } Tb < t \\ D(Tb) = 0 \text{ sinon} \end{cases}$$

et

$$\begin{cases} Du_t = 1 \text{ si } t > Tb \\ Du_t = 0 \text{ sinon} \end{cases}$$

Modèle [B] : changement exogène dans le taux de croissance

$$\begin{cases} H_0: X_t: u_t + (u_2 - u_1)DU_t + \varepsilon_t \dots \dots \dots (63) \\ H_1: X_t = u + B_1t(B_2 - 1)_t + DT^* + \varepsilon_t \dots \dots \dots (64) \end{cases}$$

Avec :

$$\begin{cases} D(u_t) = 1 \text{ si } Tb < t \\ D(u_t) = 0 \text{ sinon} \end{cases}$$

et

$$\begin{cases} DT^* = t - Tb \text{ si } t > Tb \\ DT_t^* = 0 \text{ sinon} \end{cases}$$

Modèle [C] : changement exogène dans la pente et le niveau de la tendance

$$\begin{cases} H_0: X_t: u_t + X_{t-1}(u_2 - u_1)DU_t H_1: X_t = u + B_1t + dD(Tb)_t + \varepsilon_t \dots \dots (65) \\ H_1: X_t = u + B_1t + (u_2 - u_1)DU_t + (B_2 - B_1)Dd_t + \varepsilon_t \dots \dots \dots (66) \end{cases}$$

Le test de Perron est identique à celui de Dickey-fuller sur lequel se greffe la possibilité d'une rupture de tendance ou d'un changement de pente de la tendance et leur prise en compte dans la modélisation sous l'hypothèse nulle comme sous l'alternative. Afin de détecter une racine unitaire avec un changement, on procède de la manière suivante :

On estime un modèle de régression plus général qui inclut à la fois l'hypothèse nulle et l'hypothèse alternative

Dans ce modèle général, on définit trois types de variable indicatrices pour prendre en compte différents type de changements

- [A] : une variable indicatrice de changement de pente (DU)
- [B] : une variable indicatrice de changement de pente (DT*)
- [C]: une variable indicatrice de changement de pente (DT)

On note $\bar{X}_t, i = A, B, C$ les residus de la regression de la serie X_t sur ces variables indicatrices selon le model considéré

3.2 Test de Zivot et Andrews

Le test de Zivot et Andrews (1992) est une méthode permettant de détecter une éventuelle rupture structurelle dans une série temporelle, tout en rendant la date de cette rupture endogène. L'hypothèse alternative, quand elle considère que la série $\{X_t\}$ peut être représentée par un processus stationnaire autour d'une tendance se produisant à une date inconnue. La méthode d'estimation de ce test consiste à identifier le point de rupture τ qui accorde le plus de poids en faveur de l'hypothèse alternative. Cela se fait en retenant le point de rupture τ pour lequel la statistique de test $t_{p=1}$ est minimale. Des valeurs faibles de cette statistique conduisent en effet au rejet de l'hypothèse nulle de racine unitaire.

L'équation de Zivot et Andrews sont similaires à celle de Perron à la différence que la variable mute $D(\tau)$ disparaît sous l'hypothèse nulle. Cela permet de rendre la date de la rupture endogène, contrairement à l'approche initiale de Perron qui la considérait comme exogène.

M[A]

$$\begin{cases} X_t = u_1 + \theta^A D U_t(\lambda) B^A + P^A X_{t-1} + \sum_{t-1}^p c_i D X_{t-1} + \varepsilon_t \dots \dots \dots (67) \\ \text{sous } H_0 : P^A = 1, B^A = 0 \theta^A = 0 \end{cases}$$

M[B]

$$\begin{cases} X_t = u^B + B t^B + \phi^B D T^*_t(\lambda) + P^B X_{t-1} + \sum_{t-1}^p c_i \Delta X_{t-1} + \varepsilon_t \dots \dots \dots (68) \\ \text{sous } H_0 : P^B = 1, \phi^B = 0 B^B = 0 \end{cases}$$

M[C]

$$\begin{cases} X_t = u^C + \theta^C D U_t(\lambda) + B^C + \phi^C D T^*_t(\lambda) + P^C X_{t-1} + \sum_{t-1}^p c_i \Delta X_{t-1} + \varepsilon_t \dots \dots (69) \\ \text{sous } H_0 : P^C = 1, B^C = 0 \theta^C = 0 \end{cases}$$

Où

$$D U_t(\lambda) = \begin{cases} 1 & \text{si } t > T\lambda \\ 0 & \text{si non} \end{cases}$$

et

$$D T^*_t(\lambda) = \begin{cases} t - T\lambda & \text{si } t > T\lambda \\ 0 & \text{si non} \end{cases}$$

La procédure est la suivante : le point de rupture et les t-statistique associées sont déterminé par les moindres carrés ordinaires, avec $\lambda = \frac{tb_j}{T}$ pour j allant de $\frac{2}{T}$ à $\frac{T-1}{T}$.

La t-statistique retenue est le minimum sur toutes les $(T-2)$ régressions, qui est par la suite

comparée aux valeurs critiques tabulées par Zivot et Andrew. Celles-ci sont représentées dans

le tableau suivant :

Tableau 3: Les valeurs critiques du test de Zivot et Andrew

	$T \rightarrow \infty$	1%	5%	10%
A: $t_{\hat{\rho}}^I \lambda_{inf}^I$		-5.34	-4.8	-4.58
B: $t_{\hat{\rho}}^I[\lambda_{inf}^I]$		-4.93	-4.42	-4.11
C: $t_{\hat{\rho}}^I[\lambda_{inf}^I]$		-5.57	-5.08	-5.82

Conclusion

Nous avons vu que le phénomène de non stationnarité des séries temporelles a conduit au développement de nombreux tests de racine unitaire. Le test de Dickey-Fuller simple suppose que le terme d'erreur suit un bruit blanc, ce qui n'est pas toujours le cas en pratique.

Dans le cas de la série stationnaire autour d'une tendance, ce qui est fréquent pour les séries économiques, le test de Perron (1989) montre qu'il est nécessaire de prendre en compte ces ruptures de tendance dans la modélisation de la série.

Chapitre IV

Prévision de la consommation d'électricité et du gaz

Introduction

Ce chapitre est consacré à l'analyse empirique des variations mensuelles de la consommation d'électricité et de gaz à la wilaya de Bejaia sur la période 2018 jusqu'au mois de mars 2024. On va vérifier si la série est stationnaire en utilisant des tests de racine unitaire. Ensuite, on va détecter le point de changement, s'il est estimé au lieu d'être fixe. On commence par analyser graphiquement la série brute avec la consommation d'électricité et de gaz à Bejaia. Ensuite, on applique différents tests de racine unitaire, comme le test de Box-Jenkins, pour identifier, estimer, valider et prévoir les données. On va même faire une prévision pour le mois d'avril et mai 2024.

1. La SONELGAZ de la wilaya de Bejaia

1.1 Historique de création

La SONELGAZ a été créée le 28 juillet 1969, en remplacement de l'entité précédente Électricité et gaz d'Algérie (EGA), et a été attribuée un monopole de la distribution et de la vente de gaz naturel dans le pays, ainsi que pour la production, la distribution, l'importation et l'exportation d'électricité. En 2002, le décret présidentiel n°02-195 a transformé SONELGAZ en une société par actions SPA entièrement détenue par l'État.

En septembre 2013, SONELGAZ a acheté neuf centrales électriques à General Electric pour un montant de 2,7 milliards de dollars. La puissance totale de ces six centrales est de plus de 8000 mégawatts, permettant d'augmenter la capacité de production de l'Algérie en électricité de 70%. Un partenariat entre les deux groupes est prévu dans le cadre de ce contrat pour la fabrication en Algérie d'équipements de production d'électricité.

Le 19 mars 2014, SONELGAZ et General Electric ont signé un accord de partenariat à long terme pour la construction d'un complexe industriel en Algérie, appelé General Electric Alegria Turbine (GEAT). Il a une capacité de fabrication de matériel de production d'électricité (turbines à gaz, turbines à vapeur, alternateurs et systèmes de contrôle-commande) représentant 2000 MW par an. Le complexe permettra également de créer environ un millier d'emplois directs sur le territoire d'Ain Yagout dans la wilaya de Batna. La première pierre a été posée en septembre 2014. Le projet a été lancé au deuxième semestre de 2016 et il a été inauguré en 2020. En 2021, l'entreprise a conclu un marché avec un client du Moyen-Orient pour la vente de deux turbines à gaz pour la production d'électricité avec leurs équipements connexes d'une capacité de production de 500 mégawatts. Il s'agit de la première commande à l'international.

1.2 Présentation de SONELGAZ

SONELGAZ est l'opérateur historique dans le domaine de la fourniture des énergies électrique et gazière en Algérie. Créée en 1969, SONELGAZ, œuvre depuis un demi-siècle au service du citoyen algérien en lui apportant cette source énergétique essentielle à la vie quotidienne. A la faveur de la promulgation de la loi sur l'électricité et la distribution du gaz par canalisations, SONELGAZ est passée d'une entreprise verticalement intégrée à une holding pilotant un Groupe industriel multi-sociétés et multi-métiers.

SONELGAZ toujours joué un rôle majeur dans le développement économique et social du pays. Sa contribution dans la concrétisation de la politique énergétique nationale est à la mesure des importants programmes réalisés, en matière d'électrification rurale et de distribution publique gaz ; ce qui a permis de hisser le taux de couverture en électricité à 98% pour 10 494 000 clients et un taux de pénétration du gaz à 65% pour 6 451 000 clients.

SONELGAZ est aujourd'hui érigé en Groupe industriel composé de 35 filiales et 6 sociétés en participation. Ainsi, les filiales métiers de base assurent la production, le transport et la distribution de l'électricité ainsi que le transport et la distribution du gaz par canalisations. On compte :

- La Société Algérienne de Gestion du Réseau de Transport de l'Électricité (GRTE)
- La Société Algérienne de Production de l'Électricité (SPE)
- L'Opérateur Système électrique (OS), chargée de la conduite du système production transport de l'électricité
- La Société Algérienne de Distribution de l'électricité et du gaz du Centre (SDC)
- La Société Algérienne de Distribution de l'électricité et du gaz d'Alger (SDA)
- La Société Algérienne de Distribution de l'électricité et du gaz de l'Est (SDE)
- La Société Algérienne de Distribution de l'électricité et du gaz de l'Ouest (SDO)

1.3 Présentation de la Direction de Distribution de Bejaia

La Direction de Distribution de Bejaia est rattachée à la société Algériennes de Distribution de l'électricité et du gaz de l'Est (SDE), dont le siège se trouve à Constantine, cette

dernière est composée d'une Direction à laquelle sont reliés directement :

- Le secrétariat.
- Les assistants du Directeur de Distribution.
- Le chargé des affaires juridiques.
- Le chargé de la communication.
- Le chargé de sécurité.

- Neuf (9) Divisions (DRC, DTE, DTG, DEET, DAM, DFC, DRH, DGSI, SAG).
- Dix (10) Agences commerciales (BEJAIA CITE TOBAL, BEJAIA 4 CHEMAIN, EL KSEUR, AMIZOUR, SIDI AICH, SEDDOUK, AKBOU, TAZMALT, AOKAS, KHERRATA).
- Cinq (5) Districts (BEJAIA, AKBOU, SIDI AICH, AMIZOUR, KHERRATA)

1. 4 Divisions de la direction deBejaia

- **Division Ressources humaines** : La division ressource humaine est considérée comme étant le maillon fort qui fait la liaison entre le personnel et la Direction de Distribution. Elle est scindée en deux services.

- **Division technique et gaz** : La division technique et gaz se dévise 3 services et 5 districts dont la vocation principale est la maintenance, le développement du réseau gaz et l'amélioration continue de la qualité de service.

- **Division Technique Electricité** : Cette division est composée de 4 services et 5 districts dont la mission principale est d'assurer la maintenance, le développement du réseau électricité et l'amélioration continue la qualité de service.

- **Division relations commerciales** : Cette division joue un rôle primordial au sein de la Direction de Distribution, ses missions principales sont :

- La vente de l'électricité et du gaz.
- La gestion des relations clients.
- facturation des FSM (facturation sur mémoire).
- Analyse statistique (taux de pertes).
- Assurer la qualité de service et la satisfaction client.

- **Le service affaires générales** : Ce service est divisé en quatre groupes dont la vocation principale est la gestion des toutes les consommations, investissement, patrimoine ... de la direction de distribution.

- **Division études d'exécution et travaux électricité et gaz** : A pour mission principale le traitement des demandes de raccordements clientèles nouvelles ; en mode extension électricité ou gaz BT/BP, MT/MP

- **Division finance et comptabilité** : Sa vocation principale est la traduction de toute action exécutée par la Direction de Distribution en écriture comptable.

- **Division administration des marches** : Sa vocation principale est la gestion des marchés électricité et gaz et l'établissement des contrats avec les entreprises homologuées par la Direction de Distribution.

Conclusion

La performance d'une entreprise est liée à une bonne prévision de la production et de la consommation qui consiste à empêcher le risque et envisager au mieux l'avenir dans un contexte concurrentiel et incertain. Le rôle des prévisions des ventes dans la performance des entreprises peut se résumer comme suit :

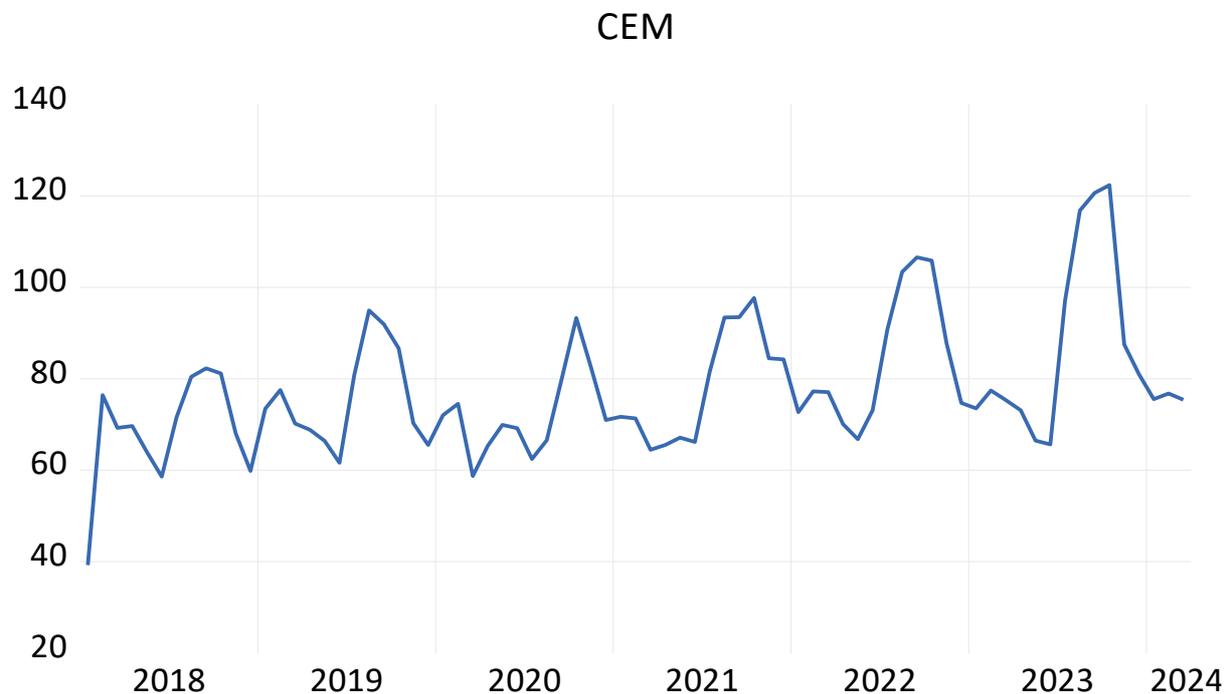
- Les prévisions permettent aux entreprises une meilleure périodicité, fiabilité d'information, fournissent une vision permettant aux entreprises d'agir, car la qualité du système de prévision conditionne en plus la fiabilité et la rapidité de la production d'informations.
- La prévision permet d'élaborer les différents budgets et par suite admet aux entreprises de calculer des écarts.
- Les prévisions représentent un outil d'aide à la prise de décisions, avec la minimisation du niveau d'incertitude et le couvrement des risques d'environnement
- Les prévisions des ventes peuvent être considérées comme un instrument de communication, une composante essentielle de n'importe quel système d'information de l'entreprise, un guide pour les politiques d'approvisionnement, de production, de financement etc.

Donc on peut dire que les prévisions sont indispensables et primordiales dans chaque entreprise et surtout dans le domaine où l'erreur des prévisions ne doivent pas dépasser les 4%. D'après notre travail nous avons remarqué que les données ne sont pas fiables pour faciliter les estimations et la prévision d'un modèle économétrique afin d'améliorer le système de collecte des données.

2. Modélisation d'un modèle sans changement structurel

1.1 Analyse graphique de la série brute avec la variation de la consommation de l'électricité à Bejaia :

Pour effectuer l'analyse graphique, nous allons présenter le graphe de la série de la variation mensuelle de la consommation d'électricité (CEM) de la période de 2018 à 2024 dans la figure suivante :

Figure 8 : La représentation graphique de la série de la consommation d'électricité (CEM)

Source : établi par nous-même sur le logiciel EIEWS

Ce graphique représente la variation mensuelle de la consommation d'électricité par les ménages de la wilaya de Bejaia sur une période allant de 2018 à mars 2024. On peut observer une légère tendance à la hausse dans la série, ainsi qu'une saisonnalité avec des valeurs plus élevées en octobre et plus basses en juin. C'est intéressant de voir ces variations saisonnières.

D'après ces observations graphiques, la série n'est pas stationnaire en raison de la présence de la composante saisonnière. Cette notion de non-stationnarité peut être confirmée par l'étude du correlogramme et l'application de tests de racine unitaire.

1.2. Dessaisonnalisation de la série brute

D'après le graphe de la série mensuelle brute des variations de la consommation d'électricité des ménages, le schéma semble additif car le graphe est entre deux droites parallèles et l'amplitude des variations est constante et la série contient des observations négatives. La dessaisonnalisation de la série va se faire à l'aide du logiciel Eviews nous allons obtenir une nouvelle série notée (CEMSA) sur laquelle on va étudier les tests de racine unitaire.

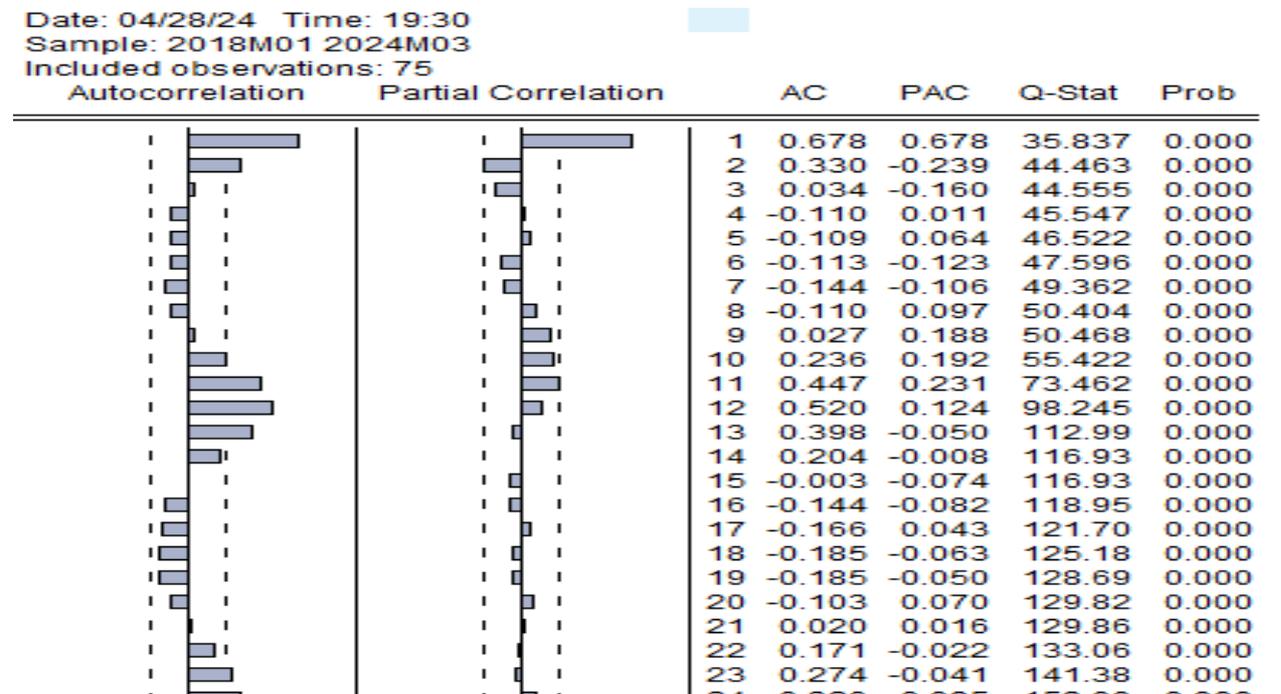
Tableau 4: Les coefficients de saisonnalité pour les 12 mois

Mois	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Csv	-4.04	-1.61	-8.69	-9.95	-11.69	-12.22	2.78	14.42	17.57	16.60	2.23	-5.40

1.3 Étude du corrélogramme de la consommation de l'électricité par les ménages (CEM)

Le corrélogramme de la série reporte les valeurs de la statistique de Lyung-Box (Qstat) permet de tester l'hypothèse nulle d'absence d'auto corrélation (Bruit blanc) pour un nombre de retards. On utilise la statistique de Box Jenkins pour déterminer le nombre p et q pour un modèle ARMA.

Tableau 5:Le corrélogramme de la série brute CEM



Source : établi par nous-même sur logiciel Eviews

1.4 Le choix du meilleur modèle avec la méthode de box Jenkins

Identification

Cette première s'effectue par le biais de l'étude des fonctions d'auto corrélation et d'auto corrélation partielle .Dans le corrélogramme de la CEMSA on remarque que les modèle est un ARMA (1,2) que nous avons amené dans le correlogramme de la série corriger des variations saisonnières

Estimation

Cette étape consiste à estimer les 3 modèles de ARMA (1,2)

$$\text{ARMA(1,2)} : \varphi_0 + \varphi_1 \text{cems}a_{t-1} + \vartheta_1 \varepsilon_{t-1} + \vartheta_2 \varepsilon_{t-1} \dots \dots \dots (70)$$

$$\text{AR (1)} : \varphi_0 + \varphi_1 \text{cems}a_{t-1} + \varepsilon_t \dots \dots \dots (71)$$

$$\text{MA(2)} : \varphi_0 + \vartheta_1 \varepsilon_{t-1} + \vartheta_2 \varepsilon_{t-1} \dots \dots \dots (72)$$

D'après l'estimation de ces 3 modèles sur logiciel Eviews nous avons trouvé les résultats suivants

Tableau 6: les résultats de l'estimation de modèle ARMA (1.2)

	Coefficient	Sts.Error	t.statistic	p.value	AIC	Sc	R2
AR(1)							
C	76.77 513	3.109256	24.69244	0.000 0	6.816	6.9092	0.492325
AR (1)	0.757031	0.046657	16.22	0.0000			
ARMA (1, 2)							
C	76.81087	8.026067	9.570175	0.0000	6.8360	6.8305	0.5124
AR (1)	0.971307	0.069425	13.99078	0.0000			
MA(1)	-0.211523	0.175763	-1.203459	0.2329			
MA(2)	-0.512777	0.150642	-3.403949	0.0011			
MA(2)							
C	77.41404	1.815965	42.62969	0.0000	6.8427	6.9663	0.4928
MA(1)	0.878860	0.094605	9.089798	0.0000			
MA(2)	0.442526	0.122714	3.606143	0.0006			

Source : réaliser par nous-mêmes sur l'logiciel Eviews

Validation

Pour identifier le meilleur modèle à retenir nous allons comparer les caractéristiques

résultantes de l'estimation, nous remarquons que :

- Le modèle ARMA (1.2) contient un coefficient statistiquement non significatif t-statistique de MA(1) est inférieure a 1.96
- Tous les coefficients de MA (2) et AR(1) sont statistiquement significatifs et leur probabilité est inférieure à 5%

Premièrement on va éliminer le modèle ARMA(1.2) et pour choisir entre les deux restent AR(1) et MA(2) et départager entre eux ont fait appel au critère d'information le AIC et SC

D'après les résultats d'estimation nous allons choisir ce qui minimise les 2 critères d'information, dont notre cas il s'agit de modèle AR(1)

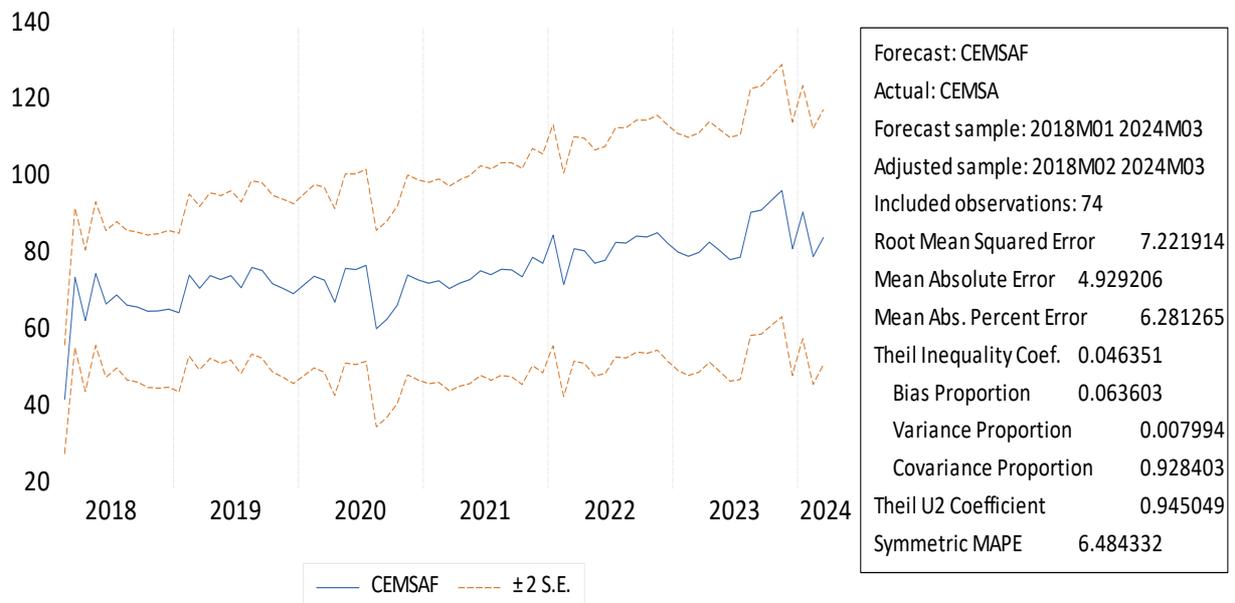
$$AR(1): \varphi_0 + \varphi_1 cemsat_{t-1} + \varepsilon_t \dots \dots \dots (73)$$

$$CEMSA = 76.77 + 0.75 cemsat_{t-1} + \varepsilon_t \dots \dots \dots (74)$$

Prévision

La prévision notée CEMSAF est représentée sur le graphe suivant situèa l'intérieur de l'intervalle de prévision.

Figure 9:La représentation graphique de la série CEMSAF



Source : établi par nous-même sur l'logiciel Eviews

Cette dernière étape a pour objectif de la prévision de la série CEMSA sur la base de processus AR (1).

La prévision de la série avec variation saisonnière du mois d'avril jusqu'au mois de décembre de l'année 2024

$$X_t^{cvs} = 76.77 + 0.75X_{t-1}^{cvs} \rightarrow X_t^{cvs} = 76.77 + 0.75(84.12) \rightarrow X_t^{cvs} = 139.....(75)$$

$$X_{t+1}^{cvs} = 76.77 + 0.75X_t^{cvs} \rightarrow X_{t+1}^{cvs} = 76.77 + 0.75(139.86) \rightarrow X_{t+1}^{cvs} = 181.665.....(76)$$

$$X_{t+2}^{cvs} = 76.77 + 0.75(X_{t+1}^{cvs}) \rightarrow X_{t+2}^{cvs} = 76.77 + 0.75(181.665) \rightarrow X_{t+2}^{cvs} = 213.01 ... (78)$$

$$X_{t+3}^{cvs} = 76.77 + 0.75(X_{t+2}^{cvs}) \rightarrow X_{t+3}^{cvs} = 76.77 + 0.75(213.01) \rightarrow X_{t+3}^{cvs} = 236.52 ... (79)$$

$$X_{t+4}^{cvs} = 76.77 + 0.75(X_{t+3}^{cvs}) \rightarrow X_{t+4}^{cvs} = 76.77 + 0.75(236.52) \rightarrow X_{t+4}^{cvs} = 254.16.....(80)$$

$$X_{t+5}^{cvs} = 76.77 + 0.75(X_{t+4}^{cvs}) \rightarrow X_{t+5}^{cvs} = 76.77 + 0.75(254.16) \rightarrow X_{t+5}^{cvs} = 267.39 ... (81)$$

$$X_{t+6}^{cvs} = 76.77 + 0.75(X_{t+5}^{cvs}) \rightarrow X_{t+6}^{cvs} = 76.77 + 0.75(267.36) \rightarrow X_{t+6}^{cvs} = 277.31...(82)$$

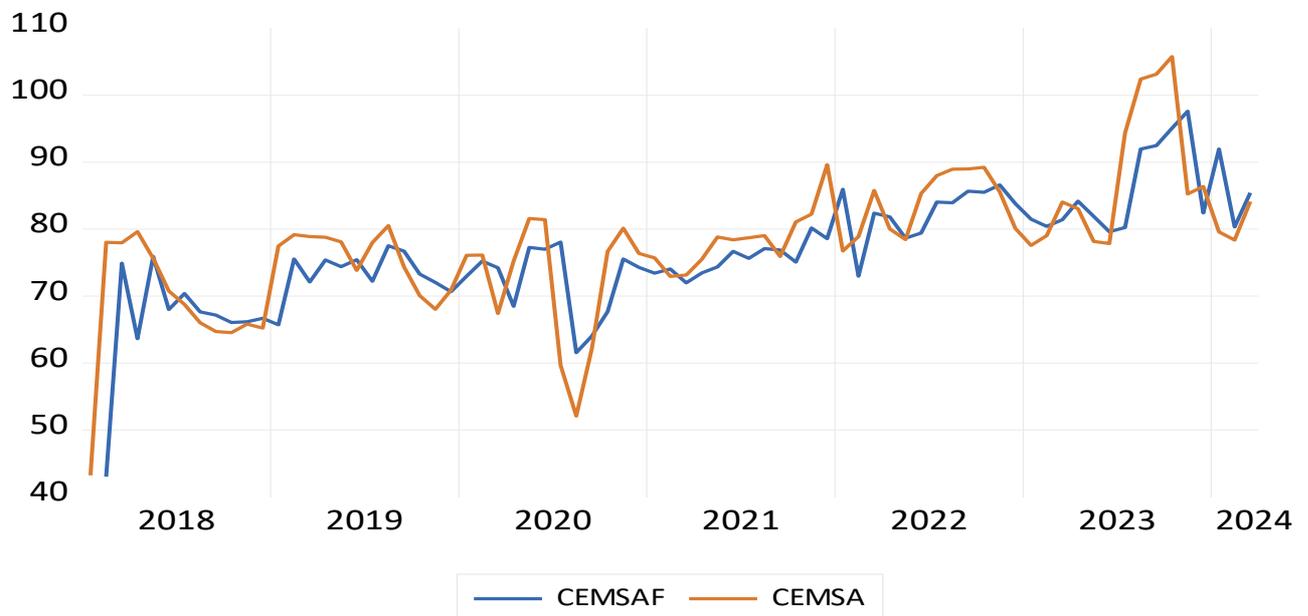
$$X_{t+7}^{cvs} = 76.77 + 0.75(X_{t+6}^{cvs}) \rightarrow X_{t+7}^{cvs} = 76.77 + 0.75(277.31) \rightarrow X_{t+7}^{cvs} = 284.75....(83)$$

$$X_{t+8}^{cvs} = 76.77 + 0.75(X_{t+7}^{cvs}) \rightarrow X_{t+8}^{cvs} = 76.77 + 0.75(284.75) \rightarrow X_{t+8}^{cvs} = 213.56(84)$$

$$X_{t+9}^{cvs} = 76.77 + 0.75(X_{t+8}^{cvs}) \rightarrow X_{t+9}^{cvs} = 76.77 + 0.75(213.56) \rightarrow X_{t+9}^{cvs} = 236.94 ... (85)$$

Le graphe ci-après représente la prévision des deux série CMSA et CMSAF à fin de comparer la qualité d'ajustement entre les 2 séries

Figure 10:La présentation graphique des deux série CMSA et CMSAF



Source : établi par nous même sur l'logiciel Eviews

Prévoir la valeur de la série brute de la consommation d'électricité allons du mois de d'avril jusqu'au mois de décembre de l'année 2024

Horizon h : 9 mois

h_t : Mars

$$cemsat = 139.86 + (-8.69) = 131.17 \dots \dots \dots (86)$$

h_{t+1} : Avril

$$cemsat_{t+1} = 181.665 - 9.95 = 171.715 \dots \dots \dots (87)$$

h_{t+2} : Mai

$$cemsat_{t+2} = 213.01 - 11.69 = 201.32 \dots \dots \dots (88)$$

h_{t+3} : Juin

$$cemsat_{t+3} = 236.52 - 12.22 = 224.3 \dots \dots \dots (89)$$

h_{t+4} : Jjuillet

$$cemsat_{t+4} = 254.16 - 2.78 = 251.38 \dots \dots \dots (90)$$

h_{t+5} : Août

$$cemsat_{t+5} = 267.39 - 14.42 = 252.97 \dots \dots \dots (91)$$

h_{t+6} : Septembre

$$cemsat_{t+6} = 277.31 - 17.57 = 259.74 \dots \dots \dots (92)$$

h_{t+7} : Octobre

$$cemsat_{t+7} = 284.75 - 16.60 = 268.15 \dots \dots \dots (93)$$

h_{t+8} : Novembre

$$cemsat_{t+8} = 213.56 - 2.23 = 211.33 \dots \dots \dots (94)$$

h_{t+9} : Décembre

$$cemsat_{t+9} = 236.94 - 5.40 = 231.54 \dots \dots \dots (95)$$

Avec la même méthode et les mêmes tests de racine unitaire appliquant sur la série de consommation de gaz à la wilaya de Bejaïa allant de 2018 jusqu'a mars de 2024. Nous avons trouvé que cette série n'est pas stationnaire il s'agit d'un modèle ARMA (2,2) et d'après le test de box Jenkins le meilleur modèle est le AR(2) tous ces coefficients sont significatifs et minimisent les critères d'information d' AIC et SC .

$$\mathbf{AR (2)} = \varphi_0 + \varphi_1 CGAZSA_{t-1} + \varphi_2 CGAZSA_{t-1} \dots \dots \dots (96)$$

$$\mathbf{CAZSA}_t = 183.42 + 0.94 CGAZSA_{t-1} - 0.31 CGAZSA_{t-2} \dots \dots \dots (97)$$

La prévision de la série de la consommation du gaz avec variation s'saisonnaire et de la série brute dans le tableau suivant :

Tableau 7:La prévision de la série CGAZSA avec variations saisonnière et la série brute

Prévoir CGAZSA avec variations saisonnières	Prévoir les valeurs futures de la série brute CGAZSA
$X_t^{cvs} = 183.42 + 0.94(181.62) - 0.31(194.89)$ $*X_t^{cvs} = 293.72$ $*X_{t+1}^{cvs} = 403.13$ $*X_{t+2}^{cvs} = 471.30$ $*X_{t+3}^{cvs} = 501.48$ $*X_{t+4}^{cvs} = 508.70$ $*X_{t+5}^{cvs} = 506.14$ $*X_{t+6}^{cvs} = 501.50$ $*X_{t+7}^{cvs} = 497.92$ $*X_{t+8}^{cvs} = 496$	avril : $cgazsa_{t+1} = 293.72 + 1.14 = 294.86$ mai : $cgazsa_{t+2} = 403.13 + 1.56 = 404.69$ juin : $cgazsa_{t+3} = 471.30 + 0.73 = 472.03$ juillet : $cgazsa_{t+4} = 501.48 - 3.10 = 498.38$ août : $cgazsa_{t+5} = 508.70 - 2.15 = 506.55$ Septembre : $cgazsa_{t+6} = 506.14 + 0.04 = 506.18$ octobre : $cgazsa_{t+7} = 501.50 - 1.56 = 499.94$ novembre : $cgazsa_{t+8} = 497.92 - 3.68 = 494.24$ Décembre : $cgazsa_{t+9} = 496 + 5.44 = 501.44$

Source : établi par nous même sur l'logiciel Eviews

3. Modélisation du modèle avec changement structurel

2.1. Modélisation avec rupture de la tendance

L'étape de l'identification d'un processus ARMA (p.q.) consiste à choisir les ordres des parties AR (choix de l'entier p) et MA (choix de l'entier q). Généralement, on choisit plusieurs modèles ARMA candidats pour différentes valeurs de p et q. « Les modèles candidats qui donnent de bonnes prévisions sont ceux pour lesquels les valeurs p et q sont petits ». L'identification doit donc nécessairement commencer par l'étude de la stationnarité des séries d'intérêt. Cette étude se fait à l'aide des tests de racine unitaire, en présence de ruptures de tendance de Zivot et Andrews, 1992. Il s'agit en fait d'un test de racine unitaire, avec possibilité de prendre en compte une date de rupture. Cette date de rupture est endogénéisée, c'est-à-dire déterminée de façon automatique par la procédure. Ce qui permet leur utilisation dans le modèle comme variables déterministes exogènes de type binaire. Le choix des ordres p et q s'est fait automatiquement à l'aide des critères d'information d'Akaike et Schwartz.

2.2 Application a la série d'électricité (CEM)

- **Test de stationnarité**

La série est stationnaire en niveau avec un point de rupture le mois d'Aout 2020. Le test de stationnarité de Zivot-Andrew., appliqué sur la série CEMSA, a montré que celle-ci

est stationnaire en niveau avec un point de rupture au mois d'Aout 2020.

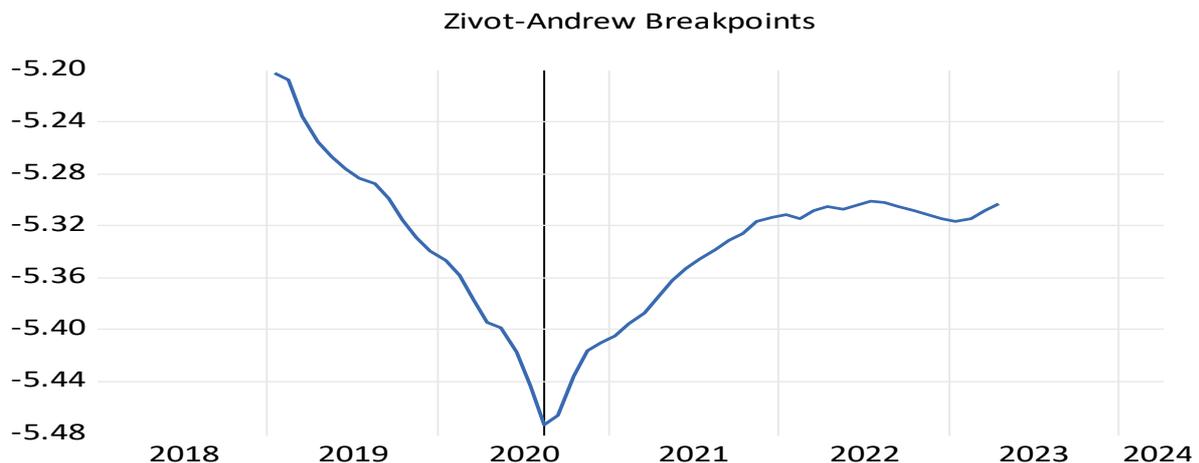
Les résultats d'estimation obtenus sont présentés dans le tableau suivant :

Tableau 8: Les résultats d'estimation de la série CEMSA (Test de stationnarité de Zivot – Andrews

Zivot-Andrews Unit Root Test		
Date: 05/18/24 Time: 15:05		
Sampler: 2018M01 2024M03		
Inclu de dobservations: 75		
NullHypothesis: LOG(CEMSA) has a unit root with a structural break in the trend		
Chosen lag length: 1 (maximum lags: 4)		
Chosen break point: 2020M08		
	t-Statistic	Prob. *
Zivot-Andrews test statistique	-5.473467	0.003680
1% criticalvalue:	-4.80	
5% criticalvalue:	-4.42	
10% criticalvalue:	-4.11	
* Probability values are calculated from a standard t-distribution and do not take into account the breakpoint selection process		

Source : établi par nous même sur l'logiciel Eviews

Figure 11: La représentation graphique du test de Zivot-Andrew sur la série (CEMSA)



Source : établi par nous même sur l'logiciel Eviews

- **Détermination des ordres P et Q : les modèles identifiés p=1 q=3**

Les ordres p=1 et q=1 sont ceux qui optimisent les trois critères d'information d'Akaike, et Schwarz. Le modèle optimal retenu c'est un MA (2)

Tableau 9:Corrélogramme de la série CEMSA

Date: 05/18/24 Time: 15:50
Sample: 2018M01 2024M03
Included observations: 75

Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob	
		1	0.563	0.563	24.697	0.000
		2	0.337	0.030	33.672	0.000
		3	0.216	0.023	37.430	0.000
		4	0.234	0.142	41.870	0.000
		5	0.270	0.117	47.863	0.000
		6	0.234	0.012	52.464	0.000
		7	0.212	0.055	56.297	0.000
		8	0.217	0.077	60.360	0.000
		9	0.241	0.076	65.452	0.000
		10	0.246	0.051	70.823	0.000
		11	0.255	0.078	76.713	0.000
		12	0.180	-0.057	79.674	0.000
		13	0.172	0.042	82.423	0.000
		14	0.145	-0.017	84.415	0.000
		15	0.110	-0.051	85.569	0.000
		16	0.084	-0.030	86.255	0.000
		17	0.082	0.006	86.925	0.000
		18	0.033	-0.097	87.036	0.000
		19	0.024	-0.021	87.097	0.000
		20	0.105	0.116	88.258	0.000

Source : établi par nous même sur l'logiciel Eviews

- **Estimation des paramètres**

La deuxième étape consiste à estimer les paramètres des modèles ARMA candidats. Il existe différentes méthodes concurrentes d'estimation des paramètres des modèles ARMA candidats la méthode du maximum de vraisemblance, les moindres carrés, la méthode basée sur le Filtre de Kalman, etc. Le logiciel utilisé (Eviews 13) estime le modèle par la méthode des moindres carrés. La technique de détection des observations aberrantes, basée sur la corrélation, a été également utilisée. Ces observations aberrantes ont été modélisées comme variables indicatrices dans le modèle.

Tableau 10: Résultats d'estimation de Modèle sans transformation logarithmiques

Dependent Variable: CEMSA
 Method: ARMA Maximum Likelihood (OPG - BHHH)
 Included observations: 75

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	72.07378	2.102687	34.27699	0.0000
DU2020M08	9.172705	2.433578	3.769226	0.0003
MA(1)	0.839082	0.096388	8.705267	0.0000
MA(2)	0.366385	0.129176	2.836327	0.0060
SIGMASQ	44.21159	5.256052	8.411559	0.0000
R-squared	0.539850	Meandependent var	77.86258	
Adjusted R-squared	0.513556	S.D. dépendent var	9.868091	
S.E. of régression	6.882555	Akaike info criterion	6.770353	
Sumsquaredresid	3315.869	Schwarz criterion	6.924852	
Log likelihood	-248.8882	Hannan-Quinn criter.	6.832043	
F-statistic	20.53108	Durbin-Watson stat	2.137981	
Prob(F-statistic)	0.000000			

Source : établi par nous même sur l'logiciel Eviews

Globalement, le modèle semble satisfaisant (Adjusted R-squared=0.539850 et Prob(F-statistique) =0.00). Sur le plan individuel, les coefficients des variables explicatives sont significativement différents de zéro. On note la présence d'une tendance avec rupture. Enfin, le test de Jarque-Bera montre que les résidus estimés de ce modèle sont normalement distribués.

La blancheur des résidus estimés de ce modèle a été testée à l'aide du test de Box Pierce. Ce qui a permis de valider le modèle puisque les résidus estimés obéissent bel et bien à un processus de bruit blanc. Ce résultat était d'ailleurs prévisible puisque la normalité et la blancheur des résidus vont généralement ensemble.

Tableau 11:Correlogramme du test de Bruit-Blanc des résidus sur la série CEMSA

Date: 05/18/24 Time: 17:13

Sample: 2018M01 2024M03

Q-statistic probabilities adjusted for 2 ARMA terms

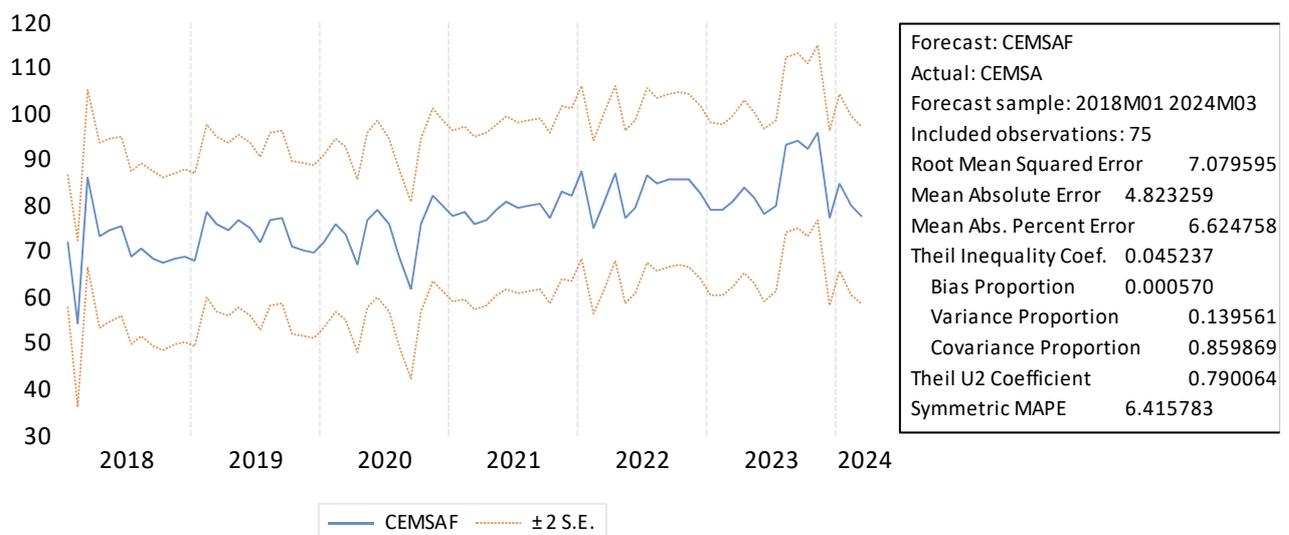
Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob*	
		1	-0.146	-0.146	1.6606	
		2	0.115	0.096	2.7038	
		3	0.010	0.040	2.7112	0.100
		4	-0.078	-0.085	3.2088	0.201
		5	0.113	0.089	4.2542	0.235
		6	-0.006	0.040	4.2571	0.372
		7	-0.016	-0.034	4.2793	0.510
		8	0.003	-0.017	4.2800	0.639
		9	0.063	0.088	4.6291	0.705
		10	-0.017	-0.006	4.6563	0.794
		11	0.126	0.103	6.0957	0.730
		12	-0.046	-0.010	6.2860	0.791
		13	0.061	0.043	6.6331	0.828
		14	0.009	0.009	6.6409	0.880
		15	-0.031	-0.023	6.7363	0.915
		16	-0.070	-0.112	7.2160	0.926
		17	0.017	0.013	7.2453	0.950
		18	-0.077	-0.066	7.8486	0.953
		19	-0.110	-0.150	9.0901	0.937
		20	-0.000	-0.043	9.0901	0.958

Source : établi par nous même sur l'logiciel Eviews

Test de Bruit-Blanc : les résidus sont générés par un processus de Bruit Blanc : $Q \text{ stat } (20) = 9.09 < 31.40$

• **Prévisions**

Figure 12 : La représentation graphique de la série(CEMSAF)



Source : établi par nous même sur l'logiciel Eviews

❖ Les prévisions hors échantillon

Le meilleur modèle de la série c'est un MA(2), on note l'équation de modèle comme suit :

$$CEMSA_t = C + DU_{2020M08} + \vartheta_1 \varepsilon_{t-1} + \vartheta_2 \varepsilon_{t-2} \dots \dots \dots (98)$$

$$CEMSA_t = 72.07 + 9.17DU_{2020M08} + 0.83\varepsilon_{t-1} + 0.36\varepsilon_{t-2} \dots \dots \dots (99)$$

$DU_{2020M08}$: Variable indicatrice du changement structurel observé le mois d'Aout 2020

Les hypothèses de la variable $DU_{2020M08}$: sont représentées comme suit :

$$DU_{2020M08}: \begin{cases} 0 \rightarrow \text{Avant Aout 2020} \\ 1 \rightarrow \text{Après Aout 2020} \end{cases}$$

Tableau 12: Les résidus d'estimation du modèle CEMSA du mois de Février, Mars 2024

2024M02	-1.69149653852003
2024M03	6.26607432394056

Source : établi par nous même sur l'logiciel Eviews

❖ prévisions de la série CEMSA pour l'horizon h (2mois)

➤ h= t+1 : Avril 2024

$$CEMSA_{t+1} = 72.07 + 9.17 (1) + 0.83(6.26) + 0.36(-1.69) \dots \dots \dots (100)$$

$$CEMSA_{t+1} = 85.82$$

➤ h= t+2 : Mai 2024

$$CEMSA_{t+2} = 72.07 + 9.17(1) + 0.83(0) + 0.36(6.26) \dots \dots \dots (101)$$

$$CEMSA_{t+2} = 83.49$$

❖ Prévisions pour la série brute (2 moins)

$$CEM_t = CEMSA_t + X^{cvs} \dots \dots \dots (102)$$

➤ h= t+1 : Avril 2024

$$CEM_{t+1} = 85.82 - 9.95 \dots \dots \dots (103)$$

$$CEM_{t+1} = 75.87$$

➤ h= t+2 : Mai 2024

$$CEM_{t+2} = 83.49 - 11.69 \dots \dots \dots (104)$$

$$CEM_{t+2} = 71.80$$

2.3 Application à la série du GAZ

La série du gaz est non saisonnière elle possède des coefficients saisonniers faibles indiqués dans le tableau suivant :

Tableau 13:Tableau 12 : Les Coefficients saisonniers de la série du GAZ

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
0.999	1.000	1.000	1.004	1.01	0.995	0.996	0.999	0.999	0.991	0.998	1.026

Source : établi par nous même sur l'logiciel Eviews

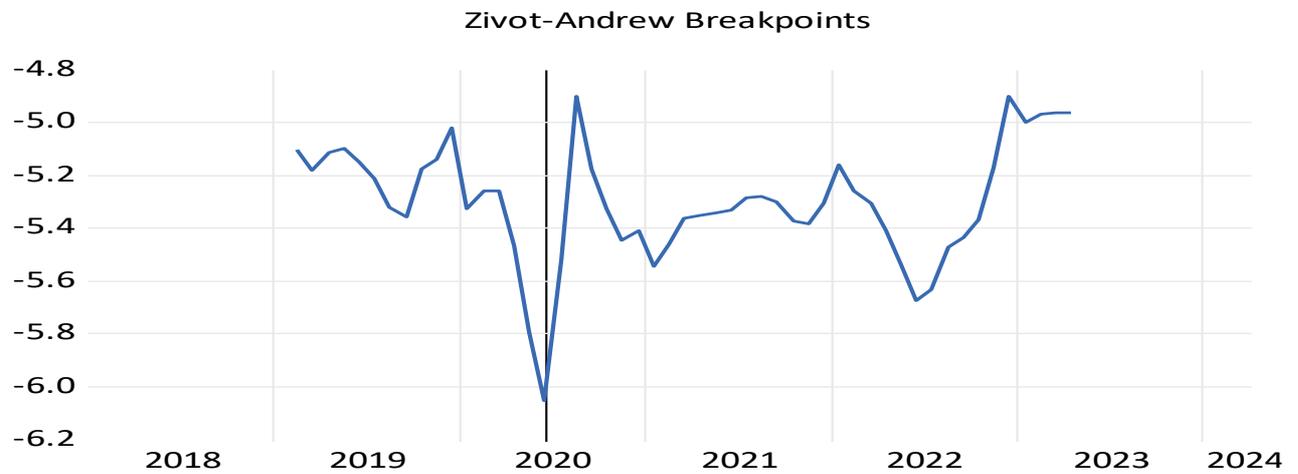
Test de racine unitaire avec rupture de Zivot-Andrew : la série est stationnaire en niveau avec un point de rupture en Juin 2020

Tableau 14: Le test de Zivot-Andrew la série du GAZ

Zivot-Andrews Unit Root Test		
Date : 05/18/24 Time : 16 :05		
Sample : 2018M01 2024M03		
Included observations : 75		
Null Hypothesis: CGAZ has a unit root with a structural break in both the intercept and trend		
Chosen lag length: 2 (maximum lags: 4)		
Chosen break point : 2020M06		
	t-Statistic	Prob. *
Zivot-Andrews test statistic	-6.054085	0.017350
1% criticalvalue :	-5.57	
5% criticalvalue :	-5.08	
10% criticalvalue :	-4.82	
* Probability values are calculated from a standard t-distribution		

Source : établi par nous même sur l'logiciel Eviews

Figure 13:La représentation graphique du test de Zivot-Andrew sur la série du GAZ



Source : établi par nous même sur l'logiciel Eviews

D'après le graphe 13 la date de rupture identifiée est en Juin 2020

Tableau 15: Correlogramme de la série du gaz

Date: 05/18/24 Time: 16:50
 Sample: 2018M01 2024M03
 Included observations: 75

Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob	
		1	0.570	0.570	25.366	0.000
		2	0.293	-0.047	32.170	0.000
		3	0.049	-0.147	32.365	0.000
		4	0.013	0.084	32.378	0.000
		5	0.031	0.047	32.456	0.000
		6	-0.029	-0.124	32.524	0.000
		7	-0.029	0.034	32.594	0.000
		8	0.108	0.234	33.600	0.000
		9	0.166	-0.002	36.020	0.000
		10	0.234	0.087	40.870	0.000
		11	0.125	-0.054	42.270	0.000
		12	0.004	-0.093	42.271	0.000
		13	0.047	0.162	42.480	0.000
		14	0.111	0.103	43.647	0.000
		15	0.199	0.081	47.455	0.000
		16	0.250	0.146	53.562	0.000
		17	0.226	0.046	58.662	0.000
		18	0.142	-0.150	60.711	0.000
		19	0.024	-0.074	60.772	0.000
		20	-0.083	-0.041	61.492	0.000

Source : établi par nous même sur l'logiciel Eviews

Détermination des ordres P et Q P=1 q=2 : le meilleur modèle c'est un MA (2) avec un point de rupture en juin 2020.

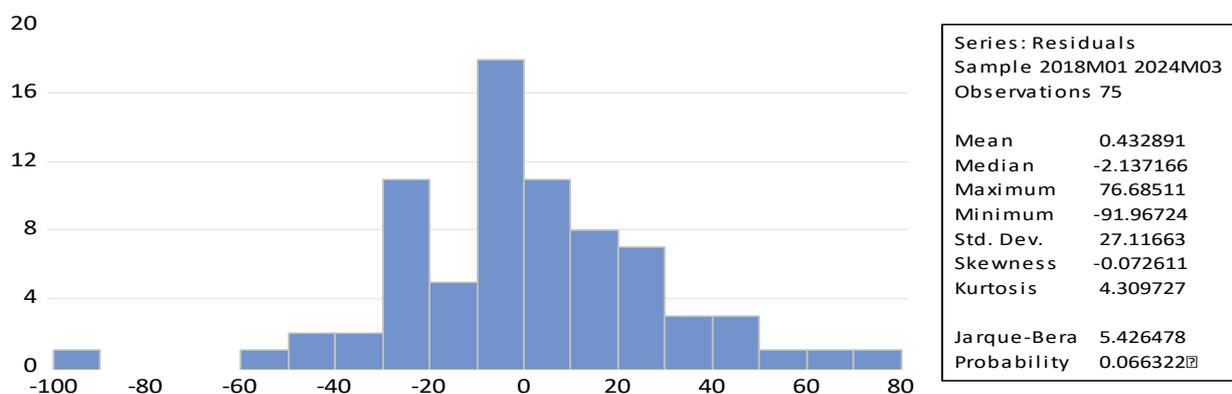
Tableau 16: Estimation du modèle optimal (sans la transformation Logarithmique)

Dependent Variable : CGAZ				
Method : ARMA Maximum Likelihood (OPG – BHHH)				
Sample : 2018M01 2024M03				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	114.5509	8.720219	13.13625	0.0000
DU2020M06	49.01317	11.96575	4.096120	0.0001
MA(1)	0.528854	0.095901	5.514560	0.0000
MA(2)	0.440898	0.094328	4.674120	0.0000
SIGMASQ	725.6947	110.6161	6.560483	0.0000
R-squared	0.497566	Meandependent var		145.1083
Adjusted R-squared	0.468856	S.D. dependent var		38.26066
S.E. of regression	27.88423	Akaike info criterion		9.566033
Sumsquaredresid	54427.10	Schwarz criterion		9.720532
Log likelihood	-353.7262	Hannan-Quinn criter.		9.627723
F-statistic	17.33047	Durbin-Watson stat		2.021031
Prob(F-statistic)	0.000000			

Source : établi par nous même sur l'logiciel Eviews

Test de normalité : les résidus sont distribués selon une loi normale

Figure 14: L'histogramme de la série du GAZ



Source : établi par nous même sur l'logiciel Eviews

Tableau 17: Correlogramme test de diagnostic des résidus

Date: 05/18/24 Time: 17:01
 Sample: 2018M01 2024M03
 Q-statistic probabilities adjusted for 2 ARMA terms

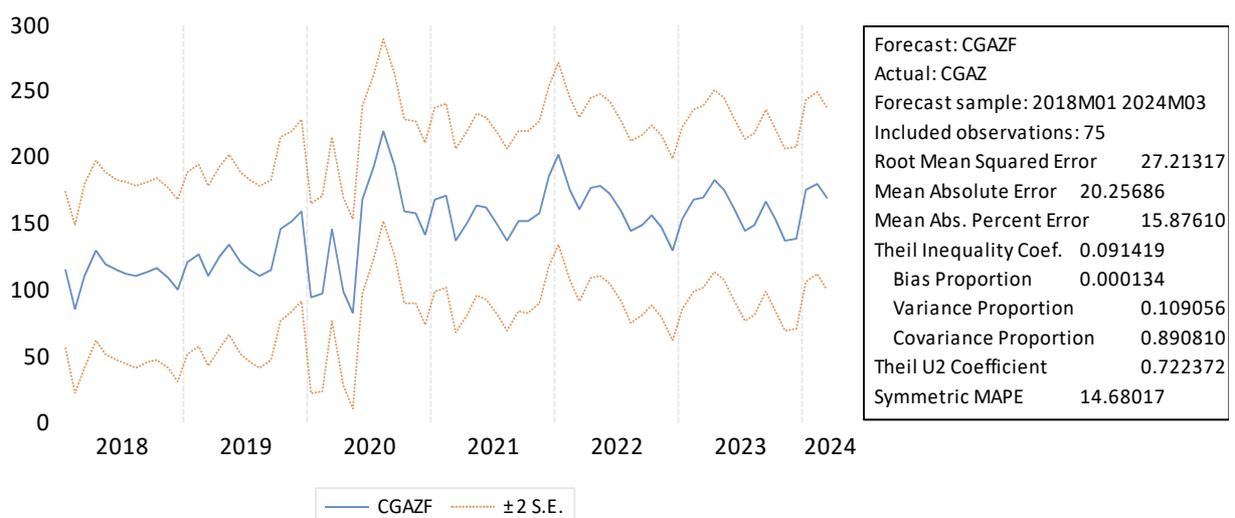
Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob*	
		1	-0.033	-0.033	0.0831	
		2	-0.066	-0.067	0.4230	
		3	-0.017	-0.022	0.4464	0.504
		4	-0.062	-0.069	0.7636	0.683
		5	0.047	0.040	0.9458	0.814
		6	-0.101	-0.109	1.8024	0.772
		7	-0.171	-0.179	4.2964	0.508
		8	0.089	0.060	4.9795	0.546
		9	-0.071	-0.095	5.4249	0.608
		10	0.166	0.155	7.8626	0.447
		11	0.058	0.047	8.1690	0.517
		12	-0.225	-0.210	12.790	0.236
		13	0.011	-0.036	12.802	0.306
		14	0.025	0.008	12.860	0.379
		15	0.015	0.011	12.882	0.457
		16	0.106	0.101	13.976	0.452
		17	0.049	0.160	14.219	0.509
		18	0.015	-0.032	14.243	0.581
		19	-0.022	-0.078	14.294	0.646
		20	-0.151	-0.154	16.699	0.544

Source : établi par nous même sur l'logiciel Eviews

Diagnostic des modèles (Test de Bruit Blanc) :Les résidus sont générés par un Bruit blanc

La prévision

Figure 15:Prévision de la série CGAZF



Source : établi par nous même sur l'logiciel Eviews

❖ Prévisions pour la série brute pour un horizon h=2 moins

$$CGAZ_t = C + DU_{2020M06} + \vartheta_1 \varepsilon_{t-1} + \vartheta_2 \varepsilon_{t-2} \dots \dots \dots (105)$$

$$CGAZ_t = 114.55 + 49.01DU_{2020M08} + 0.52\varepsilon_{t-1} + 0.44\varepsilon_{t-2} \dots \dots \dots (106)$$

Tableau 18 : Les résidus d'estimation du modèle CEMSA du mois de Février, Mars 2024

2024M02	13.26281185475692
2024M03	10.45764934615422

Source : établi par nous même sur l'logiciel Eviews

➤ h= t+1 : Avril

$$CGAZ_{t+1} = 114.55 + 49.01 (1) + 0.52(10.45) + 0.44(13.26) \dots \dots \dots (107)$$

$$CGAZ_{t+1} = 174.82$$

➤ h= t+2 : Mai

$$CGAZ_{t+1} = 114.55 + 49.01 (1) + 0.52(0) + 0.44(10.45) \dots \dots \dots (108)$$

$$CEMSA_{t+1} = 167.32$$

Les modèles retenus ont passé avec succès tous les tests statistiques de validation du modèle en tant que (hétéroscédasticité, auto corrélation ...) et ils peuvent être retenus à la fin de la prévision.

Conclusion Générale

Conclusion Générale

L'objectif principal de notre travail était de développer une méthodologie de prévision de la consommation énergétique des ménages dans la wilaya de Bejaïa, en tenant compte des changements structurels. En d'autres termes, notre objectif était de trouver le modèle optimal qui représente de manière précise la série étudiée, afin de fournir des prévisions de qualité. En utilisant divers tests de racines unitaires sur la série des variations de la consommation d'électricité et de gaz, nous avons observé qu'elle présentait une stationnarité autour d'une tendance déterministe avec une rupture de tendance. Le test de Zivot permet de détecter de manière endogène les ruptures de tendance à des dates spécifiques. Ce test a révélé deux dates de ruptures significatives d'un point de vue statistique : la première s'est produite dans la série CEMSA au mois d'août 2020, et la seconde en juin 2020 pour le Gaz.

L'intégration de ces deux ruptures de tendance dans la modélisation de la série nous a permis d'obtenir des résultats statistiquement satisfaisants. Nous avons ainsi retenu un modèle qui s'ajuste parfaitement à la série étudiée, et qui sera utilisé à des fins de prévision. À la conclusion de cette recherche, nous mettrons en lumière quelques recommandations visant à améliorer la qualité des prévisions au sein de l'entreprise Sonelgaz.

- **Standardisation des méthodes de collecte** : Mettre en place des normes et des procédures normalisées pour la collecte des données afin d'assurer la cohérence et la fiabilité des données recueillies à travers différentes sources et sur différentes périodes.
- **Utilisation de technologies avancées** : Explorer les possibilités d'intégrer des technologies avancées telles que l'automatisation des processus de collecte de données, l'utilisation de capteurs intelligents et l'analyse de données en temps réel pour améliorer l'efficacité et la qualité de la collecte de données.
- **Investissement dans des systèmes d'information performants** : Examiner et investir dans des systèmes d'information performants et évolutifs qui peuvent gérer efficacement la collecte, le stockage, l'analyse et la gestion des données sur le long terme.
- **Collaboration avec d'autres organismes** : Établir des partenariats avec d'autres organismes, tels que des instituts de recherche ou des universités, pour bénéficier de leur expertise en matière de collecte et d'analyse de données et pour échanger des bonnes pratiques dans ce domaine.
- **La mise en place d'un service dédié à la prévision, combinée à la formation du personnel** : Il est vivement recommandé d'établir un service spécialisé dans la prévision de la consommation d'électricité et de gaz, au sein de Sonelgaz. Ce service serait chargé d'appliquer les méthodes de prévision les plus sophistiquées, telles que

les modèles ARIMA, les réseaux neuronaux artificiels, ou les algorithmes d'apprentissage automatique, pour fournir des prévisions précises et fiables. Parallèlement, il est essentiel de former le personnel de ce service aux techniques de prévision avancées. Cette formation devrait couvrir non seulement la théorie sous-jacente à ces méthodes, mais aussi la mise en œuvre pratique à travers l'utilisation d'outils logiciels spécialisés. Des sessions de formation régulières et des ateliers pratiques pourraient être organisés pour assurer que le personnel acquiert les compétences nécessaires pour utiliser efficacement ces techniques dans leur travail quotidien. En investissant dans la création d'un tel service et dans la formation de son personnel, Sonelgaz serait en mesure d'améliorer considérablement la qualité de ses prévisions, ce qui lui permettrait de mieux anticiper les besoins énergétiques et d'optimiser ses opérations et ses décisions stratégiques dans le secteur de l'énergie.

Les limites de recherche :

Chaque travail de recherche comporte des limites, et le nôtre ne fait pas exception. Modestement, nous souhaitons mettre en lumière quelques-unes des limites identifiées dans notre travail :

- **Disponibilité des données :** Malgré nos efforts pour recueillir des données pertinentes et fiables, la disponibilité des données historiques sur la consommation d'électricité et de gaz à la Wilaya de Bejaia était limitée. Cela a pu restreindre la portée de notre analyse et influencer la précision de nos prévisions.
- **Durée des données :** Les données disponibles pour notre étude ne couvraient pas une période aussi étendue que nous l'aurions souhaité. Une série temporelle plus longue aurait pu permettre une analyse plus approfondie des tendances et des variations saisonnières, améliorant ainsi la robustesse de nos modèles de prévision.
- **Complexité des modèles :** Bien que nous ayons utilisé des modèles sophistiqués pour nos prévisions, la complexité des relations entre les variables peut rendre difficile leur représentation complète. Des modèles plus complexes auraient peut-être mieux capturé la dynamique sous-jacente des données, mais auraient également nécessité davantage de ressources et d'expertise.
- **Facteurs externes non pris en compte :** Malgré nos efforts pour tenir compte des principaux facteurs externes dans nos modèles, certains éléments, tels que les changements politiques ou les événements imprévus, n'ont pas été pleinement intégrés. Cela peut avoir introduit une certaine dose d'incertitude dans nos prévisions.
- **Limites méthodologiques :** Nous reconnaissons également que notre méthodologie de recherche présente certaines limites. Des approches alternatives ou des méthodes complémentaires auraient pu être explorées pour approfondir notre analyse et renforcer la robustesse de nos résultats.

En reconnaissant ces limites, nous espérons démontrer une approche réfléchie et critique de notre travail, tout en soulignant les possibilités d'amélioration pour de futures recherches dans ce domaine.

- **Les perspectives de recherches :** Pour améliorer la qualité des prévisions de consommation d'électricité et de gaz au sein de l'entreprise Sonelgaz, plusieurs pistes de recherche sont envisageables. Tout d'abord, il serait opportun d'explorer l'intégration de données supplémentaires, telles que des données météorologiques, économiques ou démographiques, afin d'enrichir les modèles de prévision et d'améliorer leur précision.

Une autre piste prometteuse consisterait à étudier l'utilisation de méthodes d'apprentissage automatique, telles que les réseaux de neurones ou les arbres de décision. Ces techniques pourraient permettre de modéliser des relations complexes entre les variables et d'améliorer la capacité de prévision, notamment en tenant compte de la variabilité des facteurs externes.

Parallèlement, il serait intéressant d'effectuer des analyses de sensibilité pour évaluer l'impact des différentes variables sur les prévisions. Cela permettrait d'identifier les facteurs les plus influents et de déterminer les domaines où des améliorations peuvent être apportées pour renforcer la qualité des prévisions.

Enfin, il serait judicieux de mettre en place des procédures robustes pour évaluer et comparer les performances des différents modèles de prévision. Cette évaluation permettrait d'identifier les modèles les plus adaptés aux besoins spécifiques de Sonelgaz et d'orienter les efforts vers les approches les plus prometteuses.

En explorant ces différentes pistes de recherche, Sonelgaz pourrait progresser significativement dans l'optimisation de ses prévisions de consommation d'électricité et de gaz, contribuant ainsi à une gestion plus efficace et éclairée des ressources énergétiques.

Bibliographie

Les ouvrages

1. A. Smith, Recherche sur la nature et les causes de la richesse des nations, 1776, Chapitre VI, Des parties constituantes du prix des marchandises.
2. Abdelhamid Merad Boudia, L'économie algérienne de l'indépendance au Hirak, édition 2023.
3. Bernad Laponche, Maitriser la consommation d'énergie, Collège de la site, 2004.
4. Bourbonnais Régis, <Econométrie>, 6ème édition, DUNOD, Paris, 2005.
5. Bourbonnais Régis, Michel Trarza, <Analyse de séries temporelles>, 2ème édition, DUNOD, Paris, 2008.
6. Claudio.A, Jean-François B, Jean-Louis.C, (Econométrie), Bréal, Paris, 2004.
7. Dreesbeke.Jean-Jacques, Fichet Bernard, Tassi, Philippe, << Séries chronologiques >>, Paris, Economica, 1989.
8. Lekana. H. C., Kane, C. S., et Ndinga, M. M. A., (2018). (c Effet de seuil de la consommation d'énergie sur la croissance économique des pays de la Communauté Economique et Monétaire d'Afrique Centrale (CEMAC). >> éd Harmattan. Paris.
9. Regis Bourbonnais, Virginie Terraza, Analyse des séries temporelles, 5ème édition, 2022.

Mémoires et thèses

1. A Khirdine, Alitouche Meriem, a Analyse prévisionnelle d'une série temporelle par les tests de racine unitaire avec rupture: Application à la série des variations des prix de pétrole et la série des variations de l'indice des prix à la consommation en Algérie (1990-2011), mémoire de master de fin de cycle, université de Bejaïa, 2010-2011.
2. Achour Tani Yamna, Thèse de doctorat en sciences, aL'Analyse de la croissance économique en Algérie, université de Tlemcen, 2013-2014.
3. Adour Nabila Belkacemi, Missipsa Boukrif Nouara, Etude prévisionnelle comparative de la consommation du gaz naturel, cas de gaz de ville de la wilaya de Bejaïa, université de Bejaïa, 2012.
4. Aspergis, Nicholas et Payne, James. E(2009) a Consommation d'énergie et croissance économique en Amérique centrale : preuves d'un modèle de cointégration et d'ajustement des erreurs. Economie de l'énergie 31, 2011-2016.
5. Bariche Baya, Benchalal Lamia.Zeggagh Ali Madelisation, prévision de la consommation

d'électricité cas de Bejaia (2008-2012) (these de doctoral, Université de Bejaia 2013)

6. Fatiha Talhite Reformes de transformations économiques en Algérie memoire fin de cycle de master, Université Paris-Nord 2013

7. Gouraya Barouche Thenhinane Baziz, H.Tabi « La methodologie Box et Jenkins pour les prévisions » these de doctorat, Université de Bejaia 2015

8. Guermouche Samra Haddad Hajer, Mousl Abdenadir : Consommation d'énergie et croissance économique en Algérie cas de l'énergie électrique mémoire fin d'études. Université de Bejaia 2022

9. Kara Rabah Essai sur l'évolution de l'économie Algérienne 1962-2015, Approche Historique Université de Tizi Ouzou mémoire fin d'études 2018

10. Lahoual Benali. Taouch Kandouci a La relation entre la consommation d'énergie et la croissance économique en Algérie -Etude économétrique Journal of Business Administration and Economic Studies, 2020. PP:289-304

11. Larabi Karima BraiLouniks Etude empirique de la relation entre la consommation d'énergie et la croissance économique en Algérie (1970-2018) Approche Pesaran et al (2001) et l'approche de Toda Yamamoto (1995). Mémoire de master de fin de cycle l'université de Bejaia 2018/2019

12. M. Amirat I, S.M.K. El hassar Economies d'Énergie dans le Secteur de l'Habitat Consommation Électrique des Ménages - Cas d'un foyer algérien typique en période d'hiver mémoire de master de fin de cycle, université de Bejaia, 2010-2011

13. Mr A Moussa Mr Karim Haki Essai de construction d'une méthodologie de prévision des variations de l'indice mensuel des prix à la consommation en Algérie sur la période 1999-2012, mémoire de master de fin de cycle, université de Bejaia 2013-2012

14. R.M.Kapila.T.R.D M. K. N. Seneviratna et Wei Long (2018) a The dynamic relationship between energy consumption and economic growth in China >Energy

15. Yeghni Samia, Louadi Mounir a La prévision à court terme selon la méthode de Box Jenkins cas de la tannerie de Jijel > mémoire de fin de cycle master Université Mouhamed Seddik Ben Yahia Jijel 2022 p 580-600.

Sites Internet

1. Office National des Statistiques (ONS). (n.d.). *Accueil*. Retrieved 03/05/2024, from <http://www.ons.dz>

2. Transaction Algérie. (n.d.). *Accueil*. Retrieved July 06/05/2024 from <http://www.transactiondalgerie.com>

3. Banque d'Algérie. (n.d.). *Accueil*. Retrieved 06/06/2024, from <http://www.bank-of-algerie.dz>
4. Wikipedia. (n.d.). Politique monétaire. *Wikipedia, l'encyclopédie libre*. Retrieved Juin 2, 2024, from <http://fr.wikipedia.org/wiki/Politique-monétaire>
5. Nationalisation de l'électricité et du gaz en Algérie (2022). *Journaldeséconomies.ccas.fr*. Récupéré de <<https://journaldeséconomies.ccas.fr/electricite-et-gaz-dalgerie-histoire-d'une-nationalisation-manquee1>>(05/06/2024)
6. Goude, Y. (2022). L'impact de la nationalisation de l'électricité et du gaz en Algérie. *Archives.univ-beskre1.dz*. Récupéré de <<https://archives.univ-beskre1.dz/bistream/123.pdf>>(12/04/2024)
7. Arkab, M. (2021). La production commerciale de l'Algérie atteint un niveau record. *Radioalgerie.dz*. Récupéré de <<https://news.radioalgerie.dz/fr/node/42037>>(13/04/2024)
8. Goude, Y. (2022). Techniques de lissage des séries temporelles. *Imo.universite-paris-saclay.fr*. Récupéré de <<https://www.imo.universite-paris-saclay.fr/yannig.goude/Materials/time-series/cours3-lissage-expo.pdf>>(16/06/2024)
9. Goude, Y. (2002). L'électricité en Algérie : entre l'indépendance et la modernité. *Outre-Mers*, 893343951, 1631-0438.
10. Goude, Y. (2021). L'indépendance de l'Algérie : c'est le pouvoir et l'économie. *Le Quotidien d'Algérie*, 08 janvier 2021.
11. Goude, Y. (date inconnue). Cinquante ans après son indépendance : l'énergie en Algérie. *APS Economie*, 118029
12. Wikipedia. (n.d.). Politique monétaire. Retrieved Juin 2, 2024, from <http://fr.wikipedia.org/wiki/politique-monétaire>
13. Banque d'Algérie. (n.d.). Title of the webpage. Retrieved Juin 2, 2024, from <http://www.bank-of-algere.dz>
14. Classement.fr. (n.d.). Électricité et gaz d'Algérie : histoire d'une nationalisation manquée. Retrieved 5 mai , 2024, from <https://journal.classement.fr/électricité-et-gaz-dalgerie-histoire-histoire-d'une-nationalisation-manquee>
15. CCAS. (n.d.). Électricité et gaz d'Algérie : Histoire d'une nationalisation manquée. *Journal CCAS*. Retrieved 15/04/2024, from <https://journal.ccas.fr/electricite-et-gaz-dalgerie-histoire-dune-nationalisation-manquee/#:~:text=L%20%80%99id%C3%A9%20d%E2%80%99une%20nationalisation%20de%20l%E2%80%99%C3%A9nergie%20dans%20la%20colonie,thermiques%2C%20br%C3%BBlant%20du%20charbon%20ou%20du%20fuel%20import%C3%A9>

16. Le Quotidien d'Algérie. (2021, January 8). Algérie : L'indépendance, c'est le pouvoir et l'électricité. *Le Quotidien d'Algérie*. Retrieved 22/05/ 2024, from <https://lequotidienalgerie.org/2021/01/08/algerie-lindependance-cest-le-pouvoir-et-lelectricite/>

17. Energies Media. (2021, September 15). Production d'hydrocarbures en Algérie évaluée à 185,2 millions de tonnes équivalent pétrole en 2021. *Energies Media*. Retrieved July 2, 2024, from <https://energies-media.com/production-hydrocarbures-algerie-evaluee-a-185-2-mio-de-tep-en-2021/>

Dictionnaire

Alain Beitone, et Al, « Dictionnaire des sciences économiques », 2^{ème} édition, Armand Colin, Paris, 2007.

Annexes

Annexe N01

Tableau N°01: Estimation dumodèle ARMA (1.2) pour la série CEMSA

Dependent Variable: CEMSA

Method: ARMA Maximum Likelihood (OPG - BHHH)

Sample: 2018M01 2024M03

Included observations: 75

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
AR(1)	0.971307	0.000522	1913.837	0.0000
MA(1)	-0.211523	0.104054	-2.231704	0.0288
MA(2)	-0.512777	0.114543	-4.638885	0.0000
SIGMASQ	76.813333	5.463324	8.638491	0.0000
R-squared	0.508800	Mean dependent var		77.86258
Adjusted R-squared	0.488045	S.D. dependent var		9.868091
S.E. of regression	7.060718	Akaike info criterion		6.875906
Sum squared resid	3539.615	Schwarz criterion		6.999505
Log likelihood	-253.8465	Hannan-Quinn criter.		6.925257
Durbin-Watson stat	1.632059			

Annexe N02

Tableau N02 : Estimation dumodèle AR(1) pour la série CEMSA

Dependent Variable: CEMSA

Sample: 2018M01 2024M03

Included observations: 75

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
AR(1)	0.757031	0.009826	101.2221	0.0000
SIGMASQ	76.77513	4.214571	12.71006	0.0000
R-squared	0.442475	Mean dependent var		77.86258
Adjusted R-squared	0.434838	S.D. dependent var		9.868091
S.E. of regression	7.418561	Akaike info criterion		6.932536
Sum squared resid	4017.558	Schwarz criterion		6.994336
Log likelihood	-257.9701	Hannan-Quinn criter.		6.957212
Durbin-Watson stat	1.746937			

Annexe N03

Tableau N°03 : Estimation du modèle MA(2)

Dependent Variable: CEMSA

Sample: 2018M01 2024M03

Included observations: 75

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
MA(1)	0.878860	0.077544	20.16444	0.0000
MA(2)	0.442526	0.080723	11.73780	0.0000
SIGMASQ	77.41404	206.0356	2.821009	0.0062
R-squared	-5.049370	Mean dependent var		77.86258
Adjusted R-squared	-5.217408	S.D. dependent var		9.868091
S.E. of regression	24.60582	Akaike info criterion		9.357206
Sum squared resid	43592.13	Schwarz criterion		9.449906
Log likelihood	-347.8952	Hannan-Quinn criter.		9.394220

Annexe N04

Tableau N°04: Correlogramme de la série CGAZ

Date: 04/30/24 Time: 16:05
 Sample: 2018M01 2024M03
 Included observations: 75

Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob	
		1	0.717	0.717	40.110	0.000
		2	0.363	-0.310	50.561	0.000
		3	0.003	-0.264	50.562	0.000
		4	-0.376	-0.409	62.046	0.000
		5	-0.576	-0.096	89.442	0.000
		6	-0.604	-0.098	119.96	0.000
		7	-0.571	-0.297	147.68	0.000
		8	-0.355	0.002	158.54	0.000
		9	0.035	0.314	158.64	0.000
		10	0.335	0.038	168.61	0.000
		11	0.582	0.149	199.15	0.000
		12	0.728	0.276	247.75	0.000
		13	0.532	-0.222	274.09	0.000
		14	0.279	0.104	281.48	0.000
		15	0.022	0.109	281.53	0.000
		16	-0.281	0.041	289.24	0.000
		17	-0.444	0.102	308.91	0.000
		18	-0.466	0.037	330.91	0.000
		19	-0.449	-0.024	351.70	0.000
		20	-0.302	-0.097	361.27	0.000

Annexe N05

Tableau N°04: Estimation du modèle ARMA (2.2) pour la série CGAZ

Dependent Variable: CGAZ

Method: ARMA Maximum Likelihood (OPG - BHHH)

Date: 04/30/24 Time: 16:12

Sample: 2018M01 2024M03

Included observations: 75

Convergence achieved after 30 iterations

Coefficient covariance computed using outer product of gradients

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
AR(1)	1.472892	0.003116	472.6267	0.0000
AR(2)	-0.473196	0.001214	-389.9060	0.0000
MA(1)	-0.834476	0.082734	-10.08628	0.0000
MA(2)	-0.084685	0.098675	-0.858227	0.3937
SIGMASQ	951.4062	120.1316	7.919698	0.0000
R-squared	0.344637	Mean dependent var		145.18
Adjusted R-squared	0.307188	S.D. dependent var		90
S.E. of regression	31.92748	Akaike info criterion		38.358
Sum squared resid	71355.46	Schwarz criterion		08
Log likelihood	-365.5977	Hannan-Quinn criter.		9.8826
Durbin-Watson stat	1.917016			05
Inverted AR Roots	1.00	.47		10.037
Inverted MA Roots	.93	-.09		10

Annexe N06

Tableau N05 : Estimation dumodèle AR(2)

Dependent Variable: CGAZ

Method: ARMA Maximum Likelihood (OPG - BHHH)

Date: 04/30/24 Time: 16:12

Sample: 2018M01 2024M03

Included observations: 75

Convergence achieved after 30 iterations

Coefficient covariance computed using outer product of gradients

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
AR(1)	1.472892	0.003116	472.6267	0.0000
AR(2)	-0.473196	0.001214	-389.9060	0.0000
MA(1)	-0.834476	0.082734	-10.08628	0.0000
MA(2)	-0.084685	0.098675	-0.858227	0.3937
SIGMASQ	951.4062	120.1316	7.919698	0.0000
R-squared	0.344637	Mean dependent var		145.1890
Adjusted R-squared	0.307188	S.D. dependent var		38.35808
S.E. of regression	31.92748	Akaike info criterion		9.882605
Sum squared resid	71355.46	Schwarz criterion		10.03710
Log likelihood	-365.5977	Hannan-Quinn criter.		9.944294
Durbin-Watson stat	1.917016			
Inverted AR Roots	1.00	.47		
Inverted MA Roots	.93	-.09		

Annexe N07

Tableau N06 : Estimation du modèle MA(2) pour la série CGAZ

Dependent Variable: CGAZ

Method: ARMA Maximum Likelihood (OPG - BHHH)

Date: 04/30/24 Time: 16:17

Sample: 2018M01 2024M03

Included observations: 75

Convergence achieved after 47 iterations

Coefficient covariance computed using outer product of gradients

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
MA(1)	0.940057	0.127601	7.367175	0.0000
MA(2)	0.959401	0.130244	7.366169	0.0000
SIGMASQ	3619.714	869.5026	4.162971	0.0001
R-squared	-1.493390	Mean dependent var		145.1890
Adjusted R-squared	-1.562651	S.D. dependent var		38.35808
S.E. of regression	61.40469	Akaike info criterion		11.18190
Sum squared resid	271478.6	Schwarz criterion		11.27460
Log likelihood	-416.3212	Hannan-Quinn criter.		11.21891
Durbin-Watson stat	0.698182			
Inverted MA Roots	-.47+.86i	-.47-.86i		

Table des matières

Table des matières

<i>Remerciement</i>	
<i>Dédicaces</i>	<i>I</i>
<i>Liste des abréviations</i>	<i>II</i>
<i>Liste des figures</i>	<i>III</i>
<i>Liste des tableaux</i>	<i>IV</i>
<i>Introduction Générale</i>	<i>7</i>
<i>Introduction Générale</i>	<i>1</i>
<i>Chapitre I</i>	<i>4</i>
<i>Revue de la littérature (théorique et empirique)</i>	<i>4</i>
<i>Introduction</i>	<i>4</i>
<i>1. Approche théorique</i>	<i>4</i>
<i>2. Approche Empirique</i>	<i>7</i>
<i>2.1 Analyse des données Macro-économiques</i>	<i>9</i>
<i>2.2 Analyse Économétrique</i>	<i>9</i>
<i>2.3 Analyse des données sectorielle</i>	<i>10</i>
<i>2.4 Analyse comparative entre les pays</i>	<i>10</i>
<i>3. Les études empiriques</i>	<i>11</i>
<i>3.1 Résultats de certaines études</i>	<i>11</i>
<i>Conclusion</i>	<i>13</i>
<i>Chapitre II</i>	<i>14</i>
<i>Les caractéristiques de l'économie algérienne</i>	<i>14</i>
<i>Introduction</i>	<i>15</i>
<i>1. Les caractéristiques de l'économie algérienne</i>	<i>15</i>
<i>1.1 Approche coloniale</i>	<i>15</i>
<i>1.2 L'évolution du secteur PIB en Algérie</i>	<i>20</i>
<i>2. Le secteur énergétique en Algérie</i>	<i>23</i>
<i>-La lumière solaire</i>	<i>24</i>

-Les énergies fossiles	25
-L'énergie nucléaire	25
-L'énergie primaire	25
-L'énergie secondaire.....	25
-L'énergie électrique	25
-L'énergie mécanique.....	26
-L'énergie thermique.....	26
-L'énergie chimique.....	26
2.1 La situation de l'énergie en Algérie.....	26
3. L'augmentation de nombres d'habitants et la croissance démographique	
30	
Conclusion	31
Chapitre III	32
La synthèse du modèle des séries temporelles	32
Introduction.....	33
1. Concept de base des séries temporelles.....	33
1.1 Décomposition d'une série temporelle	33
1.2 Analyse de la composante	34
1.3 Les modèles linéaires ARIMA	35
1.4 Méthodologie de Box Jenkins.....	38
1.5 Les modèles des séries temporelles non stationnaires	40
1.6. La méthode de lissage exponentielle.....	42
2. Analyse d'un modèle sans changement structurel.....	44
2.1 Test de racine unitaire sans rupture	44
2.2 Test de DICKY-FULLER (test de non stationnarité)	44
2.3 Test de DICKY-FULLER augmenté (ADF).....	45
2.4 Le Test de Philips-Perron.....	45
2.5 Le Test de KPSS.....	46
3. Analyse d'un modèle avec changement structurel	46
3.1 Test de Perron.....	48

3.2 Test de Zivot et Andrews	50
Chapitre IV	52
Prévision de la consommation d'électricité et du gaz.....	52
1. La SONELGAZ de la wilaya de Bejaia.....	53
1.1 Historique de création.....	53
1.2 Présentation de SONELGAZ	54
1.3 Présentation de la Direction de Distribution de Bejaia	54
3. 4 Divisions de la direction deBejaia.....	55
Conclusion	56
2. Modélisation d'un modèle sans changement structurel	56
1.1 Analyse graphique de la série brute avec la variation de la consommation de l'électricité à Bejaia :	56
1.3 Étude du corrélogramme de la consommation de l'électricité par les ménages (CEM)	58
1.4 Le choix du meilleur modèle avec la méthode de box Jenkins.....	58
Identification.....	58
3. Modélisation du modèle avec changement structurel	63
2.1. Modélisation avec rupture de la tendance	63
2.2 Application a la série d'électricité (CEM).....	63
Conclusion Générale.....	74
Bibliographie.....	78
Annexes	83
Table des matières	91